

doi: 10.5862/MCE.60.5

Сопротивление ветровым воздействиям поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем

Wind load resistance of multilayer walls supported floor-by-floor with a facing layer

*Канд. техн. наук, заместитель директора
В.Н. Деркач,
Филиал РУП «Институт БелНИИС» – Научно-технический центр, г. Брест, Беларусь*

Ключевые слова: каркасные здания; многослойная стена; облицовочный слой; основной слой; расчетные модели; предельное состояние несущей способности

*V.N. Derkach,
Branch of RUE Institute BeINIIIS – Scientific-technical Centre, Brest, Belarus*

Key words: frame buildings; multilayer wall; cladding layer; core layer; calculation models; ultimate limit state

Аннотация. В статье приведена методика проверки предельного состояния несущей способности поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем при ветровых воздействиях. Выполнен анализ сопротивления конструкции многослойной стены ветровым воздействиям с учетом прочностных и деформационных характеристик облицовочного и основного слоев кладки, условий крепления стены к конструкциям каркаса. Показано, что использование каменных кладок с низким модулем деформаций для основного слоя многослойных стен с кирпичной облицовкой, а также отсутствие крепления основного слоя к опорному перекрытию приводят к увеличению изгибающих моментов в облицовочном слое. Установлено, что наступление предельного состояния несущей способности многослойной стены, основной слой которой выполнен из ячеистобетонных блоков толщиной 300 мм, определяется сопротивлением облицовочного слоя кладки ветровым воздействиям. Сформулированы предложения по проектированию поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем из кирпича.

Abstract. The article describes a method for checking the ultimate limit state of multilayer walls supported floor-by-floor with a facing layer under wind loads. We have conducted an analysis of the resistance of the multilayer wall structure to wind effects, taking into account the strength and deformation characteristics of the cladding and core layers, and the conditions for securing the masonry wall to the frame structure. It was shown that the use of a base layer for multilayer walls with brick veneer masonry with a low modulus of deformation, and the lack of consolidation of the base layer to the support increase the overlap of bending moments in the facing layer. It was found that the onset of the ultimate limit state of multilayer walls which base layer is made of 300 mm-thick porous concrete blocks is determined by the resistance of the masonry cladding layer to wind loads. Proposals for the design of multilayer walls with supported floor-by-floor with a facing layer of brick were formulated.

Введение

В практике современного домостроения широкое распространение получили многоэтажные здания с монолитным железобетонным каркасом, в которых наружные и внутренние стены возводят из мелкотучных кладочных изделий с опиранием на диски перекрытий в пределах каждого этажа. Наружные стены таких зданий часто возводят по технологии многослойной кладки с облицовочным слоем из керамического или силикатного кирпича. Последний крепится к основному слою стены с помощью гибких анкерных связей. Между основным и облицовочным слоями кладки располагается воздушный зазор и слой эффективной теплоизоляции. Указанные стены выгодно отличаются от однослойных по теплостойкости, акустическим свойствам, пожарной безопасности и долговечности.

В СССР конструктивное решение многослойных стен с наружной облицовкой кирпичом было разработано ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и представлено в рабочих чертежах серии 2.130-8 от 1988 г. (выпуски 0 и 1). В этой серии не было предусмотрено поэтажное опирание наружных стен, Деркач В.Н. Сопротивление ветровым воздействиям поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем

а высота зданий со стенами из облегченной кладки ограничивалась пятью этажами. Массовое строительство зданий с монолитным каркасом, начавшееся в середине 90-х годов прошлого столетия, потребовало новых, более эффективных с точки зрения теплопередачи и адаптированных к требованиям высотного строительства конструктивных решений стенового ограждения. При этом действующие нормы СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции» не содержали указаний по проектированию таких стен. По этой причине принимаемые проектные решения не были обоснованы не только экспериментальными исследованиями, но даже расчетами стенового ограждения. Последующая эксплуатация многоэтажных каркасных зданий с многослойными стенами в Москве, Санкт-Петербурге и ряде других городов показала, что во многих домах уже в первые 3–5 лет в облицовочном слое возникают повреждения, которые приводят к аварийному состоянию стенового ограждения [1–10].

