

бальные и региональные аспекты : материалы Международной научной конференции. – Грозный : Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М. Д. Миллионщикова, 2023. – С. 116–123. – DOI: 10.26200/GSTOU.2023.97.90.014.

13. Pinak Ray. Skyscrapers: Origin, History, Evolution and Future / Ray Pinak // J. Today's Ideas – Tomorrow's Technol. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 9–20. – DOI: 10.15415/jotitt.2018.61001.

14. Эконебоскребы. История развития // АВОК. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4801&ysclid=lq1hxmombu555773681 (дата обращения: 10.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

15. Небоскреб на биомассе // Archi.ru. – 16 ноября 2021. – Режим доступа: <https://archi.ru/world/94699/neboskreb-na-biomasse> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

16. Urban Sequoia // SOM. – Режим доступа: <https://www.som.com/research/urban-sequoia/> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

17. Небоскреб-секвойя: как выглядит проект поглощающего CO₂ здания // РБК Тренды. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6194dd9b9a794742cdf36712> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

18. Необычный жилой небоскреб поглощает углекислый газ и производит энергию // Взавтра. – 12.04.2012. – Режим доступа: <https://www.vzavtra.net/eko-zdaniya/neobychnyj-zhiloj-neboskreb-pogloshhaet-uglekislyj-gaz-i-proizvodit-energiyu.html> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

19. Marija Bojovic Investigation on the Future of Housing – Chlorophyll Tower For Manhattan Skyline // eVolo. – 03.06.2013. – Режим доступа: <https://www.evolo.us/investigation-on-the-future-of-housing-chlorophyll-tower-for-manhattan-skyline/> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

20. «Chlorophyll Tower» // Небоскребы мира. – Режим доступа: <http://www.mirneboskrebov.ru/neobychnye-neboskreby/chlorophyll-tower/> (дата обращения: 03.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

21. Лихобабин В. К. Техничко-экономическая оценка и выбор эффективных проектных решений в жилищном строительстве для города Астрахани / В. К. Лихобабин, Д. Н. Сухарева, А. В. Рукавишника // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 4 (46). – С. 41–47.

© А. А. Першонков, М. В. Барабаш

Ссылка для цитирования:

Першонков А. А., Барабаш М. В. Технологии сокращения выбросов углекислого газа в архитектуре эконобоскребов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. № 2 (52). С. 44–49.

УДК 666.972.12

DOI 10.52684/2312-3702-2025-52-2-49-56

**ПРОЧНОСТЬ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ИЗ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СОТ
НА ОБЪЕКТАХ ГОРОДСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, А. В. Федорченко

Федоров Виктор Сергеевич, академик Российской академии архитектуры и строительных наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-0906-716X; e-mail: fvs_skzs@mail.ru;

Купчикова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, научно-исследовательский институт городского транспорта города Москвы «МосТрансПроект»; доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-2986-4190; e-mail: kupchikova79@mail.ru;

Федорченко Алексей Владимирович, аспирант, Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация; ORCID ID: 0009-0001-9561-1191; тел.: + 7 (909) 980-41-06; e-mail: 89099804106@yandex.ru

В статье представлена разработанная методика по испытанию с подбором оборудования и расходных материалов архитектурно-строительных отделочных элементов из металлокерамических изделий и алюминиевых панелей из сот, применяемых в настоящее время для внутренней и внешней отделки на объектах городского железнодорожного транспорта, на объектах высокоскоростных железнодорожных магистралей и иных объектах транспортной инфраструктуры. Представлены некоторые результаты испытания на прочность при изгибе и растяжении и их внедрение.

Ключевые слова. прочность, архитектурно-строительные элементы, отделка, металлокерамика, алюминий, сотовый алюминий, транспорт.



