# ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ И СПЕЦИФИКА УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ ФАСАДОВ СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

**Федотов Сергей Дмитриевич**[1]
главный инженер
тел.: +7 (911) 916-78-02, e-mail: sergey.d.fedotov@gmail.com
**Улыбин Алексей Владимирович**[2]
к.т.н., генеральный директор
тел.: +7 (921) 777-45-16, e-mail: ulybin@mail.ru
[1, 2] ООО «ОЗИС-Венчур» (www.ozis-venture.ru), г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье описывается опыт обследования кирпичных фасадов многоэтажных зданий. Представлены особенности конструктивных решений. Описаны проблемы, возникающие при обследовании и последующем проектировании усиления. Приведены примеры конструктивных решений по усилению, разработанные авторами.

*Ключевые слова*: обследование зданий, кирпичная кладка, разрушение фасада, усиление фасада.

## *Введение*

С середины 90-х годов [1] начался период активного и массового строительства многоэтажных зданий по так называемой «кирпично-монолитной технологии» с применением слоистых стен. При расчетах предполагалось, что всю основную нагрузку воспринимает монолитный каркас, а кирпичные стены выполняют только ограждающую функцию. Поэтому при проектировании зачастую выполнялись расчеты только железобетонного каркаса здания. Кирпичная кладка чаще всего рассматривалась, как распределенная нагрузка на край перекрытия, а ветровая нагрузка прикладывалась к торцам перекрытий конечноэлементных моделей.

Фактически к фасаду здания в соответствии с [2] должны быть приложены следующие воздействия:

1. Собственный вес.
2. Нагрузка от оборудования (реклама, кондиционеры и прочее оборудование).
3. Ветровое воздействие.
4. Температурное воздействие:

- От перепада температур, в зависимости от температуры замыкания;
- От солнечной радиации.

На практике при выполнении расчетов в лучшем случае учитывался собственный вес кладки. Ввиду некачественной проработки проектных решений, а также ошибок и дефектов строительно-монтажных работ во многих зданиях стали проявляться повреждения. Наиболее часто встречаются дефекты в виде магистральных трещин и раздроблений. В ряде случаев происходило обрушение части стен (рисунок 1). На рисунке 2 представлена карта известных авторам зданий в г. Санкт-Петербурге с повреждениями фасадов. Фактическое количество фасадов с повреждениями (в том числе в аварийном состоянии) существенно больше, чем представлено на рисунке 2.

