

АРМИРОВАНИЕ КЛАДКИ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, исполнительный директор НААГ, эксперт по технической политике филиала ООО «ЛСР» – «Стеновые»

Автором статьи рассмотрена история армирования каменной кладки, в т.ч. выполненной с тонким клеевым швом кладки из газобетонных блоков, с учетом требований по трещиностойкости, а также актуальные научно-практические данные по этому вопросу.

Армирование каменной кладки как системное мероприятие появилось в позднем Средневековье. Оно было введено в практику для восприятия распора сводчатых конструкций. Армирование частично заменило контрфорсы и расширило архитектурные возможности зодчих. Сопротивление силовым воздействиям, вызываемым весом конструкций и нагрузками, оставалось единственной функцией армирования кладки до XX века.

К 1930 г. эмпирический опыт предшествующих столетий был в основном обобщен и дополнен обширной экспериментальной работой по выявлению прочностных и деформативных характеристик кладок различных типов из различных материалов. Тогда же были закреплены основные расчетные положения для проектирования каменных конструкций [1].

Развитие строительных технологий неуклонно повышало требовательность заказчиков к качеству строительства при снижающейся материалоемкости. Развитие цементной промышленности повлекло массовый переход на цементно-песчаные кладочные растворы. В результате снизилась способность кладок к пластическим деформациям нижних слоев по мере их нагружения. Широко распространились облегченные относительно полнотелого кирпича материалы. При этом требовательность к трещиностойкости кладок не понизилась. В результате распространения облегченных кладок на жестких растворах нормой стало армирование кладки из мелкоштучных материалов сварными сетками.

Однако до конца 1980-х кладка из ячеистобетонных блоков в типовом проектировании продолжала использоваться в неармированном виде. Отсутствуют указания по армированию и в «Рекомендациях по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов», разработанных ЦНИИСК им. Кучеренко в 1986 г. [2]. Нерациональным армирование кладки из блоков продолжают считать и в Центре ячеистых бетонов [3].

Тем не менее армирование кладки из газобетонных блоков, выполненной с тонким клеевым швом, постепенно становится нормой. Армирование подоконных зон, армирование протяженных конструкций, замкнутое армиро-

вание в составе монолитных железобетонных элементов, устраиваемых в уровне перекрытия или вдоль фронтонов и по верхнему обрезу кладки, – проектные решения разнообразны и далеко не всегда могут быть обоснованы расчетными положениями или адекватным эмпирическим опытом. Поэтому вопрос назначения армирования требует обобщающего рассмотрения.

История существующей практики – рекомендации производителей

Во второй половине 1990-х в России появились блоки из автоклавного газобетона, пригодные для применения в кладках с тонким клеевым швом [4]. Кладка на клей, несмотря на ее упоминание в позднесоветской технической литературе [2, 5], являлась экзотической для большинства строителей. Поэтому рекомендации по ведению такой кладки российские участники строительного процесса заимствовали из зарубежной технической литературы. Технические рекомендации, внедряемые в отечественную практику, были основаны прежде всего на наработках фирм Hebel и Ytong [6, 7] и на аналогичных материалах финской компании Siporex.

Рекомендации Siporex в части армирования кладки основаны на нормах каменной кладки Финляндии (FN В-5-95), общих для всех штучных кладочных материалов (рис. 1). Эти рекомендации учитывают температурные деформации минеральных материалов в условиях суровых по европейским меркам зим. Нормами описывается комплекс мер (устройство температурных швов в зависимости от характеристик материала, армирование для восприятия температурно-усадочных напряжений), позволяющий полностью исключить раскрытие температурно-усадочных трещин и трещин, возникающих в растянутых зонах кладки. В общем случае в соответствии с FN В-5-95 армируется вся кладка с шагом до 1000 мм по высоте и дополнительно под- и надпроемные участки, а также расчетно-растянутые зоны в кладке. Рекомендации, содержащиеся в информационной и технической литературе, распространяемой компанией Siporex, появились в России стихийно с началом ввоза продукции фирмы, затем были реимпортированы компанией Аегос через эстонское подразделение. С открытием в России завода компании Н+Н, структурным подразделением которой является Siporex, рекомендации по контурному армированию, основанные на стандарте В-5, были окончательно прописаны в технических материалах, распространяемых на территории России.

