

УДК 698.3

DOI [10.37153/2618-9283-2022-4-34-46](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-4-34-46)

### ***Теоретические и экспериментальные исследования***

#### **К вопросу определения причин трещинообразования в тонких крупноформатных облицовочных плитах**

**Павлова М.О.<sup>1</sup>, Захаров В.А.<sup>2</sup>, Кошелева Л.И.<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> АО «НИЦ «Строительство» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.  
Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> АО «НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.  
Москва, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье приведены результаты лабораторных исследований конструкции облицовки из крупноформатных фиброцементных плит в составе навесной фасадной системы и анализ проектных решений смонтированных на объекте конструкций.

Технические решения, примененные на фасадах жилого комплекса переменной этажности, отличаются сложностью исполнения и индивидуальными архитектурными решениями, архитектурная выразительность достигается за счет применения на фасадах крупноформатных плит облицовки из фиброцемента различных цветовых оттенков (белого, черного, красного, всего до 7 видов оттенков). Применение крупноформатных облицовочных плит различной конфигурации на фасадах зданий следует относить к объектам экспериментального строительства. Разработка проекта по устройству фасадов здания выполняется на основе типовых технических решений без учета индивидуальных особенностей узлов и без учета влияния солнечной радиации и повышенных/пониженных температур при работе конструкции. Основной проблемой, затрагиваемой в статье, являются проблемы проектирования, монтажа и эксплуатации зданий, в том числе в сейсмических районах, а также высотой более 100 м с облицовкой крупноформатными элементами из фиброцемента различной цветовой гаммы, закрепленных на металлических подконструкциях навесных фасадных систем в условиях мегаполисов.

**Ключевые слова:** навесная фасадная система, крупноформатные фиброцементные плиты, обследование технического состояния облицовки здания, проектирование навесных фасадных систем, ошибки монтажа, технические решения, коэффициент термического расширения, экспериментальные исследования, методы испытаний

**Для цитирования:** Павлова М.О., Захаров В.А., Кошелева Л.И. К вопросу определения причин трещинообразования в тонких крупноформатных облицовочных плитах // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2022. № 4. С.34-46.

DOI [10.37153/2618-9283-2022-4-34-46](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-4-34-46)

### ***Theoretical and experimental studies***

#### **Problems of the joint application of metal substructures of suspended facade systems and large-size fiber cement elements on the facades of modern development buildings**

@ М.О. Павлова, В.А. Захаров, Л.И. Кошелева, 2022

Pavlova M.O.<sup>1</sup>, Zakharov V.A.<sup>2</sup>, Kosheleva L.I.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> JSC “Research Center “Construction” Central Research Institute of Building Constructions named after V.A. Kucherenko (TSNIISK)

<sup>3</sup> JSC “Research Center “Construction” Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (NIIZHB)

**Abstract:** The article presents the results of laboratory studies of the construction of cladding made of large-format fiber cement slabs as part of a hinged facade system and an analysis of design solutions of structures mounted on the object. The technical solutions applied on the facades of the residential complex of variable number of storeys differ in the complexity of execution and individual architectural solutions, architectural expressiveness is achieved through the use of large-format fiber cement cladding plates of various color shades (white, black, red shades up to 7 types) on the facades. The use of large-format facing plates of various configurations on the facades of buildings should be attributed to the objects of experimental construction. The development of a project for the construction of building facades is carried out on the basis of standard technical solutions without taking into account the individual characteristics of the nodes and without taking into account the influence of solar radiation and elevated / lowered temperatures during the operation of the structure. The main problem addressed in the article is the problems of design, installation and operation of buildings, including in seismic areas, as well as with a height of more than 100 m with facing with large-format elements of fiber cement of various colors, fixed on metal substructures of hinged facade systems in megacities.

**Keywords:** hinged facade system, large-format fiber cement slabs, inspection of the technical condition of the building cladding, design of hinged facade systems, installation errors, technical solutions, coefficient of thermal expansion, experimental studies, test methods

**For citation:** Pavlova M.O., Zakharov V.A., Kosheleva L.I. Problems of the joint application of metal substructures of suspended facade systems and large-size fiber cement elements on the facades of modern development buildings. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2022, no. 4, pp. 34-46 DOI [10.37153/2618-9283-2022-4-34-46](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-4-34-46)

## Введение

Современный архитектурный облик городской застройки характеризуется сочетанием стекла, бетона, кирпича, керамогранита и композитных материалов в декоративной отделке фасадов зданий.