DURABILITY OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION FINISHING ELEMENTS MADE OF METAL CERAMICS AND ALUMINUM HONEYCOMBS AT URBAN RAILWAY FACILITIES

V. S. Fedorov, N. V. Kupchikova, A. V. Fedorchenko

Fedorov Viktor Sergeevich, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Building Structures, Buildings and Facilities Department, Russian University of Transport (RUT MIIT), Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-0906-716X; e-mail: fvs_skzs@mail.ru;

Kupchikova Natalya Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, Research Institute of Urban Transport of Moscow "MosTransProekt"; Associate Professor of the Building Structures, Buildings and Facilities Department, Russian University of Transport (RUT MIIT), Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2986-4190; e-mail: kupchikova79@mail.ru;

Fedorchenko Aleksey Vladimirovich, postgraduate student, Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; ORCID ID: 0009-0001-9561-1191; tel.: + 7 (909) 980-41-06; e-mail: 89099804106@yandex.ru

The article presents a developed methodology for testing, with the selection of equipment and consumables, architectural and construction finishing elements made of metal-ceramic products and aluminum panels made of honeycombs, currently used for interior and exterior decoration at urban railway facilities, high-speed railway facilities and other transport infrastructure facilities. Some results of flexural and tensile strength testing and implementation in the transport construction industry are presented.

Keywords. durability, architectural and construction elements, finishing, metal ceramics, aluminum, cellular aluminum, transport.

Введение

Поставленные задачи «Концепции развития Центрального транспортного узла на период до 2040 г.» и «Концепции развития скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения Российской Федерации» направлены на масштабную реализацию строительства зданий и сооружений – объектов транспортной инфраструктуры с развитием идеологии «рационального потребления» ресурсов, в том числе с применением энергоэффективных, прочных, надежных и долговечных архитектурно-строительных и конструктивных материалов, элементов и изделий [10–12].

Целью научно-исследовательской работы является разработка технической системы (методики) испытаний опытных образцов архитектурно-строительных элементов металлокерамических панелей со стеклоэмалевым покрытием («Квантум Керамик®») и алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот («Квантум Парус®» производства ПОСП «Национальные инвестиции»), обладающих характерными для нововведений принципиальными особенностями, их испытаний в течение времени, необходимых для получения данных накопления опыта и отражения в технической документации – экспертного заключения о возможности использования на объектах городского железнодорожного транспорта, высокоскоростных железнодорожных магистралей и иных объектах транспортной инфраструктуры. В статье представлены лишь результаты испытания на прочность при изгибе и растяжении данных изделий.

Актуальность темы заключается в разработке архитектурно-строительных элементов, которые позволили бы:

- при грамотном подборе и монтаже утеплительного слоя в здании значительно улучшить теплоизоляционные характеристики;

- снизить толщину основных несущих стен, а при проектировании системы вентилируемого фасада каркас устанавливать таким образом, чтобы между стенами здания и облицовочным слоем оставалось пустое пространство. Благодаря этому воздушному зазору обеспечивается вентиляция воздуха и испарение скапливающейся влаги на поверхностях фасадов;

- за счет композитного материала, воздушной прослойки и звукоизоляции вентилируемого фасада повысить изначальные звукоизолирующие показатели в полтора-два раза, а монтаж фасадной системы выполнить так, чтобы защищать здание от неблагоприятных влияний окружающей среды (дождя, солнца, ветров, механических воздействий);

- благодаря износостойкости материалов вентилируемых фасадов не терять своих свойств в течение долгого времени. Высокие эстетические качества материала. Разнообразие облицовочных материалов, их текстур и цветовых гамм позволяет совершенствовать архитектурный облик зданий и сооружений.

Научная новизна: выявлены новые физико-механические, теплофизические и конструктивно-технологические характеристики и оценка пожарной безопасности архитектурно-строительных элементов (металлокерамические панели) со стеклоэмалевым покрытием «Квантум керамик®» и алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот «Квантум Парус®» для возможности использования в качестве облицовочных материалов.

Практическая значимость: данные характеристики позволят оценить возможность применения архитектурно-строительных элементов на объектах городского железнодорожного транспорта, высокоскоростных железнодорожных магистралей и иных объектах транспортной инфраструктуры.

В рамках цели научно-исследовательской работы ставятся и решаются следующие задачи:

- анализ нормативно-правовой базы по испытанию керамических, металлических, композитных, металлокерамических и других изделий;
- рассмотрение нормативно-правовой базы по испытанию алюминиевых и композитных и других изделий;
- разработка методики испытаний опытных образцов архитектурно-строительных элементов металлокерамических панелей со стеклоэмалевым покрытием и алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот;
- подготовка экспертного заключения о возможности использования исследуемых изделий в качестве облицовки наружных стен (фасадов) и потолков, в составе навесных вентилируемых фасадах, а также для внутренней декоративной отделки стен, потолков на перспективных линиях и станциях, вокзальных комплексах, остановочных пунктах, депо и иных объектах транспортной инфраструктуры АО «РЖД», объектах городского железнодорожного транспорта, в том

числе на объектах высокоскоростных железнодорожных магистралей.