В 2013 г. в Российской Федерации вышла актуализированная редакция СНиП II-22-81* – СП 15.13330.2012, в которой установлены правила проектирования многослойных стен с облицовочным слоем. В соответствии с данным документом при проектировании поэтажно опертых многослойных стен облицовочный слой кладки должен приниматься толщиной 250 мм, что приводит к существенному удорожанию стенового ограждения и увеличению нагрузок на конструкции каркаса. Данный норматив можно расценивать как запретительный для возведения поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем из кирпича.

В то же время в странах Центральной и Северной Европы многолетняя эксплуатация зданий с многослойными стенами с облицовочным слоем толщиной в полкирпича доказала их надежность, долговечность и, если принимать во внимание эксплуатационные затраты на здание, высокую экономическую эффективность. Правильно и качественно выполненные многослойные стены с облицовочным кирпичным слоем, в отличие от стен с отделкой штукатуркой или вентилируемых фасадных систем, практически не требуют ремонта в течение проектного срока эксплуатации здания. При этом в европейских нормах по проектированию каменных конструкций Еврокоде 6, в отличие от отечественных норм, содержатся конкретные указания по проектированию многослойных стен с воздушным вентилируемым зазором, разработана система стандартов, устанавливающих требования к применяемым материалам, вспомогательным изделиям и методам их испытаний [11–17].

Методика расчета многослойных стен на ветровые воздействия согласно Еврокоду 6

Облицовочный слой многослойных поэтажно опертых стен подвергается ветровым и температурно-влажностным воздействиям, а также влиянию собственного веса. Ветровые воздействия посредством анкерных связей передаются на основной слой кладки, который воспринимает дополнительно вертикальные воздействия от собственного веса и веса утеплителя.

Согласно Еврокоду 6, при ветровых горизонтальных воздействиях расчетные значения изгибающих моментов в многослойной стене допускается определять упрощенным методом, рассматривая стену как пластину, опертую по трем или четырем сторонам, изгибающие моменты в которой определяются с помощью таблиц. Эффективную толщину стены с воздушным зазором t_{ef} рассчитывают по формуле:

$$t_{\text{ef}} = \sqrt[3]{k_{\text{ef}} t_1^3 + t_2^3},$$

где t_1 , t_2 – фактическая толщина слоев или их эффективная толщина, если она определяющая, при этом t_1 – толщина облицовочного слоя, t_2 – толщина основного слоя;
 k_{ef} – коэффициент, равный частному при делении различных модулей упругости слоев t_1 и t_2 , но не более 2.

Если t_{ef} превышает 250 мм, в стене имеются проемы и ее форма отличается от прямоугольной, расчет стены рекомендуется выполнять методом конечных элементов (МКЭ) или методом предельного равновесия с учетом анизотропии механических характеристик каменной кладки. Следует отметить, что исследования, выполненные в филиале РУП «Институт БелНИИС» и СПбПУ Петра Великого [17], показали, что каменная кладка относится к материалам со слабо выраженной анизотропией деформационных характеристик, которую при расчете усилий и напряжений в кладке допускается не учитывать.

В расчетной модели многослойной стены, основанной на МКЭ, каменная кладка моделируется пластинчатыми конечными элементами (КЭ) с приведенной изгибной жесткостью (рисунок 1а).

Derkach V.N. Wind load resistance of multilayer walls supported floor-by-floor with a facing layer

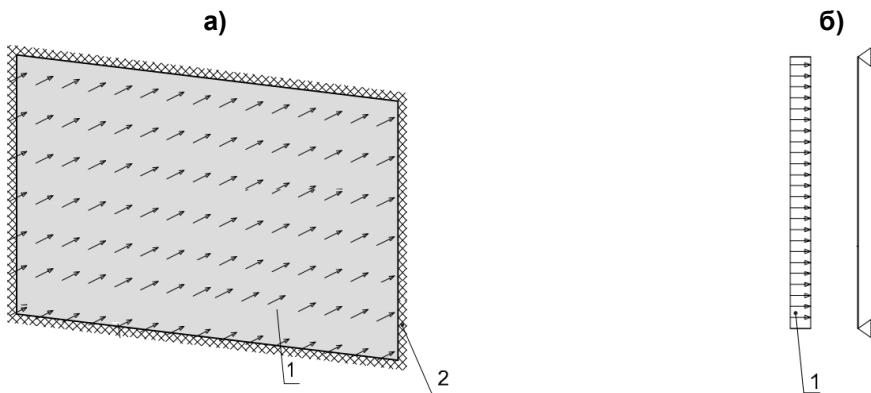


Рисунок 1. Расчетные модели стены: а) стена, опертая по трем или четырем сторонам; б) стена, опертая по верхней и нижней граням;