Рекомендации по армированию кладки, основанные на германской практике строительства и обобщенные в [6, 7], и рекомендации, адаптированные к польской нормативной базе [8], опираются на опыт применения каменных материалов в климатических условиях с изотермой января 0...-4°С. Актуальные рекомендации издаются компанией Xella, владеющей торговыми марками Nebel и Ytong, и не содержат армирования кладки, аналогичного регулярному армированию кладочной сеткой. Единственным армируемым участком кладки является подоконная зона (рис. 2). При этом большое внимание уделяется монолитным железобетонным элементам, располагаемым в основании кладки, в уровне каждого перекрытия и в уровне верхнего обреза кладки. Даются указания по устройству деформационных швов, но армирование как способ увеличить расстояние между деформационными швами не рассматривается.

По сути, мы обнаруживаем тождество подходов к армированию кладки из газобетонных блоков, сформированных в Германии, Польше и Финляндии в части, касающейся восприятия силовых воздействий. Подходы имеют единственное расхождение, касающееся назначения армирования, призванного воспринимать температурно-усадочные напряжения.

Третьим источником информации о способах армирования кладки стали технические решения, разработанные в РУП «Институт БелНИИС». Активная адаптация зарубежного опыта строительства из газобетонных блоков, которая велась в Белоруссии с конца 1990-х годов, оформилась в лаконичные правила, сформулированные в разделе 4.1.2.1 монографии [9] и оформленные, например, в альбоме Б2-000-3.07.0, разработанном БелНИИС (рис. 3).

Учет температурных и усадочных деформаций в отечественных нормах проектирования – эволюция подхода

Во всех редакциях СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» начиная с 1954 г. присутствует раздел «Деформационные швы». Деформационные швы по назначению классифицируются в первых редакциях (1954 г, 1962 г) на температурные и осадочные, затем (с 1971 г.) – на температурно-усадочные и осадочные. Проследим эволюцию этого раздела.

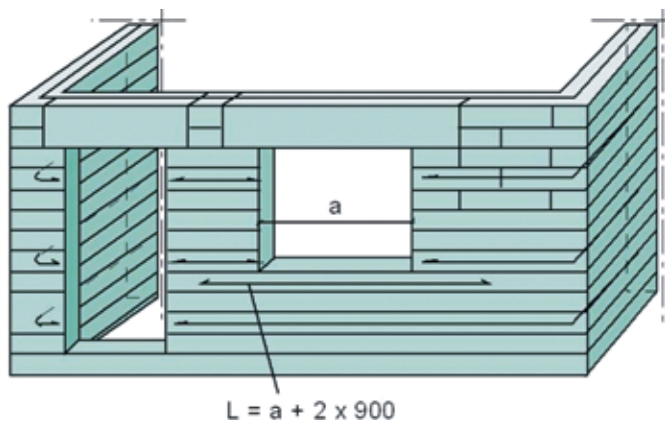


Рис. 1. Схема армирования кладки (из информационных материалов компании Siporex)

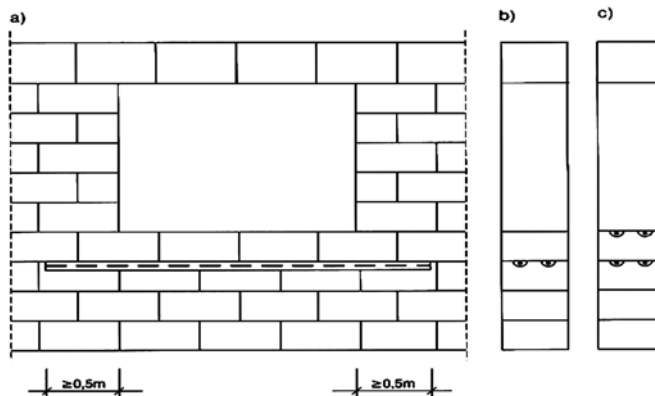


Рис. 2. Схема армирования подоконной зоны (из информационных материалов Xella)

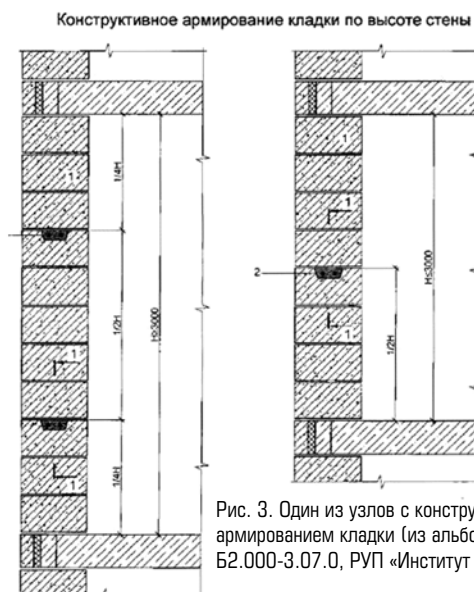


Рис. 3. Один из узлов с конструктивным армированием кладки (из альбома Б2.000-3.07.0, РУП «Институт БелНИИС»)

В главе СНиП II-Б.2-54 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования» в §6 «Общие конструктивные требования» даются указания по устройству температурных швов:

«2. Расстояния между температурными швами в стенах из каменной кладки не должны превышать указанных в табл. 26.» (см. табл.).