Тенденции последних лет – строительство жилых и административных комплексов переменной этажности, высотой 50 –150 м, при этом часто жилые комплексы возводятся в едином стиле, на единых стилобатах, отличаясь уникальным архитектурным стилем и разнообразием цветовых решений. Перед конструктором возникает задача воплотить замыслы архитектурного бюро, выполнить конструкции облицовки в желаемых материалах и цветовых гаммах, при этом не допустить ошибок при проектировании.

Сложность заключается в том, что в распоряжении проектировщиков находятся типовые альбомы технических решений, которые проработаны специалистами разработчика системы крепления при ее создании. Нюанс работы заключается в подборе из имеющейся номенклатуры необходимых элементов, входящих в унифицированный перечень выбранной навесной фасадной системы. Информации в обосновывающей документации производителя достаточно для понимания конструкции, есть возможность ознакомиться с элементами выпускаемой продукции и комплектом изделий, из которых при проектировании потребуется сконструировать облицовку зданий. Иными словами,

пользуясь типовыми альбомами можно качественно выполнить проект фасада для зданий в плане прямоугольной или Г-образной конфигурации.

Базовые технические решения, которые имеются в наличии у разработчиков фасадных конструкции прошли исследования, получили положительные результаты, обоснованные расчетом и подтверждены испытаниями по механической, в том числе для сейсмоопасных районов и пожарной безопасности, апробированы на объектах и обеспечены разрешительной и обосновывающей документацией.

Отсутствие исследований и понимания характера работы новых в техническом плане конструкций облицовки после внесения в типовые конструкции дополнений и изменений, которые строители реализуют непосредственно на объектах, может привести к серьезным авариям на строительной площадке. Примером могут служить многочисленные обращения в адрес ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко заказчиков уже после сдачи объектов в эксплуатацию.

Сложность при проектировании возникает при оценке работы конструкции в связи с увеличением размеров облицовочных панелей или с необходимостью замены материалов на аналоги, физико-механические характеристики которых могут отличаться от исходных.

Предметом отдельных исследований является влияние на работу конструкции изменения габаритов облицовки, например, увеличении размеров панелей, соотношения сторон или уменьшении толщины элемента. Проведенные работы подтвердили существенное влияние геометрии изделий на трещинообразование в облицовочном слое и необходимость внесения корректировок в применяемые типовые конструктивные решения.

### **Основная часть**

Как показали исследования, проведенные специалистами лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, применение на фасадах облицовочных изделий различных цветовых гамм по единым правилам, без учета особенности совместного влияния температуры окружающего воздуха и солнечной радиации также может приводить к возникновению повреждений в конструкциях с облицовкой из тонких крупноформатных плит из фиброцемента (рис. 1). Фиброцементные плиты - это облицовочные изделия, материал которых состоит из 85-90% цемента и 10-15% минеральных добавок и фибры — целлюлозных или синтетических волокон, как армирующего компонента, придающего прочность на изгиб. Также в состав фиброцементных плит входят гидрофобизаторы – добавки, одновременно защищающие материал от впитывания влаги и позволяющие ему «дышать». Снаружи плиты имеют атмосферостойкое покрытие.

В качестве примера могут быть приведены работы по обследованию наружной облицовки комплекса зданий, возведенного в 2020 году. Жилой комплекс представляет собой группу из 10 сгруппированных попарно высотных жилых зданий, объединенных в единый архитектурный объем. Максимальная отметка здания составляет +129,0 м (отметка верха парапета здания), высота типового этажа – 3.150 м.

Конструктивная схема зданий комплекса каркасная, несущие конструкции выполнены из монолитного железобетона. Наружные ограждающие стеновые конструкции выполнены с применением навесных фасадных систем и облицовочных изделий различных размеров (рис. 1).



Рисунок 1 – Общий вид объекта обследования с облицовкой фасадов из тонких крупноформатных фиброцементных плит

Figure 1 – General view of the examination object with fibro-cement slabs

При устройстве фасадов зданий применены крупноформатные фиброцементные плиты с максимальными габаритами до 2130 x 1315 (Н). Применяемые плиты толщиной 8 мм различных оттенков белого, серого, оранжевого, красного и черного цветов. Крепление плит выполнено с применением вертикальных направляющих из профилей Г- и С-образного поперечного сечения с размером 40 x 40 x 1,2 мм. Схема крепления плит предусматривает установку до 4 (четырех) направляющих по длине плит в случае ее горизонтального расположения. Закрепление облицовки выполнялось заклепками через пластиковую гильзу, в соответствии со схемой, которая была разработана производителями облицовки для плит, выполненных из базового (белого) цвета.

