

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 693.22

**ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ АРМИРОВАНИЯ
КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В СООТВЕТСТВИИ С ЕВРОКОДОМ 6**

ДЕРКАЧ В.Н.

Филиал РУП «Институт БелНИИС» НТЦ
Брест, Беларусь

Целью армирования каменной кладки является восприятие возникающих в ней растягивающих напряжений, «разгрузка» последних и «сглаживание» деформаций в зонах концентрации напряжений.

В соответствии с Еврокодом 6 (ЕС6) различают продольное армирование в виде стержней, устанавливаемых вертикально с наружи кладки либо внутри ее и поперечное армирование, укладываемое в горизонтальных швах кладки.

Продольное армирование способствует повышению несущей способности стен и столбов при их изгибе и внецентренном сжатии. Такое армирование весьма трудоемко и обычно используется при строительстве в районах с высокой сейсмичностью. Его альтернативой является поверхностное армирование стен сетками из композитных материалов, которое в последнее время получило широкое распространение в странах Европы и Северной Америки.

Следует отметить, что ЕС6 устанавливает требования только к металлической арматуре, изготовленной из обычной или нержавеющей

ющей стали и не распространяются на армирование каменных конструкций композитными материалами. Применяемая для армирования каменной кладки сталь назначается в зависимости от класса окружающей среды, в которой эксплуатируется конструкция, материала, в котором уложено арматурное изделие (раствор, бетон) и минимальной толщины защитного слоя бетона.

Армирование горизонтальных растворных швов каменных кладок применяется с целью:

а) повышение несущей способности каменных конструкций:

- элементов изгибаемых в своей плоскости (перемычки, балки –стенки);
- элементов изгибаемых из плоскости (наружные стены, подпорные стенки);
- элементов подверженных усилиям среза (диафрагмы жесткости);

б) анкеровки слоев каменной кладки или соединения поперечных и продольных стен;

в) повышения трещиностойкости кладки при воздействиях вызванных температурой, усадкой или набуханием кладочных материалов;

г) предотвращения образования трещин или ограничения ширины их раскрытия в зонах концентрации напряжений (углы оконных или дверных проемов, стены или перегородки, опирающиеся на гибкие диски перекрытий, зоны передачи сосредоточенных нагрузок и т.д.).

В отличие от СНиП II–22–81* в ЕС6 отсутствуют указания по расчету сжатых элементов каменных конструкций армированных в горизонтальных швах кладки.

Согласно принципам Еврокода 6 для армирования горизонтальных швов каменной кладки применяются отдельные арматурные стержни, требования к которым изложены в Еврокоде 2 и арматурные изделия (сетки), требования к которым установлены в EN 845–3. Арматурные сетки подразделяются на:

- сварные сетки из стальной проволоки, состоящие из продольных стержней, сваренных с поперечными стержнями (сетка решетчатого типа (Рисунок 1а)) или с непрерывно расположенными под углом стержнями (сетка зигзагообразного типа (Рисунок 1б));

- плетеные стальные сетки, изготавливаемые посредством поочередного обвивания поперечными проволочными стержнями продольных стержней (рис. 1в);
- просечно-вытяжные сетки, получаемые посредством вытяжки листовой стали, в которой предварительно в определенном порядке выполнены прорези (Рисунок 1г).

В отличие от арматурных стержней, приведенные на рисунке 1 арматурные изделия характеризуются определенными параметрами, устанавливаемыми в соответствии с требованиями стандартов EN 846. К данным параметрам относятся:

- прочность сцепления сеток с кладочным раствором (EN 846-2);
- прочность на сдвиг сварных соединений (EN 846-3).

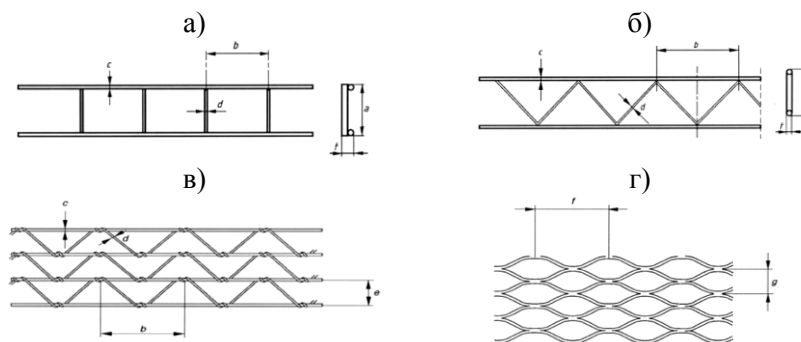


Рисунок 1. Примеры арматурных изделий применяемых для армирования горизонтальных швов каменной кладки: а, б – сварные сетки, в – плетенная сетка, г – просечно-вытяжная сетка

Если горизонтальные швы каменной кладки, армируются с целью повышения несущей способности конструкции, то в этом случае применяются арматурные изделия, представляющие собой сварные сетки из стальных стержней, в соответствии с рисунком 1 а или 1б. Диаметр продольных стержней в сетках должен составлять не менее 3,0 мм.