**Рисунок 1 – Обрушение фрагмента фасадной стены**

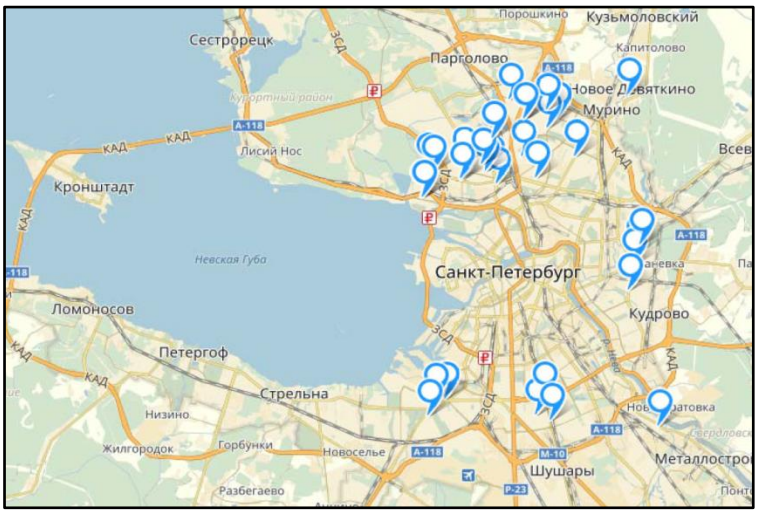


**Рисунок 2 – Карта зданий с повреждениями фасадов**

Стоит отметить, что здания, имеющие проблемы, были запроектированы, как крупными проектными институтами (например, ЛенНИИПроект), так и небольшими организациями. Застройщиками также являлись как крупные организации такие как ГДСК (ЛСР), Ленспецсму, так и мелкие застройщики. Поэтому нельзя говорить об ошибке отдельных проектировщиков и строителей. Проблема является системной. Основной причиной является неудачно перенятый западный опыт и отсутствие апробации и доработки проектных решений [1]. Проблематика кирпичных фасадов наиболее подробно описана в монографии М.К. Ищука [3], также данной тематике посвящены публикации профессора В.Т. Гроздова [4], профессора Р.Б. Орловича [5-7], С.С. Зимина [5-7]. Однако в большинстве своем публикации рассматривают конструктивные решения и причины появления дефектов. Авторы же настоящей статьи в заключении предлагают конструктивное решение узла усиления, а точнее узла разгрузки кирпичной кладки.

### *Типовые конструктивные решения опирания кирпичной кладки на железобетонный каркас*

На практике чаще всего встречаются следующие основные конструктивные решения опирания кирпичных фасадов:

1. Полное поэтажное опирание

Данное конструктивное решение зарекомендовало себя, как наименее дефектное. Повреждения преимущественно возникают в уровне перекрытий в виде раздроблений (рисунок 3) и на углах зданий в виде трещин.

Раздробления в уровне перекрытий могут быть связаны, как с проектными ошибками, так и со строительными. Проектные ошибки выражаются в отсутствии горизонтальных деформационных швов под перекрытием. При этом раздробление кладки наиболее часто проявляется в зданиях, когда кладка выполняется параллельно с возведением монолитного каркаса, в результате чего происходит включение кладки в работу. Также данные повреждения характерны для кладки, выполняемой в холодное время года. При повышении температуры кирпичная кладка изгибается и происходит её раздробление.

Трещины на углах здания возникают из-за отсутствия вертикальных деформационных швов вблизи углов. При этом наиболее часто повреждения данного типа проявляются в кладках воздушным зазором и утеплителем из штучных теплоизоляционных материалов (типа минераловатных и пенополисти-

рольных плит). При внутреннем слое из газобетонных блоков и наличии общих сеток армирования температурные трещины проявляются значительно реже.

Строительные ошибки в основном заключаются в отклонении величины выпуска торцов перекрытий, как в меньшую, так и в большую стороны. В данном случае происходит попадание влаги в пустоты с последующим размораживанием, а также образуется эксцентриситет опирания. Отдельно необходимо отметить установку меньшего количества анкеров.

**Рисунок 3 – Раздробление кладки под перекрытием**

На рисунках 4, 5 представлено влияние анкеровки на температурные деформации стены из исследований С.С. Зимина.