В соответствии с документацией на фиброцементные плиты, центральное крепление плит – неподвижное, далее закрепление облицовочной плиты выполняется по часовой стрелке с возможностью перемещения при деформациях материала относительно неподвижной точки крепления. При этом диаметр отверстия в плитах в подвижных точках крепления должен превышать диаметр втулки для обеспечения компенсации температурных деформаций изделий.

При осмотре фасадных конструкций в летний период при нагревании поверхности на фасадах здания были выявлены повреждения плит преимущественно темных цветов (рис 2).

На участках повреждений можно было наблюдать типовые дефекты (рис. 2): сколы фрагментов облицовочных панелей, коробление облицовочных плит черного и темных цветов с визуально определяемым выпучиванием в сторону улицы, горизонтальные и вертикальные трещины, проходящие через элементы крепления плит облицовки, наклонные трещины, проходящие через верхние и боковые элементы крепления.

Причинами повреждений являются ошибки проектирования и нарушения при проведении строительно-монтажных работ в процессе монтажа конструкций с облицовкой из крупноформатных плит из фиброцемента. Исследования работы облицовочного слоя из плит больших размеров в составе навесной фасадной системы не производились, проектирование осуществлялось на основе типовых решений для мелкоформатных плит. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства также не осуществлялось. В результате, не были учтены особенности новой фасадной конструкции, неверно выполнена расстановка деформационных швов в подконструкциях и облицовке, применены элементы подконструкции, схемы и узлы крепления, которые не пригодны для

объекта. Размеры облицовки превышают разрешенные, безопасная эксплуатация которых подтверждена экспериментально.

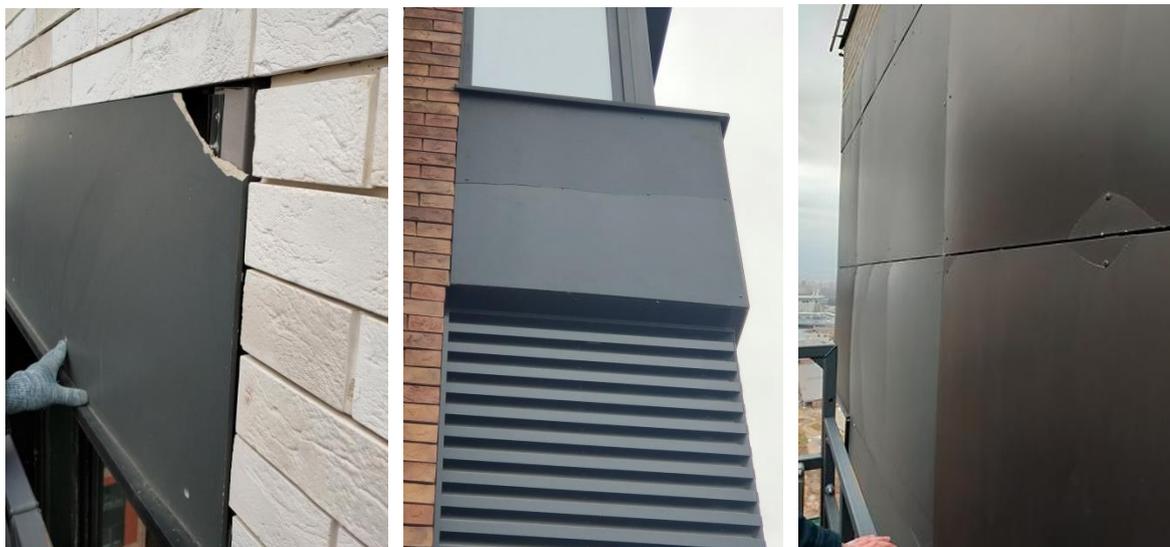


Рисунок 2 – Дефекты крупноформатной облицовки из фиброцемента

Figure 2 – Defects of large-format fiber cement cladding

Основное влияние на процесс деформирования и образования трещин в облицовке оказал цвет изделия.

Наибольшее количество дефектов в виде трещин выявлено на фиброцементных плитах оттенков темных и ярких цветов (черного, серого и красного). Повреждений плит светлых тонов практически не обнаружено. В процентном соотношении количество поврежденных черных плит от общего числа повреждений составляло, ориентировочно, 70%, красных тонов – 20%, серых тонов – 10%. Повреждение плит светлых тонов составляло менее 1% .