1 – ветровая нагрузка; 2 – закрепление грани стены из плоскости (свободная грань, жесткая заделка или точечное шарнирное опирание)

Опорные закрепления располагаются в местах установки связевых элементов. Когда основной слой многослойной стены соединен со стенами, загруженными вертикальной нагрузкой, то опору допускается рассматривать как сплошную. Если опирание основного слоя осуществляется только по верхней и нижней граням или его длина в два раза превышает высоту, то при статическом расчете основной слой можно рассматривать как однопролетную шарнирно опертую балку (рис. 1б).

На основании статических расчетов многослойной стены устанавливаются расчетные значения изгибающих моментов и опорных реакций. Полученные значения изгибающих моментов распределяются на два слоя стены пропорционально их изгибной жесткости.

Проверка предельного состояния несущей способности многослойной стены при действии ветровой нагрузки проводится отдельно для облицовочного и основного слоев из условия, по которому расчетные значения изгибающих моментов в слоях стены M_{Ed} не должны превышать расчетных значений сопротивления изгибу M_{Rd} .

Анализ сопротивления ветровым воздействиям многослойных стен с облицовочным слоем

Облицовочный слой многослойной стены обычно возводится из высокомарочного кирпича на прочном кладочном растворе. Секущий модуль упругости таких кладок $E_1 = 10000...12000$ МПа. Для кладки основного слоя в отечественной строительной практике, как правило, применяются кладочные изделия, обладающие низкой теплопроводностью. В странах СНГ чаще всего для этих целей используются ячеистобетонные блоки плотностью не выше 500 кг/м³, прочностью при сжатии $B1.5...2.0$ на стандартном или тонкослойном растворе. В этом случае кратковременный модуль упругости кладки основного слоя E_2 примерно в 10 раз ниже модуля упругости кладки облицовочного слоя E_1 [18]. По этой причине при толщине основного слоя $t_2 = 0.3$ м его изгибная жесткость всего в $1.5...1.6$ раза превышает показатели облицовочного слоя толщиной $t_1 = 0.12$ м. В соответствии с правилами проектирования Еврокода 6, изгибающие моменты, возникающие в многослойной стене от ветровых воздействий, распределяются по слоям кладки пропорционально их жесткости. Следовательно, расчетные значения изгибающих моментов, возникающих в облицовочном слое кладки $M_{Ed,1}$, будут в $1.5...1.6$ раза ниже, чем в основном слое $M_{Ed,2}$. Учитывая, что момент сопротивления основного слоя в 6.3 раза выше, чем облицовочного, расчетные значения растягивающих напряжений, действующих в облицовочном слое, примерно в 4 раза превышают напряжения в основном слое стены. При этом, согласно Еврокоду 6, отношение расчетных значений прочности на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению кладок облицовочного и основного слоев стены $f_{dk1,1} / f_{dk1,2} = 0.67$, а отношение расчетных значений прочности на растяжение при изгибе по перевязанному сечению $f_{dk2,1} / f_{dk2,2} = 1.3$. Отсюда следует, что наступление предельного состояния несущей способности многослойной стены определяется сопротивлением облицовочного слоя кладки ветровым воздействиям.

Величина изгибающих моментов, возникающих в облицовочном и основном слоях многослойной стены, зависит от способа ее сопряжения с конструкциями каркаса. Стена может соединяться с каркасом здания по двум сторонам (нижней и верхней или нижней и боковой), по

Деркач В.Н. Сопротивление ветровым воздействиям поэтажно опертых многослойных стен с облицовочным слоем

трем (с исключением опирания по верхней, нижней или боковой граням) или по четырем. Примеры конструктивных решений сопряжения каменного заполнения с каркасом приведены в работе [19].