Метод

На кафедре «Строительные конструкции, здания и сооружения» Российского университета транспорта были представлены для испытания опытные образцы металлокерамических облицовочных плит со стеклоэмалевым покрытием, состоящие из микролегированной высококачественной стали DC04ЕК, DIN EN 10209-2013, фритта (стеклоэмаль) E-4206S грунтовой с высокими показателями кислотоустойчивости и фритта (стеклоэмаль) RTU «Ferro» R349D покровной с высокими показателями кислотоустойчивости, сплошности, истираемости и прочности (рис. 1).

Проведенные патентные исследования позволили выявить отличия в технологиях изготовления архитектурно-строительных элементов, по сравнению с существующими прямыми и косвенными аналогами [1–20]. Дальнейшая разработка технической системы (методики) испытаний опытных образцов архитектурно-строительных элементов металлокерамических панелей со стеклоэмалевым покрытием и алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот позволит учитывать определение необходимых физико-механических и термических параметров для эффективной и надежной эксплуатации на объектах городского железнодорожного транспорта, высокоскоростных железнодорожных магистралей и иных объектах транспортной инфраструктуры.

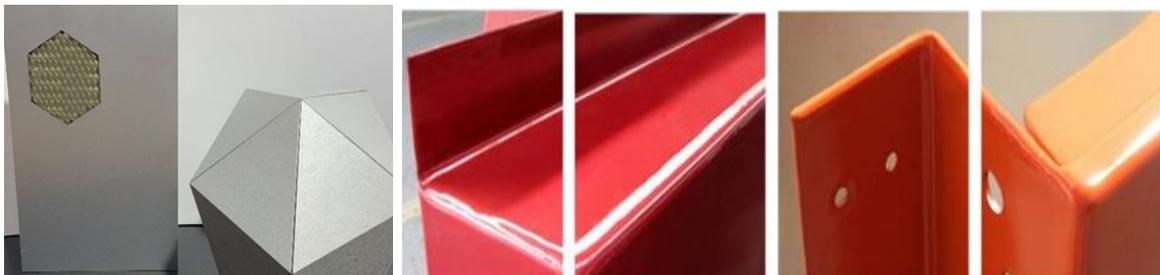


Рис. 1. Общий вид испытываемых алюминиевых панелей из сот (слева) и металлокерамических облицовочных плит со стеклоэмалевым покрытием (справа) во внутренней отделке транспортных пешеходных тоннелей (иллюстрации авторов)

Fig. 1. General view of the tested aluminum honeycomb panels (left) and glass-enameled metal-ceramic facing plates (right) in the interior decoration of transport pedestrian tunnels (illustrations by the authors)

В рассматриваемой методике подробно с подбором оборудования и расходных материалов представлена технологическая последовательность определения у металлокерамических изделий:

- размеров, правильности форм и качества поверхности;
- водопоглощения;
- коэффициентов термического расширения (температурного коэффициента линейного расширения) металла и керамики (стеклоэмали);
- морозостойкости;

- устойчивости к ультрафиолетовому излучению;
- стойкости покрытия при циклических температурных эксплуатационных воздействиях;
- устойчивости к образованию пятен;
- твердости покрытия;
- химической стойкости;
- устойчивость к растрескиванию глазури;
- незначительных цветовых отклонений;
- горючести

и проведение метода испытания на изгиб при нормальной температуре.

Результаты и обсуждение

Технологический цикл изготовления опытных образцов металлокерамических облицовочных плит со стеклоэмалевым покрытием включает в себя следующие операции: заготовку сырья (раскройные работы, гибку и формовку элементов облицовки, сварку боковых поверхностей с зачисткой сварных швов); механическую обработку (зачистку сварных швов,

шлифовку лицевой поверхности); химическую обработку деталей (обезжиривание, травление, промывку, сушку); нанесение стеклоэмалевого покрытия в три слоя с послойным высокотемпературным обжигом (первый этап – сушка, обжиг, второй – сушка, обжиг, третий – сушка, обжиг); контроль качества стеклоэмалевого покрытия; итоговый контроль качества панелей.