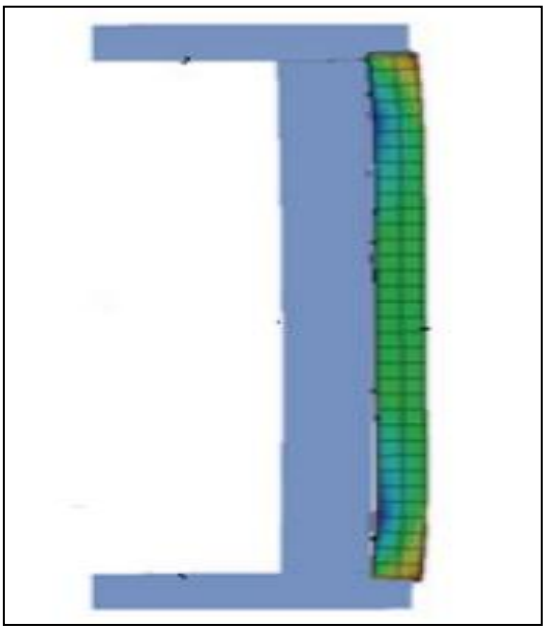

**Рисунок 4 – Деформация стены с анкерами**

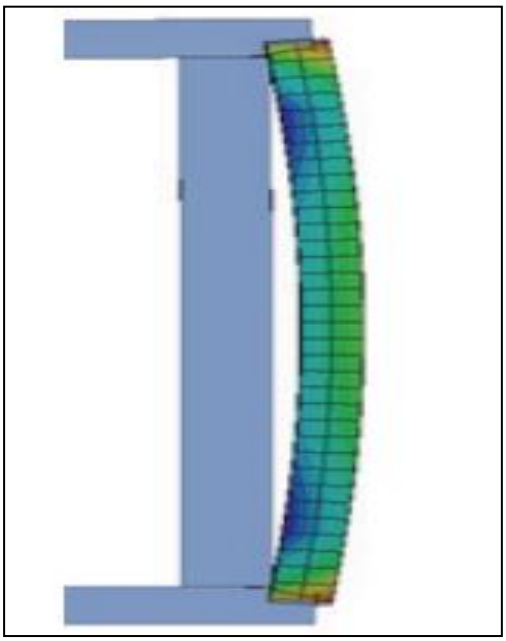

**Рисунок 5 – Деформация стены без анкеров**

2. Условно поэтажное опирание на металлические уголки

Данное конструктивное решение относится к скрытому типу крепления (на фасаде опорные элементы не видны). Дефекты и повреждения, а также механизмы их образования в целом соответствуют описанным ранее, но появляются несколько дополнительных факторов способствующих более сильному разрушению:

1. Концентрация напряжений на лицевой поверхности в зоне перекрытий.
2. Некачественное крепление уголков или их отсутствие (дефект строительно-монтажных работ).
3. Коррозия металлических уголков (продукты коррозии вызывают дополнительные напряжения в кладке).

3. Опирание на железобетонные плиты перекрытия со свесом и последующей облицовкой пиленым кирпичом

Данное конструктивное решение также относится к скрытому типу опирания. Однако повреждения имеют другой характер (рисунок 6). Под воздействием температуры высокий тонкий слой пиленного кирпича отслаивается и выпучивается.