Следует отметить, что в отечественной практике строительства сопряжение стен с каркасом с помощью анкерных связей чаще всего осуществляется по двум или трем сторонам (боковым и верхней). На нижнее перекрытие кладка опирается через слой прочного кладочного раствора, при этом предполагается, что силы трения, возникающие между стеной и плитой перекрытия, играют роль анкерных связей. Однако, как показывают исследования [20], даже незначительный прогиб перекрытия приводит к раскрытию шва между ним и кладкой стены, а контакт сохраняется на участках, равных примерно 1/100 длины стены. По этой причине нижнюю грань стены в расчетной модели следует принимать как свободную.

На рисунке 2 показаны палитры изгибающих моментов в стене высотой 2.8 м и длиной 6 м при расчетном значении ветрового воздействия 0.45 кН/м². Такая величина ветрового воздействия согласно ТКП ЕН 1991–1–4–2009 соответствует климатическому району г. Минска на уровне 30 м от поверхности земли.

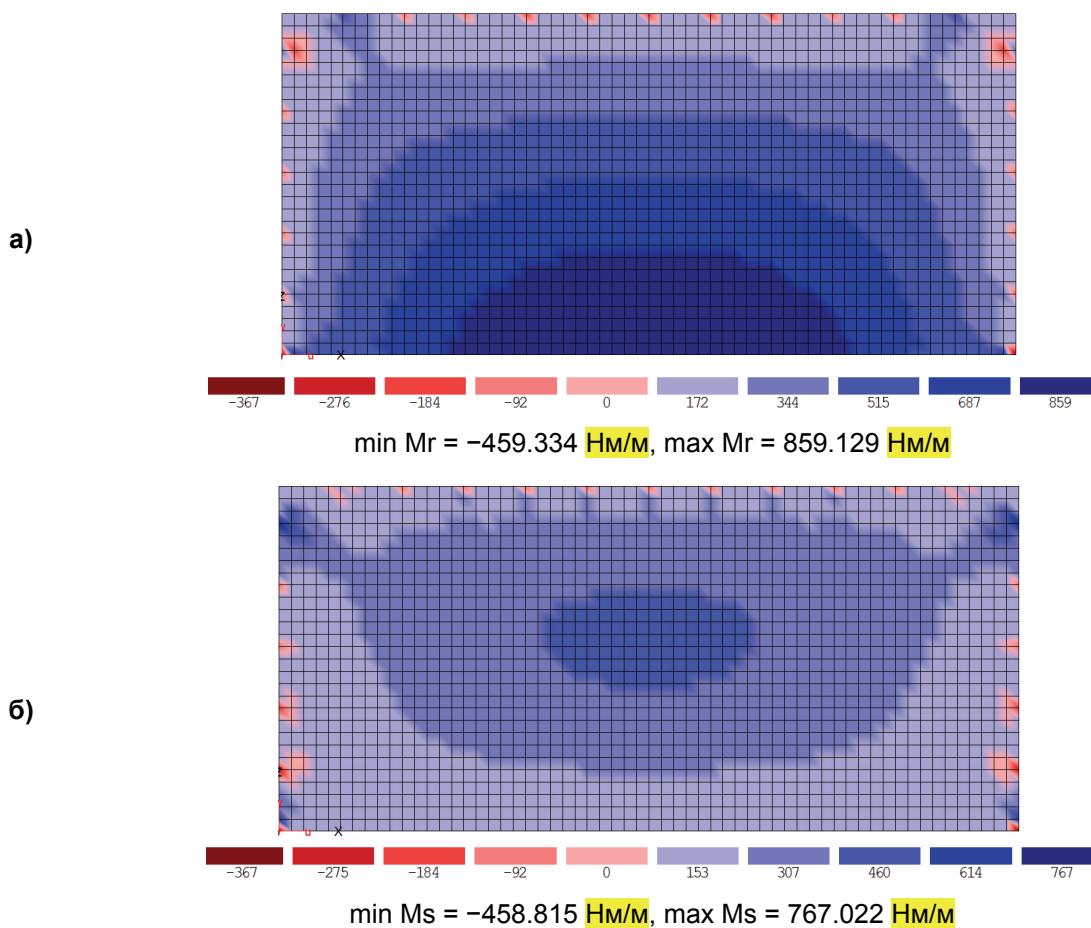


Рисунок 2 Расчетные значения изгибающих моментов в стене: а) по перевязанному сечению, б) по неперевязанному сечению

Пераспределив полученные значения изгибающих моментов по слоям кладки в соответствии с их изгибной жесткостью, получим следующие расчетные значения изгибающих моментов в облицовочном слое:

- по перевязанному сечению $M_{1Ed,1} = 0.36 \text{ кНм/м}$;
- по неперевязанному сечению $M_{1Ed,2} = 0.30 \text{ кНм/м}$.