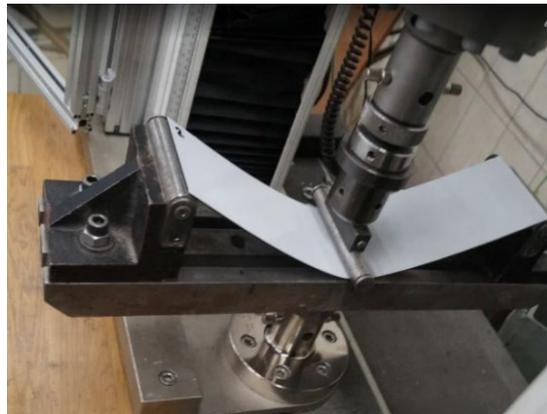
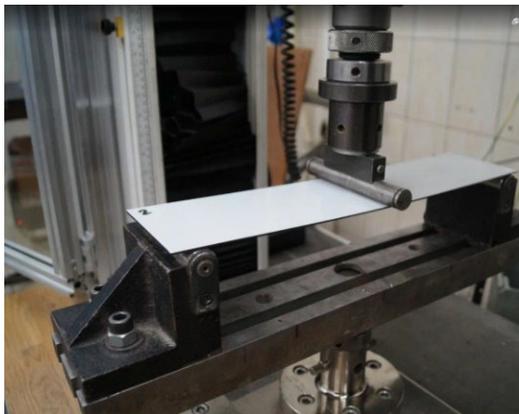


Рис. 2. Образец № 2 металлокерамических панелей во время подготовки испытаний на изгибной машине (слева) и во время испытаний на изгиб (справа) (иллюстрации авторов)
Fig. 2. Sample No. 2 of the metal-ceramic panels during preparation of the bending machine tests (left) and during bending tests (right) (illustrations by the authors)

Технологический цикл изготовления опытных образцов алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых включает следующие процессы: заготовку сырья (раскройные работы, гибку, формовку элементов облицовки, сварку боковых поверхностей); механическую обработку (зачистку сварных швов, шлифовку лицевой поверхности); химическую обработку (обезжиривание, травление, промывку, сушку); закрепление панелей; контроль качества панели.

Проведены также испытания панелей, размерами 100 × 400 мм в количестве 4 шт., на прочность при изгибе согласно разработанной методике и по п. 7 ГОСТ 27180-2019. Фотофиксация испытываемых образцов и хода исследования представлена на рисунке 3. По результатам средняя прочность образцов при изгибе равняется 35,3 МПа.



Рис. 3. Образец № 3 алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот на изгиб во время подготовки испытаний на изгибной машине (слева) и во время испытаний на изгиб (справа) (иллюстрации авторов)

Fig. 3. Sample No. 3 of aluminum panels with internal aluminum honeycomb filling during bending preparation tests on a bending machine (left) and during bending tests (right) (illustrations by the authors)

Таблица 1

Результаты определения прочности при растяжении образцов алюминиевых панелей

| № образца | Длина, мм | Ширина, мм | Толщина, мм | Разрушающая нагрузка, Н | Разрушающая нагрузка серии, Н | Прочность при растяжении, МПа | Прочность при растяжении серии, МПа |
|-----------|-----------|------------|-------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 101,0 | 100,0 | 22,6 | 10030 | 9951 | 0,99 | 1,0 |
| 2 | 100,0 | 99,0 | 22,7 | 9194 | | 0,93 | |
| 3 | 100,0 | 100,0 | 22,7 | 9290 | | 0,93 | |
| 4 | 101,0 | 98,0 | 22,6 | 11290 | | 1,14 | |



Рис. 4. Подготовка образцов к испытанию, вид образца в испытательной машине и после испытания (иллюстрации авторов)

Fig. 4. Preparation of samples for testing, appearance of the sample in the testing machine and after testing (illustrations by the authors)