Проведенные лабораторные исследования по определению физико-механических показателей облицовочных плит из фиброцемента подтвердили предположения, которые были сформулированы по результатам анализа проекта, на основании документации на применяемые материалы и визуального осмотра возведенных конструкций.

По результатам испытаний образцов фиброцементных плит, проведенных в лаборатории обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева определены показатели плотности, водопоглощения, прочности при изгибе, пористости и морозостойкости.

Подготовленные к испытаниям образцы имели следующие геометрические и цветовые характеристики:

- 50 мм × 50 мм × 8 мм – 7 шт. (белые);
- 70 мм × 70 мм × 8 мм – 9 шт. (белые);
- 70 мм × 70 мм × 8 мм – 12 шт. (черные);
- 100 мм × 220 мм × 8 мм – 18 шт. (черные).

До испытания образцы хранились в лабораторных условиях при температуре 20 °С и относительной влажности 70%.

Плотность, водопоглощение, предел прочности при изгибе, морозостойкость представленных образцов определялись стандартными методами в соответствии с [10]. За плотность принималось среднеарифметическое значение результатов испытаний семи образцов. Результаты испытаний по определению предела прочности при изгибе по среднеарифметическому значению – из шести образцов.

По результатам проведенных лабораторных испытаний получены следующие результаты:

- плотность материала образцов (всех цветов) – 2180 кг/м<sup>3</sup>;
- водопоглощение белых образцов – 8,8%, черных – 12,3%;
- прочность при изгибе – 22,9 МПа;
- морозостойкость – F150.

Характеристики, полученные по результатам испытаний, в целом, соответствовали заявленным производителем в паспортных данных на изделия. Однако, данные, приведенные в паспортах на партии, не дифференцированы по цветовому решению облицовочных плит из фиброцемента.

Учитывая специфику объекта, было принято решение о проведении лабораторных испытаний по определению коэффициента теплового линейного расширения фиброцементных плит разных цветов. С целью определения исходных данных для последующих вычислений величины требуемого параметра проводились замеры температуры нагрева экспериментальных образцов фиброцементных плит в лабораторных условиях.

Лабораторные испытания проводились на образцах (фрагментах), выпиленных из цельных фиброцементных плит, следующих размеров:

- 8 мм × 40 мм × 160 мм – 6 шт. (белые);
- 8 мм × 40 мм × 160 мм – 6 шт. (красные);
- 8 мм × 40 мм × 160 мм – 6 шт. (черные).

В ходе проведения лабораторных исследований все образцы нагревались до 90–95°C в сушильном шкафу. Далее нагретые образцы фиксировались на лабораторном штативе. Один конец образцов опирался на горизонтальную плиту штатива, на другой конец образцов устанавливался индикатор часового типа и определялось изменение размеров образцов по длине, ширине и толщине (рис. 3–4).



Рисунок 3 – Общий вид образцов фиброцементных плит красного цвета до испытаний с лицевой поверхности

Figure 3 – General view of samples of fiber cement slabs of red color before testing from the front surface



Рисунок 4 – Общий вид образцов в процессе определения коэффициента теплового линейного расширения по длине

Figure 4 – General view of samples in the process of determining the coefficient of thermal linear expansion along the length

По результатам лабораторных испытаний вследствие температурного воздействия на фрагменты фиброцементных плит сделан основной вывод о том, что коэффициент теплового линейного расширения испытанных образцов по толщине превышает коэффициент теплового линейного расширения испытанных образцов по длинной стороне в 1,5–1,8 раза. Такой разброс значений коэффициента теплового линейного расширения плит может инициировать их коробление и растрескивание. Максимальный коэффициент теплового расширения образцов по толщине составил  $19,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , что превышало указанные в технической документации данные производителя плит в 2 (два) раза.

Кроме того, проводились испытания по определению температуры нагрева поверхности изделий из фиброцементных плит в зависимости от цветовой гаммы при совместном воздействии температуры окружающего воздуха, влажности и солнечной радиации в естественных условиях окружающей среды. Было произведено порядка 150 измерений.