Расчетные значения сопротивления облицовочного слоя ветровым воздействиям:

- по перевязанному сечению $M_{1Rd,1} = 0.55 \text{ кНм/м} > M_{1Ed,1} = 0.36 \text{ кНм/м}$;
- по неперевязанному сечению $M_{1Rd,2} = 0.144 \text{ кНм/м} < M_{1Ed,2} = 0.30 \text{ кНм/м}$.

Условие предельного состояния несущей способности облицовочного слоя по неперевязанному сечению – плоскость излома параллельна горизонтальным швам кладки – не выполняется. При этом, с позиции Еврокода 6, имеет место более чем двукратная перегрузка Derkach V.N. Wind load resistance of multilayer walls supported floor-by-floor with a facing layer

облицовочного слоя. Очевидно, что при двухстороннем сопряжении стены степень перегрузки будет еще выше.

Если расчетные значения ветрового воздействия принять согласно СНиП 2.03.01-84, а расчетные значения прочности на растяжение при изгибе кладки облицовочного слоя – согласно СНиП II-22-81, то условие предельного состояния несущей способности облицовочного слоя выполняется при расположении стены не выше 40 м от уровня земли. Следует отметить, что СНиП II-22-81 для самонесущих стен, связанных с каркасом и работающих на поперечный изгиб, устанавливает необходимость проверки только предельного состояния эксплуатационной пригодности по образованию и раскрытию трещин и по деформациям на воздействия нормативных нагрузок. Это свидетельствует о том, что европейские нормы, по сравнению с отечественными, более жестко регламентируют требования к проектированию многослойных стен с облицовочным слоем. По мнению автора, такой подход является оправданным, что подтверждается отрицательным отечественным опытом эксплуатации каркасных зданий с многослойными стенами с облицовочным слоем.

Необходимо отметить, что в ЕвроКоде 6 приводятся рекомендуемые значения прочностных характеристик каменных кладок. Так как подобные кладки возводятся из местных материалов, в каждой конкретной стране должна быть сформирована база прочностных и деформационных характеристик применяемых кладок, которые устанавливаются экспериментально в соответствии со стандартами серии EN 1052 и приводятся в национальном приложении к ЕвроКоду 6. Приведенные в национальном приложении данные могут заметно, в большую или меньшую сторону, отличаться от прочностных характеристик, рекомендуемых ЕвроКодом 6, что соответствующим образом отразится на расчетных значениях сопротивлений ветровым воздействиям многослойных стен с облицовкой.

Выводы

1. При проектировании поэтажно опретых многослойных стен с облицовочным слоем из кирпича следует стремиться к снижению соотношения модулей деформаций кладок облицовочного и основного слоев каменной кладки. Для кладки облицовочного слоя рекомендуется применять заводские сухие растворные смеси, позволяющие получать прочные растворные швы с низким модулем деформаций. Для основного слоя предпочтение следует отдавать кладкам из керамических кладочных изделий, включая поризованные, а также кладкам из силикатных или керамзитобетонных кладочных изделий. При проектировании основного слоя из ячеистобетонных блоков следует избегать технических решений с протяженными стенами $l/h > 1.5$ (l и h – длина и высота стены соответственно).

2. Раскрепление основного слоя кладки с конструкциями каркаса здания в обязательном порядке следует выполнять по всему периметру многослойной стены. К контролю качества выполнения сопряжений многослойной стены с конструкциями каркаса должны предъявляться повышенные требования.

3. Для разработки научно-обоснованного регламента на проектирование многослойных стен с кирпичной облицовкой необходимо проведение комплексных экспериментальных исследований прочностных и деформационных характеристик каменных кладок, а также вспомогательных изделий (анкерных связей, опорных кронштейнов, арматурных изделий), применяемых в отечественной строительной практике.