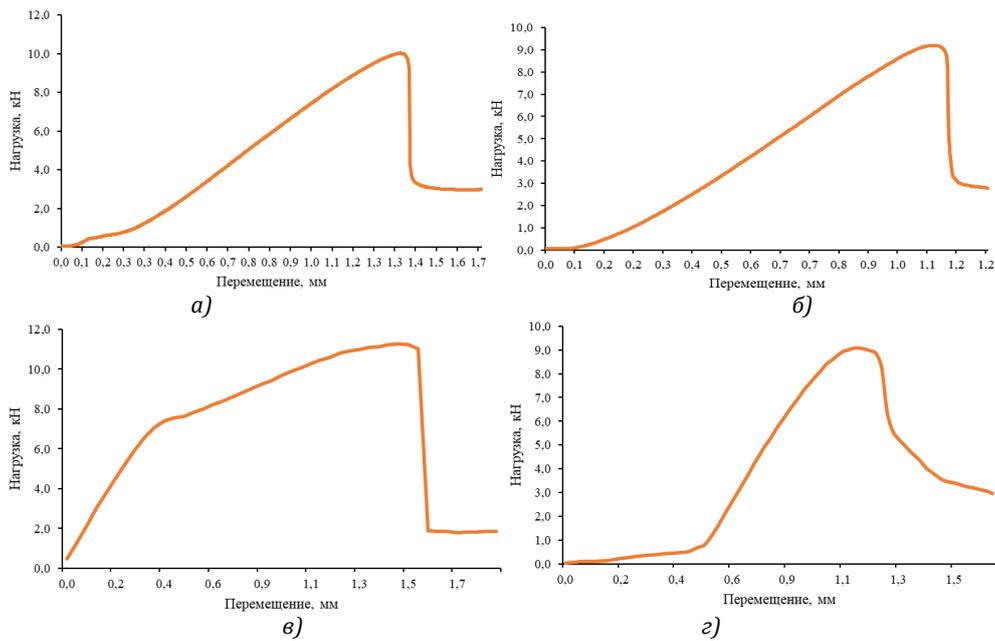


Рис. 5. Диаграммы «нагрузка-перемещение» для:

а) образца № 1; б) образца № 2; в) образца № 3; г) образца № 4 (иллюстрации авторов)

Fig. 1. Load-displacement diagrams for: a) sample 1; b) sample 2; c) sample 3; d) sample 4 (illustrations by the authors)

Определение прочности при растяжении проводили на алюминиевых панелях с внутренним заполнением из алюминиевых сот размерами 100 × 100 мм в количестве 4 шт. Результаты представлены в таблице 1. На рисунке 5 – диаграммы «нагрузка – перемещение» для: а) образца № 1; б) образца № 2; в) образца № 3; г) образца № 4.

Внешний вид четырех алюминиевых панелей до, во время и после испытаний приведены

на рисунке 4. В результате средняя прочность образцов при изгибе равняется 1,0 МПа.

Согласно представленным для инспектирования протоколам испытаний из лабораторий параметры опытных образцов для проведения исследований варьировались в зависимости от вида испытания. (табл. 2).