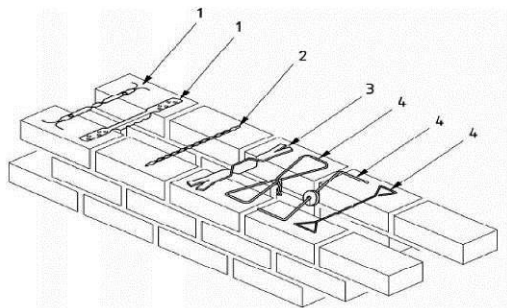
Когда арматурное изделие применяется для конструктивного армирования, то оно может соответствовать любому типу сетки, показанной на рисунке 1. При этом диаметр продольных стержней сварных или плетеных стальных сеток должен составлять не менее

1,25 мм, а количество витков поперечной проволоки вокруг продольных стержней в стальной плетеной сетке должно быть не менее 1,5.

Минимальное количество конструктивной арматуры устанавливаемой с целью предотвращения образования трещин или ограничения их ширины, а также увеличения расстояния между деформационными швами должно составлять $\rho=0.0003$ общей площади поперечного сечения стены. Если конструктивная арматура устанавливается перпендикулярно основной арматуре в двухслойной стене с заполненным раствором или бетоном пространством между слоями, то ее минимальное количество должно составлять $\rho=0.0005$ площади поперечного сечения стены, определяемой, как произведение общей ширины стены на эффективную высоту.

Минимальное количество расчетной арматуры определяется из условий:

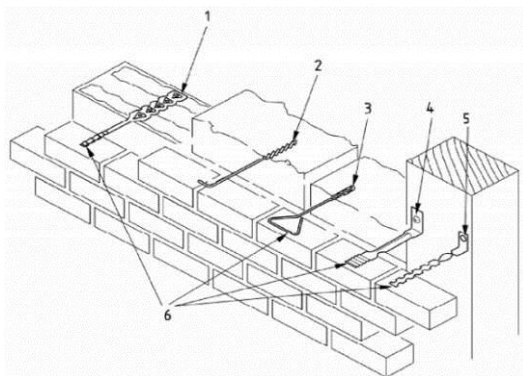
- $\rho=0.0005$ эффективной площади поперечного сечения кладки, если целью армирования является повышение ее несущей способности;
- $\rho=0.0003$ общей площади поперечного сечения стены (т.е. 0.00015 по растянутой и сжатой граням), если целью армирования является повышение несущей способности стены при действии горизонтальной нагрузки;
- $\rho=0.0005$ площади поперечного сечения стены, определяемой как произведение ширины сечения стены на эффективную высоту, если армирование расположено в конструктивных элементах, в которых требуется установка арматуры работающей на сдвиг.



1 – анкерные пластины (из тонколистового металла); 2 – спиральный анкер;
3 – анкерные пластины (из толстолистового металла); 4 – проволочный анкер

Рисунок 2. Примеры симметричных анкерных связей

Стандарт EN 845–3 запрещает применение показанных на рисунке 1 изделий в качестве гибких анкеров, соединяющих слои кладки через воздушную прослойку. Для этой цели служат анкерные связи, требования к которым установлены стандартом EN 845–1. Различают симметричные (Рисунок 2) и несимметричные (Рисунок 3.) анкерные связи.



1 – анкер, закрепленный в растворном шве (передний участок анкера – в обычном растворном шве, задний участок анкера – в тонком растворном шве); 2 – винтовое крепление; 3 – крепление с помощью раствора на основе синтетических смол; 4 – анкер, привинченный к деревянному элементу каркаса шурупом; 5 – анкер, закрепленный к деревянному элементу каркаса гвоздем; 6 – кладочные изделия наружного слоя

Рисунок 3. Примеры несимметричных анкерных связей

В последнее время за рубежом ведутся обширные экспериментально–теоретические работы по применению для армирования горизонтальных швов каменных кладок отличных от указанных в EN 845–3 арматурных изделий. Это касается, прежде всего, различного типа стальных сеток с малыми диаметрами стержней до 1.5 мм и размером ячеек от 12x12 мм до 50x50 мм. Исследования показали, что эффект увеличения несущей способности конструкции при армировании указанными сетками был значительно более высоким, чем при армировании сетками согласно EN 845–3.