Опыты выполнялись в течение июля-августа 2022 года, при средних дневных температурах наружного воздуха  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ . По данным портала Погода в Москве максимальное среднесуточное количество солнечных часов в июле составляет 10.3 часов - усредненное количество часов за день, в течение которых прямые солнечные лучи достигают поверхности земли. Определение температуры поверхности выполнялось с 10 часов утра до 18 часов вечера с постоянным временным интервалом.

В процессе обработки замеров установлено, что незащищенный от солнечных лучей термометр нагревался до  $+48 \text{ }^\circ\text{C}$ , а термометр, защищенный от солнечных лучей черной ветошью, нагревался на 7 градусов выше – до  $+55 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Температура нагрева поверхности фиброцементных плит определялась на образцах (фрагментах) из цельных плит, используемых на объекте строительства.

Для проведения испытаний заказчиком были представлены следующие два вида образцов:

- образец №1, RAL 9011 (черный) размером 597 мм x 1002 мм x 8 мм;
- образец №2, RAL 8004 (красный) размером 430 мм x 1002 мм x 8 мм.

Специалистами с помощью термогигрометра измерялась температура нагрева поверхности фиброцементных плит в трех точках по длине образцов (рис. 5). В течение

дня температура и влажность окружающего воздуха замерялись при помощи инфракрасного термометра.



Рисунок 5 – Общий вид образцов во время определения температуры нагрева поверхности плит

Figure 5 – General view of samples during tests to determine the heating temperature of the surface of the plates

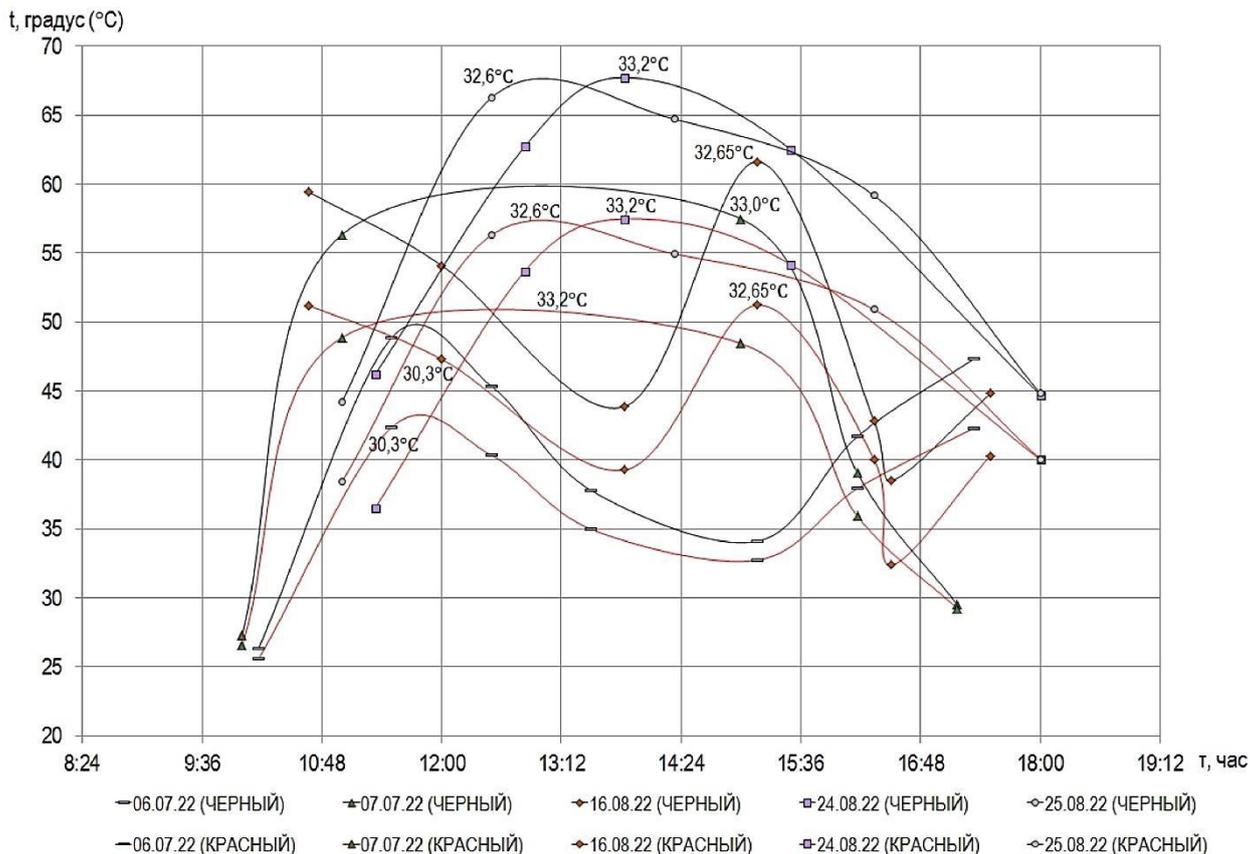
Характерные результаты определения температуры нагрева поверхности образцов из фиброцементных плит двух цветов приведены в таблице №1.

