

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ШТУЧНОЙ ОБЛИЦОВКОЙ

QUESTIONS OF SAFETY MAINTENANCE OPERATION HINGED FACADE STRUCTURES COVERING WITH LARGE- SIZED PIECE MATERIALS

М. О. ПАВЛОВА, канд. техн. наук

В. А. ЗАХАРОВ

С. В. КУШНИР

М. Н. ПАВЛЕНКО

Проанализированы опыт рассмотрения проектной документации по устройству фасадов и результаты испытаний вертикальных направляющих и фрагментов навесных фасадных систем. Установлено, что деформации направляющих являются определяющими при оценке надежности конструкции «вентилируемого» фасада.

Основной проблемой, рассматриваемой в статье, является отсутствие в нормативно-технической документации Российской Федерации правил проектирования навесных фасадных систем с различными видами облицовок.

The article analyzes the experience of design documentation evaluation on the installation of facades, the results of testing vertical guides and fragments of hinged facade systems. It is established that the deformations of the guides are decisive in evaluating the reliability of the "ventilated" facade design.

The main problem considered in this article is the absence of the rules for designing hinged facade systems with different types of cladding in the normative and technical documentation of the Russian Federation.

Ключевые слова:

Декоративный слой, надежность, облицовочный слой, ограждающие конструкции, фасад здания, фасадные конструкции, эксплуатационная надежность

Key words:

Decorative layer, enclosing structures, facade of the building, facade structures, facing layer, operational reliability, reliability

Проектирование навесных фасадных конструкций (НФС) с облицовочными элементами различных типов и размеров вызывает определенную сложность при устройстве облицовки на зданиях со сложными архитектурными формами облицовочных поверхностей. Многообразие решений зданий современной застройки, таких как высотность и конфигурация здания в плане, сопряжение секций переменной этажности между собой, требует применения различных по форме, размеру и виду материала декоративных элементов и защитно-декоративных конструкций фасадов зданий.

Основное условие обеспечения эксплуатационной надежности – соответствие строительных конструкций требованиям нормативных документов при расчете по предельным состояниям при действии установленных нормами сочетаний нагрузок и воздействий.

Выполнение этих условий позволяет прогнозировать проектный срок службы конструкций, порядок и правила технического обслуживания.

В настоящий момент срок службы фасадных конструкций определяет разработчик системы НФС исходя из условий долговечности в отношении коррозионной стойкости металлических подконструкций, при этом в нормативной документации отсутствуют:

- нормативные сроки эксплуатации конструкции НФС в целом;
- порядок и состав работ по техническому обслуживанию НФС.

Современные тенденции в строительстве предполагают увеличение этажности и наличие светопрозрачного заполнения возводимых зданий, при этом междуоконные простенки и междуэтажные зоны сводятся к минимальным размерам (рис. 1) – так называемый «вертикализм».



Рис. 1. Общий вид фасадов зданий с «узкими» простенками

Высотное строительство и указанные архитектурные решения позволяют на меньшей площади земельного участка разместить больше полезных площадей, при этом решив вопрос инсоляции помещений.

Возведение подобного типа зданий ставит задачи по приведению фасадов к облику, отвечающему современным требованиям в строительстве и архитектуре мегаполиса. Отли-

чительной чертой современных конструктивных решений является применение большего размера облицовочных элементов (металлических кассет, фиброцементных плит, плит из природного камня и композитных панелей). Широкое распространение подобных конструкций получило на высотных зданиях современной застройки (150 м и более).

Увеличение сроков межремонтного периода и безаварийной эксплуатации фасадов здания является основной задачей застройщиков и проектировщиков, однако проектные организации основываются на опыте применения фасадных систем в ранее разработанных объектах, на основе «типовых» решений со стандартными оконными проемами, балконами, лоджиями и пр.

Закрепление несущих металлических конструкций НФС для крепления облицовочных декоративных элементов проектируется как в железобетонные несущие конструкции каркаса здания, так и в кладку заполнения проемов каркаса здания, выполненного из штучных кладочных материалов (обычно из кладки блоков из ячеистого бетона).