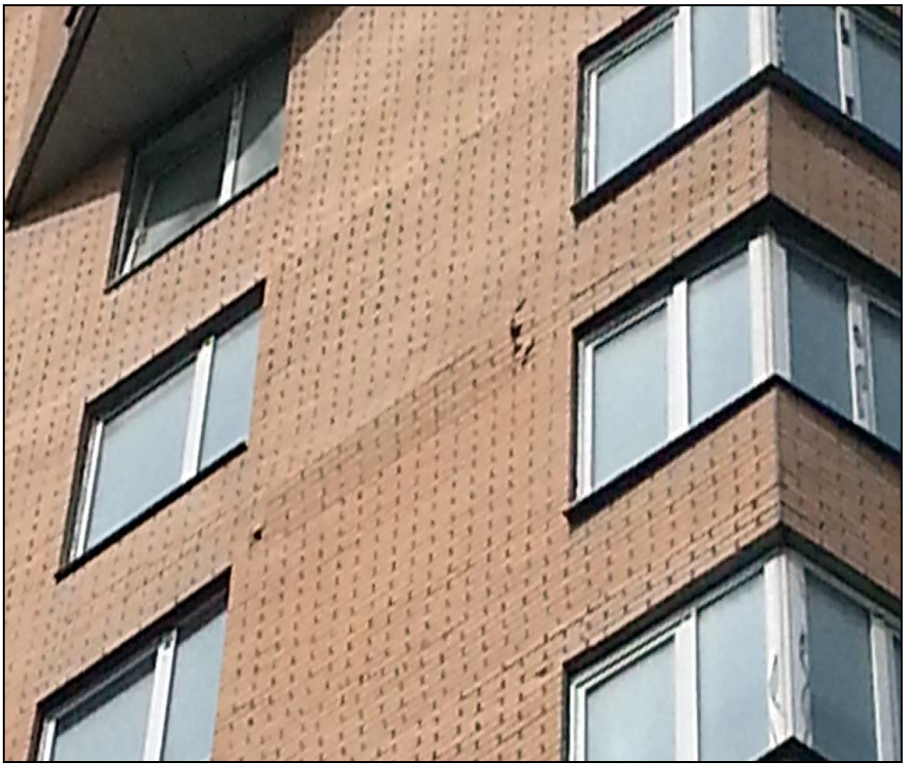

**Рисунок 6 – Выпучивание пиленного кирпича в уровне перекрытий**

4. Частично поэтажное опирание

При проектном решении с частичным опиранием кладки по нашему опыту проявляется самое большое количество дефектов. Это обусловлено в первую очередь сложным напряженно-деформированным состоянием. Расчетная схема работы предполагала, что часть нагрузки от облицовочной кладки передается на перекрытие, а часть нагрузки идет транзитом на всю высоту здания. Фактически помимо собственного веса и атмосферных воздействий кладка начинает включаться в работу несущего железобетонного каркаса здания с существенным эксцентриситетом приложения нагрузки (рисунок 7). В результате чего на здании появляются масштабные раздробления в зоне концентрации напряжений (рисунок 8).

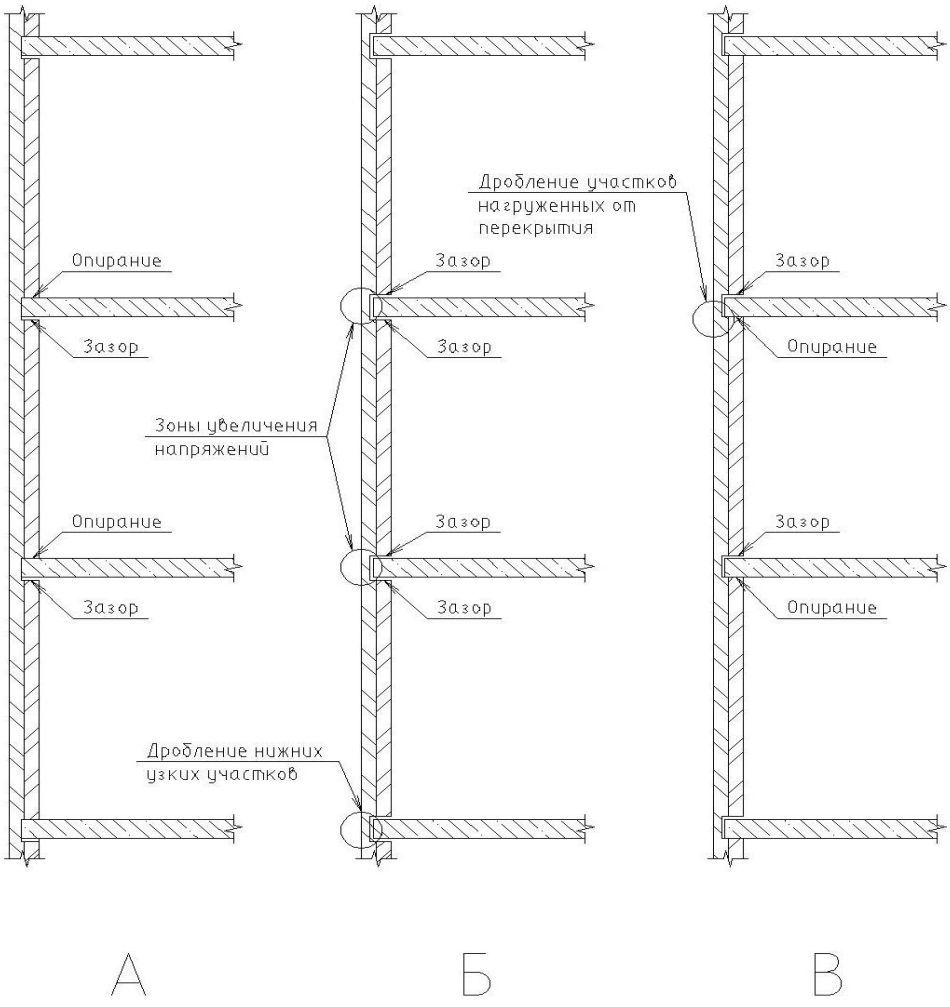


**Рисунок 7 – Стадии работы кладки. А – проектная работа. Б – работа кладки после деформации монолитного каркаса. В – работа кладки после выборки деформационного шва**