Таблица №1

№ п/п	Дата	Номер и цвет образца	Время	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Температура поверхности, °С	Погодные условия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	06.07.2022	Обр. 1 RAL 9011 (черный)	11:30	30.30	49.90	<b>48.87</b>	Солнечно
2		Обр.2 RAL 8004 (красный)	11:30			<b>42.37</b>	Солнечно
3		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	13:30	29.80	44.65	37.77	Облачно
4		Обр.2 RAL 8004 (красный)	13:30			34.97	Облачно
5	07.07.2022	Обр. 1 RAL 9011 (черный)	15:00	33.00	38.45	<b>57.47</b>	Солнечно
6		Обр.2 RAL 8004 (красный)	15:00			<b>48.43</b>	Солнечно

№ п/п	Дата	Номер и цвет образца	Время	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Температура поверхности, °С	Погодные условия
1	2	3	4	5	6	7	8
7		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	16:10	31.60	38.10	39.03	Облачно
8		Обр.2 RAL 8004 (красный)	16:10			35.90	Облачно
9	16.07.2022	Обр. 1 RAL 9011 (черный)	15:10	32.65	28.95	<b>61.63</b>	Солнечно
10		Обр.2 RAL 8004 (красный)	15:10			<b>51.23</b>	Солнечно
11		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	16:20	31.45	29.45	42.83	Облачно
12		Обр.2 RAL 8004 (красный)	16:20			40.03	Облачно
13	24.08.2022	Обр. 1 RAL 9011 (черный)	12:50	33,20	21,20	62,73	Солнечно
14		Обр.2 RAL 8004 (красный)	12:50			53,70	Солнечно
15		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	13:50	33,40	21,60	<b>67,73</b>	Солнечно
16		Обр.2 RAL 8004 (красный)	13:50			<b>57,47</b>	Солнечно
17	25.08.2022	Обр. 1 RAL 9011 (черный)	11:00	30,60	30,10	44,17	Солнечно
18		Обр.2 RAL 8004 (красный)	11:00			38,40	Солнечно
19		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	12:30	32,60	23,30	<b>66,27</b>	Солнечно
20		Обр.2 RAL 8004 (красный)	12:30			<b>56,30</b>	Солнечно
21		Обр. 1 RAL 9011 (черный)	14:20	33,00	23,80	64,70	Солнечно
22		Обр.2 RAL 8004 (красный)	14:20			54,93	Солнечно

По полученным значениям температуры нагрева поверхности фиброцементных плит разных цветов в зависимости от изменяющейся в течение дня температуры воздуха построены графические зависимости (рис. 6).



\* Примечание: на графиках изменения температуры поверхности отмечены максимальные значения температура наружного воздуха в течении дня

Рисунок 6 – График изменения температуры нагрева поверхности фиброцементных плит черного и красного цветов в зависимости от температуры окружающего воздуха в течение светового дня.

Figure 6 – Graph of changes in the heating temperature of the surface of fiber cement slabs depending on the ambient temperature during daylight hours.

При определенных погодных условиях графические зависимости в виде линий, соединяющих значения температур в точках замеров имеют характерные формы. Анализ результатов замеров позволяет отметить, что при облачной погоде, при отсутствии прямого воздействия солнечных лучей на поверхность образцов температура поверхности фиброцементных плит соответствует температуре окружающего воздуха или превышает ее не более чем на 30 %. В жаркую солнечную погоду температура поверхности экспериментальных образцов превышает температуру окружающего воздуха в два раза – на 100 %. Так, по результатам замеров, температура поверхности черного образца №1 при интенсивном воздействии солнечных лучей достигла величины 67 °С (при температуре окружающего воздуха 33,4 °С). При этом относительная влажность воздуха не оказывает существенного влияния на приведенные величины температур поверхности. Следует отметить, что, исходя из экспериментальных данных, поверхность плит темного цвета нагревается на 15-20% сильнее, чем поверхность плит красного оттенка.