Кроме стальных сеток за рубежом широкое распространение получило неметаллическое армирование горизонтальных растворных швов изделиями из высокопрочных стеклянных или углеродных волокон поставляемых в виде сеток или матов (Рисунок 4а). Применяется также неметаллическое армирование сетками форма и раз-

меры, которых соответствуют металлическим сеткам согласно EN 845–3 (Рисунок 2б) [1].

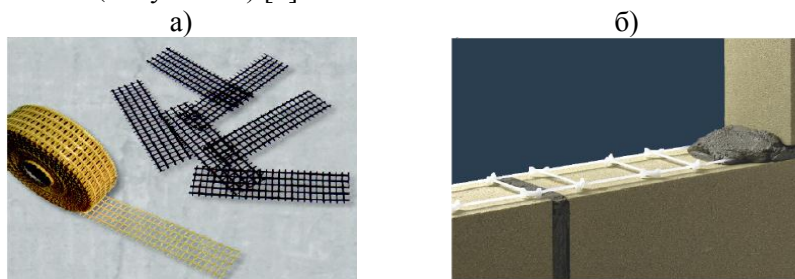
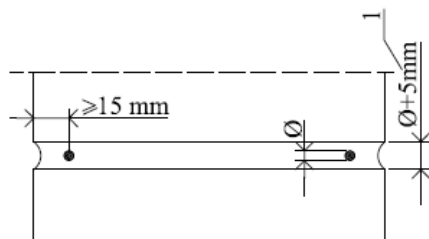


Рисунок 4. Примеры неметаллического армирования горизонтальных швов каменной кладки: а– сетки из стеклянных и углеродных волокон, б– неметаллическая сетка типа «лесенка» [1]

Размещение арматуры в горизонтальных растворных швах связано с дополнительной трудоёмкостью при возведении каменной кладки и практически невозможным контролем качества армирования. Кроме того не всегда такое армирование может быть эффективным, особенно в случаях работы каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния. В этом случае повышение трещиностойкости и прочности кладок возможно за счет армирования поверхности стен с помощью сеток из композитных материалов: углеродных волокон (CRFP), стеклопластика (GRFP) или арамидных волокон (ARFP) [2]. По этой технологии увлажненная поверхность кладки покрывается 3–миллиметровым слоем раствора из неорганических минеральных материалов с модифицированными полимерными добавками, в который утапливается армирующая сетка из композитных материалов. Затем наносят защитный штукатурный слой толщиной 8–10 мм, и уже его поверхность подвергается финишной обработке. Указанное армирование успешно применяется в случае необходимости повышения несущей способности существующих конструкций.

Защитный слой раствора должен не только защищать арматуру от коррозии, но и обеспечивать ее достаточное сцепление. В ЕС6 установлено, что защитный слой раствора, т.е. расстояние между арматурой и поверхностью каменной кладки должен составлять не менее 15мм. При этом толщина защитного слоя выше и ниже арматуры принимается такой, что бы толщина шва превышала диаметр

арматуры не менее чем на 5мм (рис.5). Толщина растворных швов из раствора общего назначения и легкого раствора не должна превышать 15мм.



1—для стандартного и легкого раствора
Рисунок 5. Защитный слой раствора согласно ЕС 6

В случае размещения арматуры в углублениях, которые могут быть предусмотрены в кладочных изделиях или выполняются в построечных условиях, минимальный защитный слой раствора может быть обеспечен при более тонких швах. В этом случае армирование кладки выполняется отдельными стержнями (рис.6).

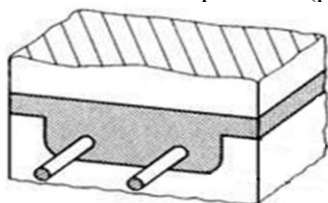


Рисунок 6. Пример размещения арматуры в углублениях кладочного изделия

Данный способ армирования получил широкое распространение в странах Европы при возведении стен из мелкогазобетонных блоков на клеевых растворных швах. По своей однородности такие кладки приближаются к монолитным неармированным бетонным стенам, в связи, с чем обладают пониженной трещиностойкостью.

Решение этой проблемы достигается путем контурного армирования кладки стен. Для армирования используется стальная арматура диаметром 8 мм, которую сгибают по месту, с помощью специального инструмента или ручных приспособлений. Арматурные стержни вдавливаются в прорезанные в кладке с помощью электрического штробореза канавки, заполненные клеем. При этом клей

должен полностью покрывать арматуру, которая располагается на расстоянии не менее 60 мм от внешней поверхности блока.