Таблица 2

Виды испытания и размерный ряд опытных образцов

| № п/п | Наименование вида испытания | Размеры образцов металлокерамических панелей, цвет белый | Размеры образцов алюминиевых панелей с алюминиевыми сотами |
|-------|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Водопоглощение, % | 100 × 100 мм | 100 × 100 мм |
| 2 | Группа горючести | 600 × 1000 × 2,2 мм | 500 × 500 × 20 мм |
| 3 | Морозостойкость, переменное замораживание при температуре от -15 до -20 °С (число циклов попеременного замораживания и оттаивания) | 100 × 100 мм | 100 × 100 мм |
| 4 | Определение стойкости покрытия при циклических температурных эксплуатационных воздействиях -60 ... +80 °С, (число циклов) | 100 × 100 мм | 100 × 100 мм |
| 6 | Разрушающая нагрузка при изгибе, Н | 100 × 400 мм | 100 × 400 мм |
| 7 | Прочность при изгибе, Мпа | 100 × 400 мм | 100 × 400 мм |
| 8 | Твердость лицевой поверхности | 100 × 100 мм | 100 × 100 мм |
| 9 | Стойкость покрытия к воздействию переменных температур, повышенной влажности и солнечной радиации (15 циклов) | 100 × 100 мм | 100 × 100 мм |
| 10 | Обобщенная оценка внешнего вида покрытия после воздействия климатических факторов (80 циклов = 10 лет срока службы), балл | 100 × 100 мм | - |
| 11 | Предполагаемый срок службы покрытия в условиях эксплуатации на открытом воздухе с умеренным климатом (У1) в условно чистой атмосфере (тип 1) | 100 × 100 мм | - |
| 12 | Отклонение от прямолинейности относительно рабочего размера, усредненное значение, % | 700 × 1000 × 25 мм | 700 × 1000 × 22,5 мм |
| 13 | Отклонение от прямоугольности относительно рабочего размера, усредненное значение, % | 700 × 1000 × 25 мм | 700 × 1000 × 22,5 мм |
| 14 | Определение кривизны лицевой поверхности, выпуклость/вогнутость по центру, усредненное значение % | 700 × 1000 × 25 мм | 700 × 1000 × 22,5 мм |
| 15 | Определение кривизны лицевой поверхности, выпуклость/вогнутость граней, усредненное значение % | 700 × 1000 × 25 мм | 700 × 1000 × 22,5 мм |
| 16 | Определение кривизны лицевой поверхности, коробление, усредненное значение % | 700 × 1000 × 25 мм | 700 × 1000 × 22,5 мм |
| 17 | Химическая стойкость | 100 × 100 мм | - |
| 18 | Цветовое отклонение ΔE _{сmс} ¹ | 100 × 100 мм | - |
| 19 | Устойчивость к растрескиванию глазури, Мпа | 100 × 100 мм | - |
| 20 | Устойчивость к образованию пятен, класс очистки | 100 × 100 мм | - |

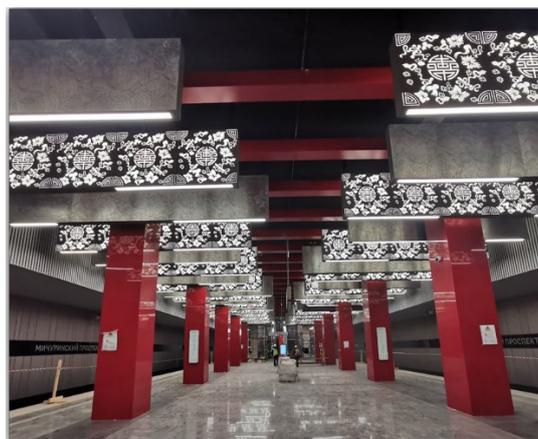


Рис. 6. Устройство облицовки стен, потолков: платформы, эскалаторных сходов, вестибюлей, зоны интеграции с применением передовых архитектурных систем «Квантум Парус», «Квантум Керамик», «Квантум Гласс», «Квант Блэйд» во внутренней отделке станции метрополитена «Мичуринский проспект» (БКЛ) (иллюстрация автора – А. В. Федорченко)

Fig. 6. Wall and ceiling cladding: platforms, escalator descents, lobbies, and integration zones using advanced architectural systems such as Quantum Parus, Quantum Ceramics, Quantum Glass, and Quantum Blade in the interior design of the Michurinsky Prospekt metro station (BCL) (illustration by A. V. Fedorchenko)

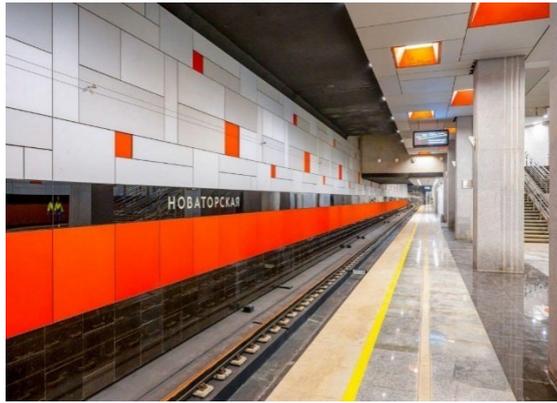


Рис. 7. Оформление станции «Улица Новаторов» Коммунарской линии метро использованы декоративные кессоны на потолке и путевые стены, выполненные в матричном стиле. Для их создания применили алюминиевые сотовые панели различного размера с шлифованной поверхностью, покрытые кессонами, а также углубленные светильники, изготовленные из металлокерамики оранжевого оттенка (иллюстрация автора – А. В. Федорченко)