Реализуемые на строительных площадках схемы крепления декоративных облицовочных конструкций можно разделить на следующие типы:

Тип 1 – многопролетные схемы в пределах одного этажа с закреплением кронштейнов в кладку заполнения каркаса здания;

Тип 2 – однопролетные схемы высотой на этаж с закреплением кронштейнов к торцам железобетонных перекрытий.

В качестве заполнения проемов каркасов здания применяются материалы низкой прочности, с высокими теплоизоляционными характеристиками и низкой стоимостью.

Толщина внутреннего слоя наружных стен, на участках простенков в современных проектах может достигать 200 мм, при этом ширина таких «узких» простенков – 300 мм (рис. 2, 3). Указанное связано с внедрением в практику строительства архитектурных решений фасадов зданий с большими площадями светопрозрачного заполнения.

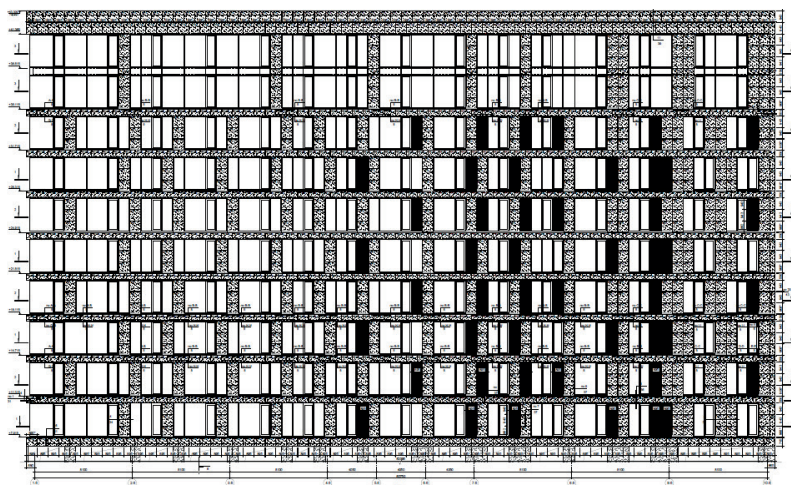


Рис. 2. Фасад здания с «узкими» простенками с заполнением каркаса кладкой из ячеистобетонных блоков