Следует отметить, что в ЕС6 отсутствуют указания по армированию тонкослойных швов кладки арматурными сетками. Такие указания можно найти у производителей арматурных изделий предназначенных для тонкослойных кладочных швов. На рисунке 7 показан пример размещения сеток армирования в тонкослойных швах согласно рекомендациям «ВЕКАЕРТ» [2].

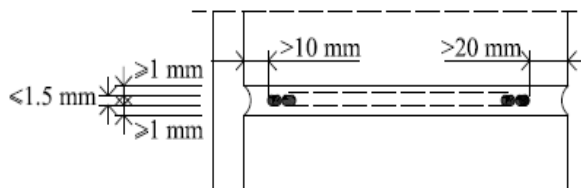


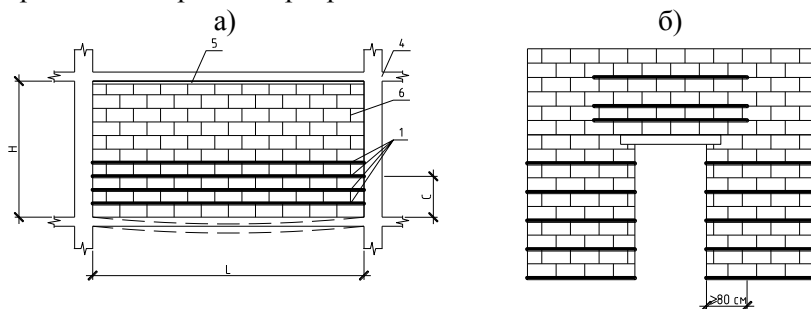
Рисунок 7. Защитный слой раствора для тонкослойных швов [2]

Если просуммировать приведенные на рисунке 7 толщины защитных слоев и диаметр арматуры, то толщина тонкослойного шва составит 3.5мм. В ЕС 6 максимальная толщина тонкослойных швов принята 3мм, что на 0.5мм меньше рекомендуемой [2]. В связи с этим во многих странах участниках СЕН не применяются армированные сетками кладки на тонкослойных швах, несмотря на то, что исследования показывают положительную роль такого армирования, которое увеличивает не только трещиностойкость, но и прочность кладок.

В отличие от СНиП II–22–81* в ЕС6 содержатся подробные требования, касающиеся антикоррозионной защиты арматурных изделий. Согласно данным требованиям при проектировании каменных конструкций должны учитываться условия, в которых будет находиться конструкция в процессе эксплуатации. В соответствии с ЕС 6 армирование кладки наружных стен преимущественно должно выполняться сетками из нержавеющей стали или из покрытой цинком (60 г/м^2) стальной проволоки с нанесенным органическим покрытием всех наружных поверхностей готового изделия.

Применение того или иного вида арматуры способ ее расстановки (расположения) зависит от множества факторов и прежде всего вида напряженного состояния и ожидаемой морфологии трещин в конструкции. В ЕС6 отсутствуют сведения о расстановке арматур-

ных изделий предназначенных для армирования горизонтальных швов кладки. Такую информацию обычно дают их производители. На рисунке 8 показан пример армирования каменных перегородок для предотвращения трещинообразования в кладке, вызываемого прогибом опорного перекрытия.



1 – горизонтальная арматура, 4 – железобетонный каркас,
5 – деформационный шов между перегородкой и перекрытием, 6 – перегородка

Рисунок 8. Способы армирования не несущих каменных перегородок:
а)– сплошных, б)– с дверным проемом

Высота зоны армирования перегородки в соответствии с [3] должна быть не менее $C = 0,5L$ либо половины эффективной высоты сечения стены как армированного изгибаемого элемента. Такое армирование также замедляет развитие косых трещин в крайних участках перегородок. Способ армирования перегородок с дверными проемами показан на рисунке 8б. Арматура размещается над перемычкой, препятствуя образованию косых трещин в углах дверных проемов и в простенках, где также могут появиться косые трещины [4]. Следует отметить, что морфология трещин зависит от множества факторов: соотношения размеров перегородок L/H , размеров и расположения дверных проемов, соотношения изгибных жесткостей перегородки и перекрытия и т.д [3].

Весьма чувствительными к трещинообразованию в современных каменных стенах являются участки с концентрацией напряжений. Это, прежде всего угловые зоны оконных проемов (рисунок 9а), междуоконные пояса при опирании на них узких простенков (рисунок 9б), участки стен с перепадами высот (рисунок 9в). Обычно арматуру располагают в таких зонах в соответствии с распределением

силовых потоков, увеличивая расстояние между ее рядами по мере удаления от зоны концентрации напряжений (рисунк 9 б, в).