Fig. 6. The design of the Novatorov Street station on the Kommunar'skaya line of the metro uses decorative caissons on the ceiling and track walls made in the matrix style. For their creation, they used aluminum honeycomb panels of various sizes with a polished surface, covered with caissons, as well as recessed lamps made of orange-colored metal ceramics (illustration by A. V. Fedorchenko)

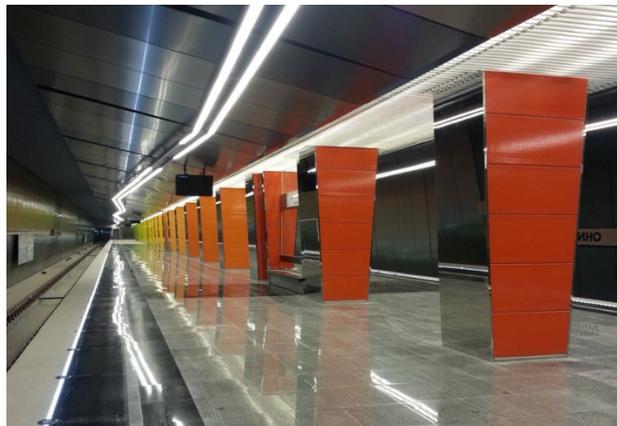


Рис. 8. Устройство облицовки потолков, колонн платформы с применением крупноформатных сотовых панелей «Квантум ПаРУС». При облицовке колонн применены крупноформатные сотовые панели с лицевым слоем – зеркальная нержавеющая сталь (иллюстрация автора – А. В. Федорченко)

Fig. 7. The device for facing ceilings, columns of the platform using large-format honeycomb panels "Quantum Parus". When facing columns, large-format honeycomb panels with a front layer – mirrored stainless steel (illustration by A. V. Fedorchenko)

Выводы

В результате представленная и разработанная техническая система (методики) испытаний опытных образцов архитектурно-строительных элементов металлокерамических панелей со стекломалевым покрытием и алюминиевых панелей с внутренним заполнением из алюминиевых сот позволила определить необходимые физико-механические и термические параметры для эффективной и надежной эксплуатации на объектах городского железнодорожного транспорта, высокоскоростных железнодорожных магистралей и иных объектах транспортной инфра-

структуры Москвы и регионов. В следующих публикациях будут представлены результаты исследований, направленные на изучение и улучшение эстетических и архитектурно-художественных характеристик элементов, а также на их горючесть. Перспективным направлением является архитектурное формирование облика культурного наследия городов на примере применения металлокерамических и многослойных алюминиевых сотовых панелей. На рисунках 6–8 представлено внедрение архитектурно-строительных элементов в транспортное строительное производство Москвы и Московской области.

Список литературы

1. Abyalimov O. High high-speed movement of passenger electric trains on the section Tashkent-Samarkand of the Uzbek railway / O. Abyalimov, Ja. Yakubov, Kh. Kosimov et al. // Universum: технические науки. – 2023. – № 2-5 (107). – С. 61–64. – EDN REESJL.
2. Kiselev I. P. High-Speed Railways in the BRICS Countries / I. P. Kiselev, N. S. Bushuev, D. O. Shulman // BRICS Transport. – 2023. – Vol. 2, № 4. – DOI: 10.46684/2023.4.6. – EDN WCPCNG.