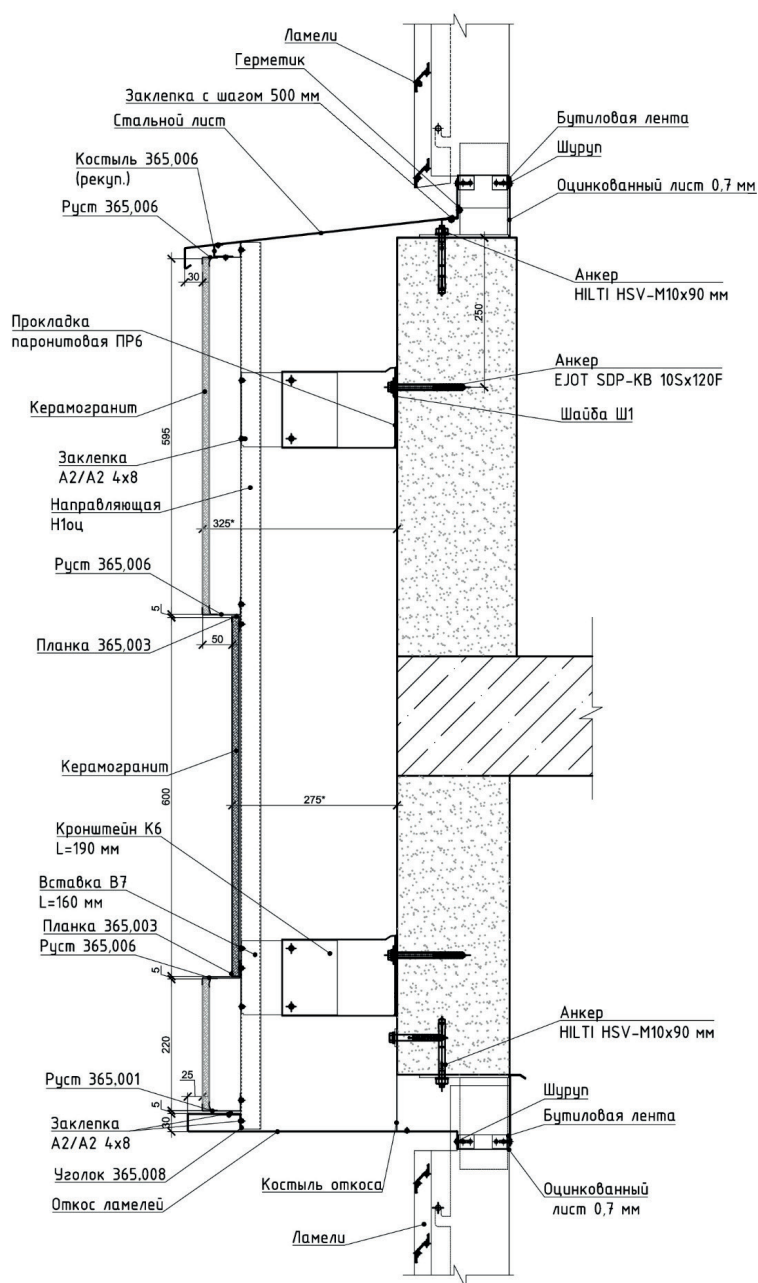


Рис. 3. Узел устройства НФС с облицовкой из металлических кассет

При проектировании крепление конструкций в кладку «узких» простенков не допускается, однако по результатам рассмотрения проектной документации сотрудниками лаборатории, отмечено, что в большом числе проектов применен именно этот способ крепления, без разработки мероприятий по усилению кладки.

Подобные проектные решения дорабатывались специалистами Лаборатории надежности фасадов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (ЛНФ №25 ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) с целью уменьшения шага расположения кронштейнов по высоте, установки элементов усиления кладки «узких» простенков, выполненных из ячеистого бетона фахверковыми стойками.

Кроме того, становятся особенно актуальными вопросы соблюдения краевых расстояний, подбор анкерного крепежа при выборе способа крепления оконных блоков в материалах пониженной прочности.

Отдельные нормативные документы, в том числе СП 267.1325800 [1], запрещают закреплять фасадные конструкции в заполнение каркаса: согласно п. 8.4.20 «... Крепление несущего каркаса навесных фасадных систем следует выполнять к несущим конструкциям высотного здания» [1].

Указанное требование является обязательным для зданий общественного назначения высотой более 50 м или многофункциональных зданий, в которых общественные помещения располагаются на высоте более 50 м [1].

В случае крепления металлических конструкций НФС исключительно к несущему каркасу здания, в проектах, с целью экономии, закладывают дешевые типы конструкций НФС на уровне торцов междуэтажных перекрытий, которые не предназначены для этого.

Правила крепления фасадных конструкций на жилых и общественных зданиях ниже 50 м определяются проектными организациями, не учитывающими особенности строительных конструкций, к которым осуществляется закрепление фасадных конструкций с различными видами облицовочных элементов.

В качестве облицовочных материалов, для указанных принципиальных схем НФС, применяют как мелкогабаритные, так и крупногабаритные элементы декора.

Проектирование для всех видов конструкций, независимо от типа облицовочных материалов и металлической подконструкции, выполняется по единой схеме. Проектные решения проходят экспертизу на стадии П, далее же, на стадии РД отсутствуют контролирующие инстанции, требующие согласования технических решений. Проектирование ведется на основе альбомов «типовых» технических решений на применяемые системы НФС, изначально разработанных без учета особенностей и требований к сложным архитектурным формам и действующих на фасадные конструкции ветровых нагрузок [5].

Зависимость реализуемых способов крепления НФС к конструкциям зданий от вида облицовочных материалов в настоящее время в практике строительства отсутствует.

Основными критериями оценки надежности конструкций при проектировании в настоящее время являются:

- прочность элементов и соединений на действие расчетного сочетания нагрузок и воздействий по первой группе предельных состояний;
- расчетные прогибы (деформативность) по требованиям СП 20.13330 [2] по второй группе предельных состояний.