**Рисунок 8 – Раздробление кладки в уровне перекрытия**

### *Особенности обследования кирпичных фасадов многоэтажных зданий*

Основная особенность обследования фасадов заключается в отсутствии прямого доступа к конструкциям.

Наиболее часто применяемым и дешевым способом фиксации дефектов является визуальный осмотр через зрительные трубы, бинокли и фотоаппараты с длиннофокусными объективами. Однако данный способ позволяет составить только карту распространения дефектов без их геометрических параметров. При этом при стесненных условиях в городской среде (наличие деревьев, соседних зданий и пр.) обнаружение дефектов на верхних этажах представляется достаточно сложной задачей.

Механизированные средства подъема имеют ограничения по высоте, а также по месту установки.

Наиболее правильным с точки зрения доступа к конструкциям и выполнением качественного визуального обследования (с замером ширины раскрытия трещин, замера глубины сколов и прочих параметров) является использование промышленного альпинизма.

Тем не менее, применение промышленного альпинизма для визуального обследования является достаточно затратным мероприятием. Так для обследования здания периметром 250 м (3 – 4 подъезда) потребуется порядка 80 спус-

ков, что при работе одного специалиста возможно выполнить минимум за 10 дней. Поэтому наиболее перспективным для выявления и фиксации дефектов и повреждений является использование БПЛА. К существенным преимуществам метода по сравнению с перечисленными выше относится возможность подробной фиксации дефектов вне зависимости от высоты расположения. В случае применения фотограмметрической обработки цифровых фотографий имеется возможность не только фиксации, но и обмеров поврежденных зон, что является довольно ценной информацией при разработке проекта ремонта и усиления конструкций.

Некоторые организации при обследовании фасадов ограничиваются анализом проектной документации и визуальным осмотром. Но данный подход позволяет выявить и проанализировать только проектные ошибки, не говоря уже о требуемом качестве визуального обследования [8]. Строительные ошибки можно выявить только путем выполнения вскрытий, что сопряжено с локальным повреждением фасадов и необходимостью последующей заделки. Поэтому заказчики зачастую не идут на выполнение большого количества вскрытий, а в ряде случаев даже на единичные. При этом маленькая выборка вскрытий позволяет судить об отклонении от проекта только в данном конкретном месте.

Проблема поверочных расчетов при обследовании фасадов стоит наиболее остро. Облицовочная кирпичная кладка имеет огромное количество граничных условий, обусловленных проектными решениями, строительными ошибками и в целом работой кирпичной кладки. В настоящее время отсутствуют как инженерные методики расчета многослойной кладки, так и методики расчета с применением современных расчетных комплексов реализующих метод конечных элементов.

Моделирование кирпичной кладки в среде Ansys является более точным с точки зрения работы материалов, имеется возможность задания таких граничных условий, как трение и прочих, в тоже время имеются ограничения по размеру модели.

Моделирование в SCAD позволяет выполнить совместный расчет железобетонного каркаса с облицовочной кирпичной кладкой и оценить взаимное влияние. Однако SCAD обладает значительно меньшим набором граничных условий, что снижает достоверность расчетов.

Поэтому можно констатировать, что существующие методики расчетов позволяют оценить только механизмы образования повреждений и не дают численных результатов.

### *Проблемы усиления кирпичных фасадов*

На сегодняшний день большинство усилений фасадов выполняется без проекта и предварительного обследования, в связи с чем устраняются последствия, а не причины повреждений.