3. <http://www.findpatent.ru> (электронный ресурс для патентного поиска).
4. <http://www.freepatent.ru> (электронный ресурс для патентного поиска).
5. <http://ru-patent.info> (электронный ресурс для патентного поиска).
6. <http://bankpatentov.ru> (электронный ресурс для патентного поиска).
7. <http://patents.su> (электронный ресурс для патентного поиска).
8. <https://patentscope.wipo.int/search/ru/search.jsf> (электронный ресурс для патентного поиска).
9. <https://yandex.ru/patents> (электронный ресурс для патентного поиска).
10. Олейник П. П. Применение высокотехнологичных металлокерамических панелей «Хардволл» / П. П. Олейник, А. А. Бжеников // Механизация строительства. – 2018. – Т. 79, № 2. – С. 20–24. – EDN YRRTDH.
11. Патент на полезную модель № 31524 U1 Российская Федерация, МПК В22F 7/06, F41H 1/02. Пулезащитная многослойная металлокерамическая панель : № 2003107146/20 : заявл. 17.03.2003 : опубл. 20.08.2003 / В. Ф. Селиванов, В. В. Пешков, Л. В. Усачева ; заявитель Воронежский государственный технический университет. – EDN XAHIVZ.
12. Бахвалов Ю. О. Получение композитных покрытий на основе металлических и металлокерамических порошков методом газодинамического напыления / Ю. О. Бахвалов, В. И. Михеев, В. А. Половцев // Деформация и разрушение материалов. – 2005. – № 10. – С. 2–7. – EDN KNXQYD.
13. Патент № 2281828 С2 Российская Федерация, МПК В21D 53/04, F28F 21/08, В32В 15/00. Способ изготовления алюминиевых панелей с интегральной схемой : № 2003121023/02 : заявл. 07.12.2001 : опубл. 20.08.2006 / И. Доремю, Л. Пуаза, А. Эльгазаль. – EDN NDFZLO.
14. Патент № 2237578 С2 Российская Федерация, МПК В32В 3/28, В32В, В32В 15/01. композиционная алюминиевая панель : № 2001114506/11 : заявл. 29.10.1999 : опубл. 10.10.2004 / А. Й. П. Хасцлер, Д. Сампат, К. А. Мехснер ; заявитель КОРУС АЛЮМИНИУМ ВАЛЬЦПРОДУКТЕ ГМБХ. – EDN DIALSD.
15. Патент № 2660468 С1 Российская Федерация, МПК В23К 37/04, В23К 37/02, В23К 9/23. Установка и способ автоматической сборки и сварки алюминиевых панелей с ребрами : № 2017116798 : заявл. 15.05.2017 : опубл. 06.07.2018 / Н. П. Алешин, В. В. Бровко, М. В. Григорьев [и др.] ; заявитель Научно-учебный центр «Сварка и Контроль» при МГТУ им. Н. Э. Баумана (ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана). – EDN ZEIONN.
16. Свиридова Е. К. Алюминиевые композитные панели - новое слово в отделке фасадов / Е. К. Свиридова, Г. В. Коренькова // Будущее науки – 2014 : сборник научных статей 2-й Международной молодежной научной конференции, г. Курск, 23–25 апреля 2014 года : в 3 т. / отв. ред. А. А. Горохов. – Курск : Университетская книга, 2014. – С. 231–235. – Т. 2. – EDN ТВОКАР.
17. Черезов Н. П. Технологический процесс изготовления алюминиевой композитной панели / Н. П. Черезов, Е. А. Головина // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 22–24 мая 2019 года. – Бийск : Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2019. – С. 278–283. – EDN VXNPLN.
18. Федоров В. С. Об организации опытно-экспериментальной работы в ходе исследования влияния комплексности вибровоздействий наземного и подземного транспорта на здания и сооружения / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 1 (47). – С. 95–100. – DOI: 10.52684/2312-3702-2024-47-1-95-100. – EDN AVTRYO.
19. Патент № 2777637 С1 Российская Федерация, МПК E01C 1/00. Планировочная структура вновь создаваемых городов: № 2021127271 : заявл. 15.09.2021 : опубл. 08.08.2022 / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов, Т. В. Золина ; заявитель Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. – EDN GEKAJB.
20. Проектирование строительных конструкций и оснований с учетом надежности и режимных воздействий / В. С. Федоров, Т. В. Золина, Н. В. Купчикова и др. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – 209 с. – ISBN 978-5-93026-143-1. – EDN PWZTHR.
21. Купчикова Н. В. Основы технологии сноса, демонтажа и переработки строительных материалов в системе реновации районов : уч. пос. / Н. В. Купчикова. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – 134 с. – ISBN 978-5-93026-139-4. – EDN HRTSDH.
22. Купчикова Н. В. Технология реконструкции, санации и капитального ремонта зданий, включая экспертизу геоподосновы, оснований и фундаментов / Н. В. Купчикова. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – 105 с. – ISBN 978-5-93026-077-9. – EDN PWKXHV.

© В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, А. В. Федорченко

Ссылка для цитирования:

Федоров В. С., Купчикова Н. В., Федорченко А. В. Прочность архитектурно-строительных отделочных элементов из металлокерамики и алюминиевых сот на объектах городского железнодорожного транспорта // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. №2 (52). С. 49–56.