Литература

- Ищук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.
- Лобов О.И., Афаньев А.И. Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2008. №8. С. 48–52.
- Орлович Р.Б., Зимин С.С., Сазонов А.С. О работе облицовочного каменного слоя при силовых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2014. №1(51). С. 29–34.
- Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С. Применение камней с высокой пустотностью для облицовки многослойных стен // Инженерно-

References

- Ishchuk M.K. Otechestvennyy opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchennoy kladki [Domestic experience of erecting of buildings with outside walls made of lightweight masonry]. Moscow. RIF «Stroymaterialy». 2009. 360 p.(rus)
- Lobov O. I., Ananyev A.I. Dolgovechnost' naruzhnykh sten sovremennyykh mnogoetazhnykh zdaniy [Durability of modern multistorey building's exterior walls] *Housing Construction*. 2008. No. 8. Pp. 48–52. (rus)
- Orlovich R.B., Zimin S.S., Sazonov A.S. Primenenie kamney s vysokoy pustotnost'yu dlya oblitsovki mnogosloynykh sten [Application of stones with high voidage for multilayer wall covering] *Construction and Reconstruction*. 2014. No. 1(51). Pp. 29–34. (rus)

Деркач В.Н. Сопротивление ветровым воздействиям поэтажно опретых многослойных стен с облицовочным слоем