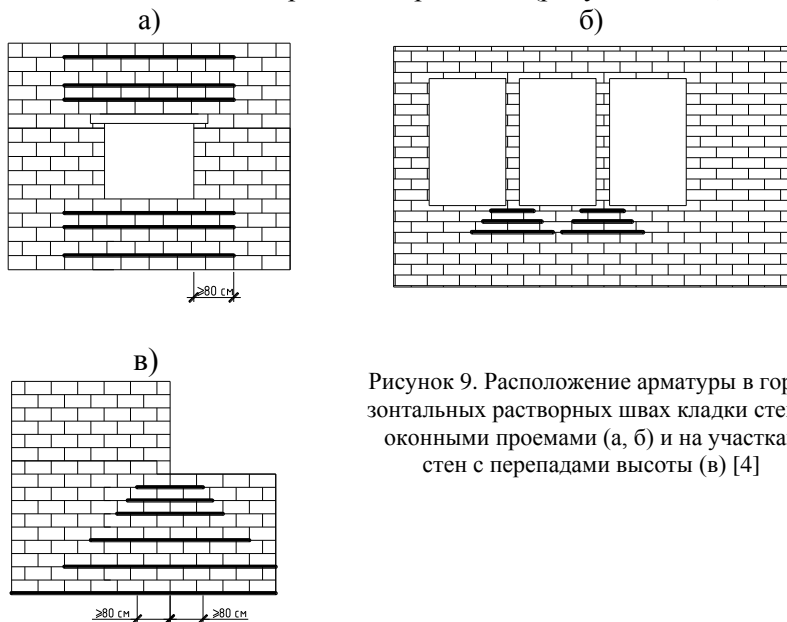


Рисунок 9. Расположение арматуры в горизонтальных растворных швах кладки стен с оконными проемами (а, б) и на участках стен с перепадами высоты (в) [4]

Несмотря на имеющийся практический опыт и многочисленные экспериментально–теоретические исследования в ЕСб, равно как и отечественной нормативной литературе, приводятся весьма ограниченные данные относительно методов расчета каменных конструкций, которые армируются вышеперечисленными способами. Известные расчетные модели армированных каменных конструкций, построенные по аналогии с железобетонными (на основе статического равновесия внешних и внутренних сил в расчетных сечениях), позволяют получить относительно хорошую сходимость с опытами лишь для простейших случаев, например, изгибаемых элементов. В более сложных ситуациях, например, в случае армирования участков каменных стен, работающих в условиях сложного НДС, практические методы расчета отсутствуют вообще. Учитывая сложный характер совместной работы арматуры с каменной кладкой, обладающей неоднородной структурой и анизотропными свойствами, построение универсальных инженерных методов расчета армокаменных конструкций является проблематичным. В данном случае

для оценки НДС каменной кладки можно использовать численные расчеты, в основу которых положен метод конечных элементов. В то же время оценка трещиностойкости и прочности кладки в условиях сложного НДС выполняется с применением соответствующих критериев прочности, применение которых в отечественной практике возможно лишь при наличии входных данных, отражающих прочностные характеристики конкретных видов каменной кладки при одноосных нагружениях. Указанные характеристики могут быть получены только экспериментальным путем.

Сложность решения поставленных задач заключается в том, что каменная кладка является анизотропным материалом с широким диапазоном прочностных и деформационных свойств. В отличие от бетона или стали, имеющих относительно стабильные свойства независимо от региона, в котором они произведены, механические характеристики каменной кладки изменяются значительно в зависимости от местных составляющих материалов (кладочных камней и раствора), а также качества выполнения работ. Этим определяется необходимость проведения большого объема экспериментальных исследований для получения статистических данных по прочностным и деформационным характеристикам каменных кладок не только в направлении главных осей анизотропии, совпадающих с направлением растворных швов, но и под различными к ним углами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kubica J. Murowe konstrukcje zbrojone – podstawy projektowania //XXVI Ogólnopolskie warsztaty Pracy projektanta konstrukcji.–Szczyrk, 2011.–S. 49–90.
2. BEKAERT. Brickforce® Engineers guide and load tables, 2010.–28p.
3. Деркач В.Н. О морфологии трещин, возникающих во внутренних перегородках современных зданий// Вестник Брестского государственного технического университета – Строительство и архитектура.– 2010.–№1.–С.43–45.