Зачастую в гарантийный срок застройщик выполняет косметический ремонт дефектов (замазка трещин, локальная докомпановка и переборка кладки и так далее). Еще один распространенный вариант усиления – это стягивание углов наружными металлическими обоймами (рисунок 9). Ввиду температурных деформаций металлических полос данный способ усиления приводит к трещинообразованию и локальному раздроблению в местах анкеровки. Кроме того, такой вид усиления обладает явными недостатками с эстетической точки зрения, делая из красивого кирпичного здания «калеку».

**Рисунок 9 – Усиление угла здания металлическими обоймами. Красными квадратами отмечены места установки анкеров**

### *Проектирование усиления фасадов*

Несмотря на то, что внешне современные многоэтажные здания с кирпичными фасадами имеют схожие по внешнему виду повреждения, по нашему мнению, подход к усилению фасадов должен быть сугубо индивидуальным и обязательно состоять из трех этапов: сбор исходных данных, проектирование и только потом усиление. К сожалению, нельзя предложить универсальный способ усиления.

Безусловно, при проектировании усиления фасадов необходимо устранять причину повреждений, а одной из основных причин являются температурные воздействия. Для устранения температурных деформаций одним из способов снятия напряжений является прорезка деформационных швов. При поэтажном опирании формирование горизонтальных и вертикальных деформационных швов значительно проще реализуется по сравнению с другими типами конструктивных решений. Еще одним способом является закрытие фасада теплоизоляционным слоем, что также достаточно просто реализуемо при поэтажном опирании.

Как уже было сказано выше, наиболее дефектным является конструктивное решение с частичным поэтажным опиранием. При этом усиление зданий с таким конструктивным решением является наиболее сложной задачей.

При усилении фасадов такого типа в первую очередь необходимо вывести фасад из сложного напряженно-деформированного состояния. Это осуществимо посредством прорезки деформационных швов, но учитывая, что кладка имеет существенный эксцентриситет опирания, прорезка горизонтальных деформационных швов в уровне перекрытий приведет к опрокидыванию кладки. Для того чтобы избежать опрокидывания требуется формирование опоры под наружной верстой. Авторами предлагается конструктивное решение опорного узла, совмещенного с деформационным швом (рисунок 10). Техническое решение предполагает устройство анкерной опоры с распределяющей высокопрочной растворной подушкой, армированной синтетическими волокнами. Горизонтальный деформационный шов формируется с использованием демпферной прокладки из вспененного полиэтилена, с последующей заделкой фасадной мастикой. После завершения работ на лицевой поверхности ремонтного состава выполняется рустовка «под кирпич» с последующей окраской в цвет фасада.