Следует отметить, что согласно Постановлению Правительства № 87 от 16 февраля 2008 года «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [4] конструктивные решения по устройству фасадов не являются обязательными для разработки. Как правило, к конструкциям НФС предъявляются требования, например по пожарной безопасности, устанавливаемые для ограждающих конструкций при подготовке СТУ (для конструкций здания повышенного уровня ответственности (класс сооружения КС-3), согласно ГОСТ 27751-2014 [3]). Что касается механической безопасности, то экспертные организации ограничиваются контролем наличия ссылок в проектной документации на наименование системы НФС или указанием необходимости наличия Технического свидетельства (ТС), выдаваемого ФАУ «ФЦС».

Таким образом, данный вид проектных работ не оплачивается Заказчиком, а требования по включению подобного вида работ в обязательный перечень, согласно указанному выше Постановлению, отсутствуют.

Объем и состав рабочей документации на фасадные конструкции определяется договорными отношениями между Заказчиком и проектной организацией, что приводит к тому, что конструкции монтируются по «типовым» техническим решениям системодержателя, при этом рабочие чертежи не разрабатываются.

Вместе с тем фасадные системы становятся все более ответственной конструкцией, отказ которой в процессе эксплуатации может привести к серьезным повреждениям наружных стен здания, обрушениям фасадных декоративных конструкций, а также к несоответствию ограждающих конструкций теплотехническим требованиям и, как следствие, к нарушению микроклимата внутренних помещений.

Обследования конструкций фасадов показали, что в настоящее время компаний, имеющих достаточный опыт по проектированию фасадных конструкций и их монтажу, крайне мало.

Правила эксплуатации, состав и периодичность планового и капитального ремонтов разрабатываются крайне редко. Эксплуатирующие организации после истечения гарантийного срока службы остаются «один на один» с конструкцией. Вопрос качества технического обслуживания конструкций, периодичности проведения ремонта и поддержания эксплуатационной надежности является проблемой, требующей отдельного рассмотрения в связи с низкой ремонтпригодностью фасадных конструкций.

Включение в обязательный перечень требований о разработке конструктивных решений фасадных конструкций для объекта проектирования позволит повысить качество проектирования и не допустит на рынок недобросовестных участников строительного процесса.

По результатам работ, проведенных специалистами ЛНФ №25 ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в период с 2008 по 2018 г., фактически реализуемые на строительной площадке конструкции отличаются от указанных в документации и соответствуют стадии «П», проходящей экспертизу только в части цветового решения и геометрических форм.

Надежность конструкции зависит от качества проектирования и от требований Заказчика, что, как показывает практика, недостаточно для обеспечения эксплуатационной надежности конструкций на период эксплуатации.

Вопрос о возможности устройства фасадных конструкций на объекте необходимо рассматривать на стадии проектирования, результатом чего должны быть указания и требования к строительному основанию и способу закрепления не только в отношении пожарной безопасности, но и в отношении механической безопасности. Указанное позволит контролировать процесс реализации фасадных решений, исключит замену материалов при разработке рабочей документации, человеческий фактор, а также уменьшение стоимости за счет снижения надежности конструкции и замены материалов на более дешевые.

Основываясь на накопленном опыте и на экспериментальных данных по характеру работы конструкций фасадных систем, закрепляемых в междуэтажные перекрытия, необходимо отметить, что условия, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации, могут возникнуть при достижении чрезмерных перемещений конструкций облицовки, в том числе в пределах, установленных нормами.

Как правило, при проектировании ограничиваются расчетом на прочность, при этом расчетные прогибы металлических направляющих могут достигать 30 мм, что в целом соответствует требованиям СП 20.13330 [2], однако могут привести к сколу или к отрыву облицовочных элементов при их взаимном соприкосновении и к деформациям элементов крепления. При таких значительных прогибах возникает эффект кручения тонкостенных элементов направляющих, деформации в узлах крепления облицовки и пр.

В ЛНФ №25 ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведены испытания конструкций фасадных систем из оцинкованной стали с крупноформатными облицовочными элементами – металлическими кассетами. Целью исследования являлась оценка работы конструкции вентилируемого фасада при расчетных прогибах.

На рис. 4 приведен фрагмент испытанного образца навесной фасадной системы.