В жаркую летнюю погоду температура поверхности облицовочных изделий черного цвета значительно повышается за счет большего поглощения теплоты прямой солнечной радиации. При переменной облачности (рассеянной солнечной радиации) происходит снижение температуры поверхности образцов вплоть до величины соответствующей температуре окружающего воздуха. Температура поверхности образцов соответствовала температуре окружающего воздуха при перемещении образцов в

закрытое помещение со стационарным температурным режимом (на графике – крайние левые точки замеров температуры поверхности образцов в крытом производственном помещении при температуре окружающего воздуха 25 °С).

Температура поверхности испытуемых образцов зависит от вида солнечной радиации, воздействующей на поверхность плит из фиброцемента: черные плиты активнее поглощают солнечные лучи и сильнее нагреваются, чем красные плиты.

На основе проведенных замеров необходимо сделать вывод о том, что при проектировании металлической подконструкции и назначении величины компенсационных зазоров в узлах креплений должен учитываться не только масштабный фактор (длина, ширина и толщина облицовочных плит при постоянном коэффициенте теплового расширения, установленного производителем плит), но и интенсивность воздействия солнечной радиации на облицовочные плиты различных цветов. При проектировании фасадных конструкций с применением тонких крупноформатных облицовочных изделий следует учитывать приращение температуры облицовочных плит за счет поглощения теплоты солнечной радиации, при этом учитывать, что цвет поверхности, тип покрытия при одном и том же базовом материале оказывают определяющее влияние на увеличение температуры при эксплуатации. Кроме того, следует учитывать влияние теплового излучения от расположенных в непосредственной близости элементов покрытия парапетов, откосов оконных проемов и т.п. элементов декора, температура нагрева которых может быть значительно выше, чем облицовочного слоя.

Указанное в настоящее время не учитывается в практике проектирования и строительства. Производители плит, как правило, определяют параметры и физико-механические характеристики базового материала, без учета геометрических размеров изделий, не владеют данными о влиянии рассмотренных в настоящей статье факторов на изменение формы своей продукции – облицовочных крупноформатных плит при значительных перепадах температуры поверхности образцов. Подобные оценки влияния нагрева поверхности облицовочных плит из фиброцемента различных размеров должны выполняться в процессе проектирования с учетом принятой цветовой гаммы облицовочных плит, в том числе на основе испытаний. Кроме того, учитывая, что облицовочные плиты закрепляются к металлическому каркасу, проектирование подконструкций должно осуществляться с учетом совместной работы с облицовочным слоем, например, не допускается смещение «неподвижных точек» креплений относительно геометрического центра плит. Плиты должны обладать достаточной жесткостью, чтобы исключать поперечный изгиб при температурных воздействиях. Компенсационные зазоры должны приниматься с учетом технологии ведения монтажа фасада, исключать «закусывание» плит в узлах креплений, например, за счет применения опорной планки вместо типовых точечных креплений.

### **Заключение:**

1. По результатам проведенных работ установлено, что при проектировании и возведении фасадных конструкций не учитывается совместная работа облицовочного слоя фасадов зданий и несущих металлических подконструкций. При отсутствии комплексного подхода эксплуатационная надежность фасадных конструкций не будет обеспечена в связи с отсутствием опыта проектирования и строительства нетиповых фасадных систем.

2. Большая вариативность облицовочных элементов, номенклатура которых в последнее время значительно расширяется, не может быть учтена как разработчиками навесных фасадных систем, так и органами, осуществляющими контроль проектирования, строительства, сертификации, экспертным сообществом. Вопросы механической безопасности рассмотренных в настоящей статье конструкций, тонких крупноформатных облицовочных изделий из фиброцемента в составе комбинированных конструкций

должны рассматриваться в рамках научно-технического сопровождения проектирования и возведения фасадных конструкций, в том числе в сейсмоопасных районах.

3. Особенностью объекта строительства, подлежащей дополнительному анализу при проектировании, в том числе по результатам испытаний, следует считать применение при облицовке здания тонких крупноформатных облицовочных элементов из фиброцемента различных цветовых гамм. Применение крупноформатных облицовочных плит различной конфигурации на фасадах зданий следует относить к объектам экспериментального строительства.