- строительный журнал. 2013. №8. С. 14–23.
5. Гроздов В.Т. О недостатках существующих проектных решений наружных навесных стен в многоэтажных монолитных железобетонных зданиях // Труды ВИТУ «Дефекты зданий и сооружений». Санкт-Петербург. 2006. С. 15–21.
 6. Огородник В.М., Огородник Ю.В. Некоторые проблемы обследования зданий с отделкой лицевым кирпичом в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7. С. 10–13.
 7. Drobiec L. Przyczyny uszkodzen murow // XXII Ogólnopolska konferencja warsztat pracy projektanta konstrukcji. Szczyrk. 2007. Pp. 105–146.
 8. Schubert P. Beitragsserie: Schadenfreies bauen mit Mauerwerk. Thema 2: Innen // Das Mauerwerk. 2001. №4. Pp. 142–144.
 9. Schubert P. Beitragsserie: Schadenfreies bauen mit Mauerwerk. Thema 1: Zweischalige Außen-wende – Risse durch zu große Verformungsunterschiede in horizontaler Richtung // Das Mauerwerk. 2001. №1. Pp. 35–38.
 10. Beasley K.J. Masonry Facade Stress Failures // The Construction specifier. 1998. Vol.51. №2. Pp. 25–28.
 11. Jordahl® Sistem zamocowania murow licowych. 2011. 49 p.
 12. Schubert P. Zweischalige Außenwände nach DIN 1053-1. Konstruktion. Baustoffe // Das Mauerwerk. 2003. №6. Pp. 190–196.
 13. Schubert P. Zweischalige Außenwände nach DIN 1053-1-Dehnungsfugen in der Außenschale (Vorblendschale) // Das Mauerwerk-2003. №6. Pp. 202–204.
 14. Altaha N. Zweischalige Außenwände: Kommentar zur DIN 18195 Beiblatt 1 // Das Mauerwerk (16). 2012. №6. Pp. 293–296.
 15. Kawalek W. Projektowanie fasady z cegły klinkerowej // Przegląd budowlany. 2009. №9. Pp. 20–21.
 16. Jager W., Thime M. Bemessung von horizontal beanspruchten Mauerwerk nach EN 1996-1-1 mit Hilte modifizierten Momentenverteilungszahlen // Das Mauerwerk. 2005. №1. Pp. 8–13.
 17. Ткачик П.П. Каменные конструкции из силикатных изделий. Проектирование, конструктивные решения, производство работ. Минск: Стринко, 2012. 378 с.
 18. Деркач В.Н. Деформационные характеристики каменной кладки в условиях плоского напряженного состояния // Строительство и реконструкция. 2012. №2(40). С. 3–11.
 19. Деркач В.Н. Сопряжение каменного заполнения каркасных зданий с конструкциями каркаса // Архитектура и строительство. 2015. №1. С. 14–16.
 20. Деркач В.Н. Исследования напряженно-деформированного состояния каменных перегородок при прогибе перекрытия // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №6. С. 62–66.
 4. Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Zimin S.S. Primeneniye kamney s vysokoy pustotnostyu v oblitsovochnom sloye mnogosloynykh sten [Application of stones of high voidage in the facing layer of the multilayer walls]. Magazine of Civil Engineering. 2013. No. 8. Pp. 14–23.
 5. Grozdov V.T. O nedostatkakh sushchestvuyushchikh projektnykh resheniy naruzhnykh navesnykh sten v mnogoetazhnykh monolithnykh zhelezobetonnykh zdaniyakh [About defects of legacy design decisions for exterior hinged walls in multistorey monolithic reinforced concrete building]. Trudy VITU «Defekty zdaniy i sooruzheniy». St. Petersburg. 2006. Pp. 15–21.(rus)
 6. Ogorodnik V.M., Ogorodnik Yu.V. Nekotorye problemy obsledovaniya zdaniy s otdelkoj litsevym kirkpichom v Sankt-Peterburge [Several problems in survey of buildings finished with face brick in Saint Petersburg]. Magazine of Civil Engineering. 2010. No. 7. Pp. 10–13. (rus)
 7. Drobiec L. Przyczyny uszkodzen murow. XXII Ogólnopolska konferencja warsztat pracy projektanta konstrukcji. Szczyrk. 2007. Pp. 105–146.
 8. Schubert P. Beitragsserie: Schadenfreies bauen mit Mauerwerk. Thema 2: Innen. Das Mauerwerk. 2001. No. 4. Pp. 142–144.
 9. Schubert P. Beitragsserie: Schadenfreies bauen mit Mauerwerk. Thema 1: Zweischalige Außen-wende – Risse durch zu große Verformungsunterschiede in horizontaler Richtung. Das Mauerwerk. 2001. No. 1. Pp. 35–38.
 10. Beasley K.J. Masonry Facade Stress Failures. The Construction specifier. 1998. Vol.51. No. 2. Pp. 25–28.
 11. Jordahl® Sistem zamocowania murow licowych. 2011. 49 p.
 12. Schubert R. Zweischalige Außenwände nach DIN 1053-1. Konstruktion. Baustoffe. Das Mauerwerk. 2003. №6. Pp. 190–196.
 13. Schubert R. Zweischalige Außenwände nach DIN 1053-1-Dehnungsfugen in der Außenschale (Vorblendschale). Das Mauerwerk. 2003. №6. Pp. 202–204.
 14. Altaha N. Zweischalige Außenwände: Kommentar zur DIN 18195 Beiblatt 1. Das Mauerwerk. 2012. №6. Pp. 293–296.
 15. Kawalek W. Projektowanie fasady z cegły klinkerowej. Przegląd budowlany. 2009. №9. Pp. 20–21.
 16. Jager W., Thime M. Bemessung von horizontal beanspruchten Mauerwerk nach EN 1996-1-1 mit Hilte modifizierten Momentenverteilungszahlen. Das Mauerwerk. 2005. №1. Pp. 8–13.
 17. Tkachik P.P. Kamennyye konstruktsii iz silikatnykh izdeliy. Projektirovaniye, konstruktivnyye resheniya, proizvodstvo rabot.[The stone structure of silicate products. Design, designs, manufacturing operations]. Minsk. Strinko. 2012. 378 p.(rus)
 18. Derkach V.N. Deformatsionnye kharakteristiki kamennoy kladki v usloviyakh ploskogo napryazhennogo sostoyaniya [Deformative characteristics of stone masonry in plane stress conditions]. Construction and Reconstruction. Orel. Orel State Technical University. 2012. No. 2(40). Pp. 3–11.(rus)
 19. Derkach V.N. Sopryazhenie kamennogo zapolneniya karkasnykh zdaniy s konstruktsiyami karkasa [Connection of skeleton-type building stone filling with construction of framework]. Architecture and Construction. 2015. No. 1. Pp. 14–16. (rus)
 20. Derkach V.N. Issledovaniya napryazhенно-deformirovannogo sostoyaniya kamennyykh peregorodok pri progibe perekrytiya [Study of stone partition's deflected mode in the moment of floor deflection]. Industrial and Civil Construction. 2013. No. 6. Pp. 62–66.(rus)

Валерий Николаевич Деркач,
+375-296-411962; эл. почта: v-derkatch@yandex.ru

Valery Derkach,
+375-296-411962; v-derkatch@yandex.ru

© Деркач В.Н., 2015