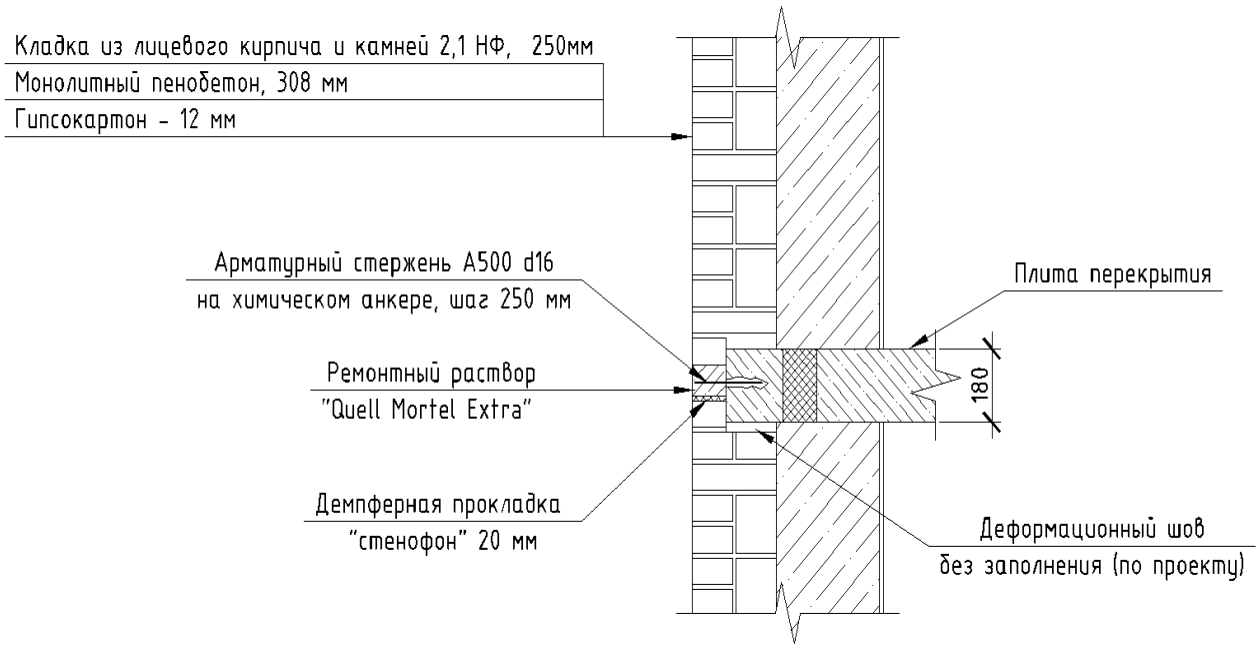


**Рисунок 10 – Узел опирания наружной версты кладки, совмещенный с деформационным швом**

Наработка базы узлов и технических решений по усилению кирпичных фасадов многоэтажных зданий позволит впоследствии комбинировать их в зависимости от конструктивного решения здания и значительно быстрее выполнять качественное проектирование и усиление.

При возникновении у читателя вопросов или предложений по рассматриваемой проблеме просим контактировать с авторами по адресу o.zis@mail.ru.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Вопросы качества и долговечности облицовки слоистых каменных стен // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2(20). С. 42-47.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2011.
3. Ищук М. К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки /Ищук М. К.. - Москва : РИФ "Стройматериалы", 2009. - 357 с. : ил., цв. ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 354-357 .
4. Гроздов В. Т. О недостатках существующих проектных решений наружных навесных стен в многоэтажных монолитных железобетонных зданиях // Сборник трудов конференции «Дефекты зданий и сооружений» / ВИТУ. СПб., 2006. С. 15-21.
5. Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С. Применение камней с высокой пустотностью в облицовочном слое многослойных стен // Инженерно-строительный журнал. 2013. №8(43). С. 14–23.

6. Орлович Р.Б., Деркач В.Н., Зимин С.С. Повреждение каменного лицевого слоя в зоне сопряжения с железобетонными перекрытиями // Инженерно-строительный журнал. 2015. №8(60). С. 30–37.
7. Орлович Р.Б., Рубцов Н.М., Зимин С.С. О работе анкеров в многослойных ограждающих конструкциях с наружным кирпичным слоем // Инженерно-строительный журнал. 2013. №1(36). С. 3-11.
8. Улыбин А.В., Ватин Н.И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №10(25). С. 134 – 146.

## RESEARCH EXPERIENCE AND SPECIFIC STRENGTHENING OF BRICK FACADES OF MODERN MULTI-STOREY BUILDINGS

**Fedotov Sergey Dmitrievich**[1]
Chief Engineer
Phone: +7 (911) 916-78-02, e-mail: sergey.d.fedotov@gmail.com
**Ulybin Aleksey Vladimirovich**[2]
PhD (Eng), CEO
Phone: +7 (921) 777-45-16, e-mail: ulybin@mail.ru
[1, 2] LLC «OZIS-Venture» (www.ozis-venture.ru), Saint-Petersburg

### ABSTRACT

The article describes the experience of a survey of brick facades of multistory buildings. The features of design solutions are observed. The article describes the problems that arise when designing, the survey and subsequent strengthening. Examples of constructive solutions designed by the authors are given.

*Keywords:* inspection of buildings, brickwork, destruction of facade, strengthening of facade.