4. Сложившееся мнение о том, что в фасадной конструкции, конструктивно разделенной деформационными швами, исключено возникновение трещин в облицовочных плитах, требует корректировки. Трещинообразование может возникать и в пределах температурных блоков, чему пример рассмотренный объект строительства. Солнечная радиация, воздействующая на крупноформатные облицовочные конструкции, вызывает дополнительный нагрев поверхности изделий, величина которого в зависимости от цвета поверхности изделия, типа лакокрасочного покрытия может достигать величин, приводящих к образованию трещин, короблению и растрескиванию тонких плит из фиброцемента на фасадах при эксплуатации. Естественно, что темные поверхности нагреваются и деформируются сильнее, чем светлые, однако количественный анализ следует осуществлять применительно к объекту строительства. Максимальный габарит для установленных производителем плит параметров изделий следует назначать также по результатам испытаний, в случае выявления при испытаниях изменения формы изделий предпринимать мероприятия по повышению жесткости изделия, совершенствовать металлическую подконструкцию и узлы креплений.

5. При выборе проектных решений, которые сочетают различные цветовые решения и габариты облицовочных элементов, необходимо выполнение комплекса предпроектных работ, направленных на оценку совместной работы применяемых материалов в составе фасадных конструкций, с учетом архитектурных особенностей конкретного объекта, то есть с учетом адаптации типовых технических решений к объекту проектирования с последующим проведением мониторинга возведенных конструкций и технического обслуживания в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

### Список нормативных документов

1. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»
2. СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87»
3. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87»
4. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»
5. ГОСТ 18124-2012 «Листы хризотилцементные плоские. Технические условия»
6. ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости»
7. ГОСТ 12730.3-2020 «Бетоны. Метод определения водопоглощения»
8. ГОСТ 12730.4-2020 «Бетоны. Методы определения показателей пористости»
9. ГОСТ 27180-2001 «Плитки керамические. Методы испытаний»
10. ГОСТ 18124-2012 «Листы хризотилцементные плоские. Технические условия»
11. ГОСТ 30340-2012 «Листы хризотилцементные волнистые. Технические условия»
12. СП 97.13330.2016 «Асбестоцементные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.09-85»

## List of regulatory documents

1. GOST 31937-2011 «Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya»
2. SP 71.13330.2017 «Izolyacionnye i otdelochnye pokrytiya. Aktualizirovannaya redakciya SNIP 3.04.01-87»
3. SP 70.13330.2012 «Nesushchie i ograzhdayushchie konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNIP 3.03.01-87»
4. SP 13-102-2003 «Pravila obsledovaniya nesushchikh stroitel'nykh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij»
5. GOST 18124-2012 «Listy khrizotilcementnye ploskie. Tekhnicheskie usloviya»
6. GOST 10060-2012 «Betony. Metody opredeleniya morozostojkosti»
7. GOST 12730.3-2020 «Betony. Metod opredeleniya vodopogloshcheniya»
8. GOST 12730.4-2020 «Betony. Metody opredeleniya pokazatelej poristosti»
9. GOST 27180-2001 «Plitki keramicheskie. Metody ispytanij»
10. GOST 18124-2012 «Listy khrizotilcementnye ploskie. Tekhnicheskie usloviya»
11. GOST 30340-2012 «Listy khrizotilcementnye volnistye. Tekhnicheskie usloviya»
12. SP 97.13330.2016 «Asbestocementnye konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNIP 2.03.09-85»

## Данные об авторах / Information about authors

**Павлова Марина Олеговна** – кандидат технических наук, заместитель директора ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» по научной работе, заведующий лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем  
1747302@mail.ru, 1747742@mail.ru

**Marina O. Pavlova** – Ph. D., Deputy Director of the Central Research Institute of Building Constructions named after V.A. Kucherenko (TSNIISK) of JSC “Research Center “Construction”, head of the Laboratory of reliability of thermal insulation of facades and facade systems  
1747302@mail.ru, 1747742@mail.ru

**Захаров Владимир Андреевич** – заместитель заведующего лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»  
1747302@mail.ru, 1747742@mail.ru

**Vladimir A. Zakharov** – deputy head of the Laboratory of reliability of thermal insulation of facades and facade systems of the Central Research Institute of Building Constructions named after V.A. Kucherenko (TSNIISK) of JSC “Research Center “Construction”  
1747302@mail.ru, 1747742@mail.ru

**Кошелева Лидия Ивановна** – начальник отдела новых технологий и мониторинга лаборатории обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

**Lidiya I. Kosheleva** – Head of New Technologies and Monitoring Department Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (NIIZHB) of JSC “Research Center “Construction”