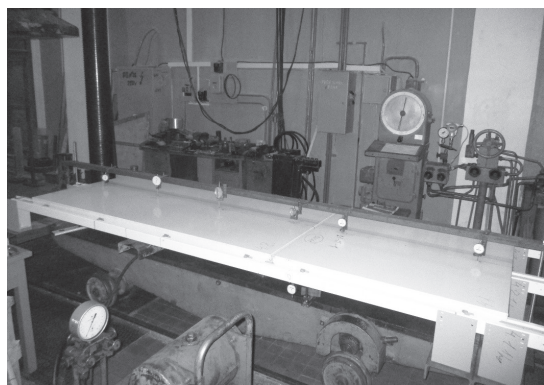


Рис. 4. Общий вид испытательного стенда с экспериментальным образцом

Особенностью данной конструкции является длина направляющей, которая составляла 3,2 м.

Облицовочный слой представляет собой крупноформатные облицовочные панели с размер элементов $1,4 \times 2,2$ м из тонколистовой стали с креплением на иклях (рис. 4).

При испытаниях исследовался характер работы как металлических подконструкций – направляющих, так и конструкции НФС в сборе при расчет-

ных прогибах, определенных по формулам строительной механики, и не превышающих установленные в СП 20.13330 [2] значения и составляющих $L/200$, т.е. 16 мм.

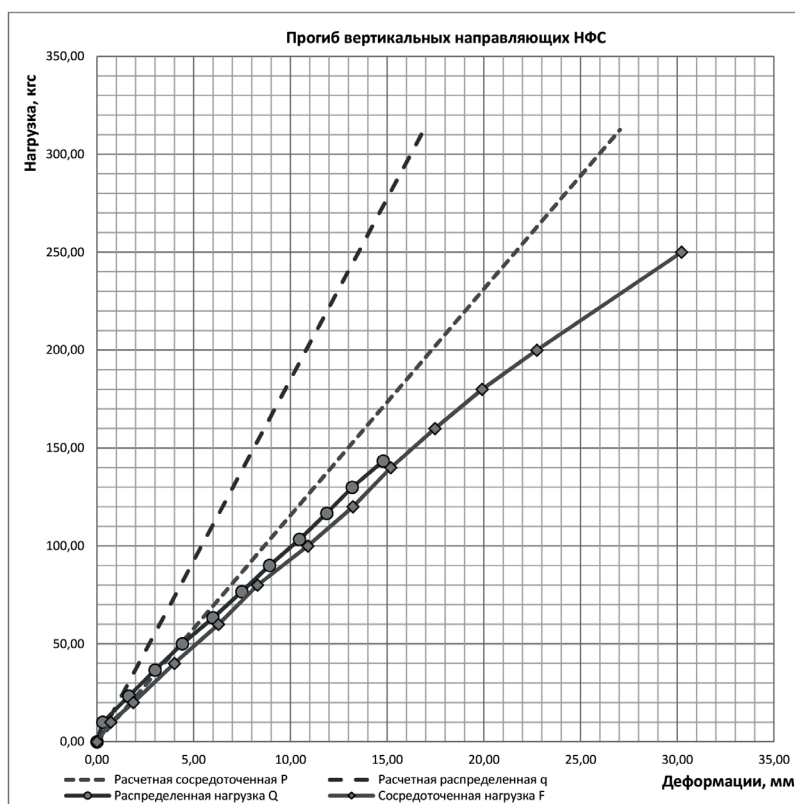


Рис. 5. Графики результатов расчета и результатов замера деформаций направляющих в процессе испытаний

На рис. 5 приведены графики, составленные по результатам расчета и результатам замеров деформаций прогиба направляющих. Анализируя полученные при лабораторных испытаниях данные, можно отметить, что по результатам расчета прогиб в центре направляющей составляет 13 мм при нагрузке $N = 1,5$ кН, при этом по результатам замеров фактический прогиб направляющей при той же нагрузке составил 16,5 мм. Результаты замеров показали превышение величины прогиба по результатам испытаний по отношению к полученному по расчету значению на 25%. При таких же значениях нагрузки, прикладываемой к панели, превышение величины прогиба направляющей по результатам испытаний по отношению к расчетным значениям достигает 90%.

Характер деформирования направляющих при различных способах приложения нагрузки практически совпадает. При этом расхождение расчетных и фактических значений увеличивается по мере роста нагрузки.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что по результатам испытаний фактические значения прогибов существенно больше расчетных значений.

Следовательно, исследуемые конструкции представляли статически определимые балки (по данным выполненного расчетно-теоретического обоснования).

Указанное свидетельствует, что расчетный способ – применение стандартной формулы подсчета прогиба – не подтверждается результатами испытаний. Кроме того, распространенный при проектировании способ расчета не учитывает характер работы узлов крепления и самих облицовочных изделий в целом.



Рис. 6. Деформирование направляющей и панели в процессе испытаний

При полученных деформациях направляющих в ходе испытаний фрагмента системы произошло искривление панели в зоне крепления с последующим отрывом панели в зоне «салазка/икля» и «усилитель/кассета» (рис. 6).

Проведенные испытания позволили сформулировать следующие предварительные выводы:

1. При проектировании конструкции из тонкостенного профиля, в качестве направляющих для крепления крупногабаритных металлических кассет пролетом на этаж, следует принимать расчетную величину прогиба по результатам лабораторных испытаний.
2. В качестве мер по снижению прогибов в конструкциях могут приниматься многопролетные схемы с промежуточными опорами или на высоту этажа, с устройством соединительных элементов со скользящей заделкой по краям направляющих. Необходимо учитывать, что по архитектурным замыслам может возникнуть необходимость «перекрытия» облицовочными изделиями швов вертикальных направляющих, что исключит наличие деформационных швов в конструкции.
3. Предельный прогиб вертикальных направляющих следует принимать дифференцированно, в зависимости от расчетной схемы и типа облицовки.

Указанные требования должны быть рассмотрены для конструкции НФС с облицовочным слоем из плит природного и искусственного камня.

В настоящее время широкое распространение получили конструкции с креплением облицовочных плит на металлических направляющих и пилонах. Размер плит из природного камня может достигать 1500 мм.

Опыт обследования подобных конструкций показал, что менее чем через 15 лет на участках крепления пилонов наблюдаются повсеместные сколы облицовочных плит, что приводит к необходимости замены плит и постановки фасада на капитальный ремонт.

Сколы плит имеют место при реализации различных схем закрепления, как многопролетных неразрезанных балок, в виде направляющих в пределах этажа, так и однопролетных на этаж. Толщина плит колеблется в пределах от 15 до 40 мм, что также является спорным вопросом при оценке механической безопасности облицовочного слоя, поскольку не допускается установка пилона в облицовочные плиты толщиной 15 мм.

На рис. 7 показан узел крепления плит камня на пилонах, типовой для применения на строительных объектах города Москвы. Как видно из чертежа, наличие необходимых зазоров под металлическими «лопатками» в рабочих чертежах проекта не регламентируется, что приводит к соприкосновению металлических элементов и облицовочных плит при эксплуатационных прогибах конструкций, и в дальнейшем – к сколу последних в зонах пилонов, как наиболее уязвимых участков крепления камня.

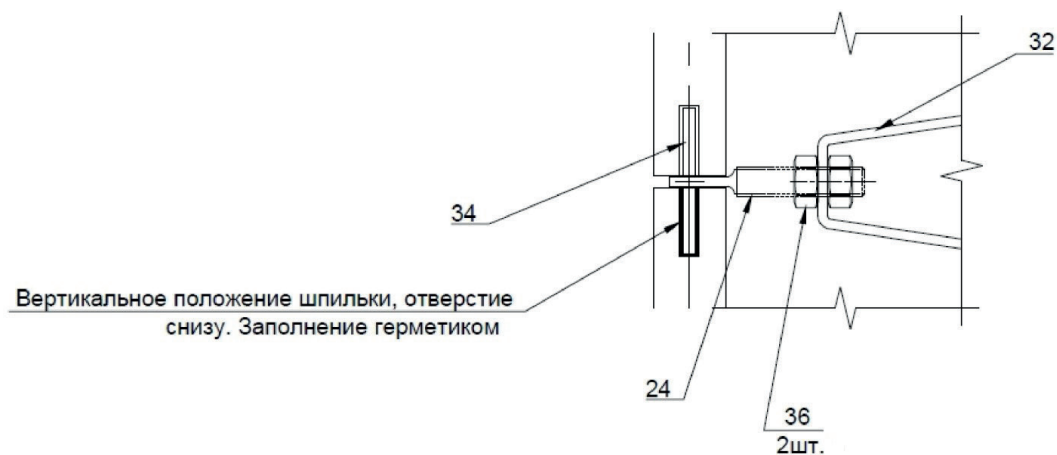


Рис. 7. Типовой узел крепления плит камня на пилонах (отсутствуют данные по зазорам под металлическими «лопатками»): 24 – регулировочная ручка; 32 – Z-кронштейн; 34 – шпилька; 36 – гайка

К отказу фасадных конструкций с декоративными элементами облицовки (обрушениям, смещению плит) также приводят:

- несоответствия по содержанию и составу (изменение длины направляющих, размеров кронштейнов и пр.) в передаваемой Заказчику (инвестору, застройщику, подрядчику и пр.) документации. Несоответствия приводят Заказчиков к заблуждению в сроках ввода объекта в эксплуатацию, а также к увеличению стоимости выполняемых работ (например, при замене системы НФС);

- несоблюдение конструктивных требований по производству работ, необязательное последующее обоснование и согласование изменений вносимых в конструкцию, в том числе замена отдельных элементов, входящих в фасадные конструкции, на более дешевые, но менее долговечные аналоги;

- не выполняемые требования регламентов производства работ на монтаж облицовки сложных архитектурных форм, учитывающих особенности конструкции, на обязательное включение требований в организационно-технологическую документацию (ПОС, ППР);

- допускаемые при устройстве фасадных конструкций нарушения монтажа и технологии крепления камня, что также отрицательно отражается на надежности конструкции фасадов из природного камня.

Выводы

1. При подготовке расчетно-теоретического обоснования устройства фасадных конструкций необходимо в обязательном порядке оценивать деформативность конструкции крепления облицовки.

2. При проектировании сложных архитектурных форм необходимо проводить испытания фасадных конструкций при эксплуатационных прогибах и оценивать характер их работы.

3. В случае закрепления к железобетонным конструкциям (перекрытиям) предусматривать мероприятия увеличивающие жесткость конструкции НФС (с целью снижения эксплуатационных прогибов), особенно на проектируемых объектах высотой более 75 м.

4. Несвершенство нормативно-технической базы и «низкий» уровень проработки проектов (стадии «П») не позволяют минимизировать ошибки, возникающие при проектировании и монтаже конструкций.

5. Применение новых изделий декора до получения достаточного опыта и данных для включения в нормативные документы должно выполняться по результатам исследований конструкций в лабораторных условиях и обосновываться расчетами.

Библиографический список

1. СП 267.1325800.2016 Здания и высотные комплексы. Правила проектирования.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
4. Постановление Правительства от 16 февраля 2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
5. *Галямичев А. В.* Ветровая нагрузка и ее действие на фасадные конструкции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 9. С. 44 -57.

Авторы:

Марина Олеговна ПАВЛОВА, канд. техн. наук, заведующая лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Marina PAVLOVA, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory on reliability of thermal insulation of facades and facade systems, TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: 1747302@mail.ru; 1747872@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-73-02; +7 (499) 170-70-20; +7 (499) 174-78-72

Владимир Андреевич ЗАХАРОВ, заместитель заведующего лабораторией надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vladimir ZAKHAROV, Deputy Head of the Laboratory on reliability of thermal insulation of facades and facade systems, TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: 1747302@mail.ru; 1747872@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-73-02; +7 (499) 170-70-20; +7 (499) 174-78-72

Сергей Викторович КУШНИР, научный сотрудник лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey KUSHNIR, Researcher of the Laboratory on reliability of thermal insulation of facades and facade systems, TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: 1747302@mail.ru; 1747872@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-73-02; +7 (499) 170-70-20; +7 (499) 174-78-72

Максим Николаевич ПАВЛЕНКО, научный сотрудник лаборатории надежности фасадов и теплоизоляционных фасадных систем ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Maxim PAVLENKO, Researcher of the Laboratory on reliability of thermal insulation of facades and facade systems, TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: 1747302@mail.ru; 1747872@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-73-02; +7 (499) 170-70-20; +7 (499) 174-78-72