Таблица. Максимальные расстояния между температурными швами в стенах отапливаемых зданий в метрах (таблица 26 СНиП II-Б.2-54)

№ п/п	Расчетная зимняя температура, °С	Расстояние между температурными швами, м					
		при кладке из обыкновенного глиняного кирпича и керамических камней			при кладке из силикатного кирпича и бетонных камней		
		на растворах марки					
		100-50	25-10	4	100-50	25-10	4
		а	б	в	г	д	е
1	Ниже 30	50	75	100	25	35	50
2	21-30	60	90	120	30	45	60
3	11-20	80	120	150	40	60	80
4	10 и выше	100	150	200	50	75	100

Примечание. Расстояния, указанные в таблице, должны уменьшаться: а) для стен закрытых неотапливаемых зданий – на 30%; б) для открытых каменных сооружений – на 50%

В главе **СНиП II-В.2-62** происходит развитие расчетных положений. Таблица «Максимальные расстояния s между температурными швами в стенах отапливаемых зданий» дополняется пунктом 9.28:

«9.28. В тех случаях, когда расстояние между температурными швами l превышает предельное s , указанное в табл. 28, в швах кладки должна быть уложена горизонтальная арматура, воспринимающая температурные напряжения.

В стенах с проемами арматура укладывается в междуоконных поясах. При отсутствии проемов арматуру рекомендуется укладывать на уровне междуэтажных перекрытий. По толщине стены арматура располагается: в неотапливаемых зданиях равномерно, в отапливаемых зданиях сосредотачивается ближе к наружной стороне так, чтобы центр тяжести арматуры отстоял от наружной грани стены на $1/3$ ее толщины. Армируется средний участок отсека между швами длиной

$$l' = (1 - s + 7) \text{ м.} \quad (129)$$

Усилие, воспринимаемое арматурой, допускается определять по формуле

/.../

Площадь поперечного сечения арматуры в пределах армируемого пояса кладки определяется по формуле

$$F_a = N_a / R_a. \quad (131)$$

Таким образом, к 1962 г. в нормах проектирования появляется положение, позволяющее рассчитать армирование кладки для восприятия температурных напряжений.

Из следующей редакции СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» (**СНиП II-В.2-71**) пункт с расчетными формулами для назначения арматуры исключается. Появляется термин «температурно-усадочные швы», а раздел «Деформационные швы» дополняется двумя положениями:

«6.44. Температурно-усадочные швы в стенах каменных зданий должны устраиваться в местах возможной концентрации больших температурных и усадочных деформаций, которые могут вызвать недопустимые по условиям эксплуатации разрывы кладки, трещины, а также перекосы и сдвиги кладки.

...

6.47. Расстояния между температурно-усадочными швами стен, усиленных горизонтальной арматурой или железобетонными поясами, назначается на основании расчета на температурные напряжения».

В действующем в настоящее время **СНиП II-22-81** (и в подготовленном проекте **СП 15.13330.2010**) указания по назначению температурно-усадочных швов сведены в один пункт:

«6.78. Температурно-усадочные швы в стенах каменных зданий должны устраиваться в местах возможной концентрации температурных и усадочных деформаций, которые могут вызвать недопустимые по условиям эксплуатации разрывы кладки, трещины, перекосы и сдвиги кладки по швам (по концам протяженных армированных и стальных включений, а также в местах значительного ослабления стен отверстиями или проемами). Расстояния между температурно-усадочными швами должны устанавливаться расчетом».

Методика расчета кладки на температурно-усадочные воздействия начиная с редакции 1971 г. вынесена из СНиП в Пособие к нему. В действующем Пособии по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) [10] расчету на температурно-влажностные воздействия и усадку посвящено **приложение 11**, в котором на 17 страницах (с. 128-145) приводятся общие указания по расчету и исходные положения (таблица 1 «Допустимое раскрытие температурно-усадочных трещин, мм, в неармированных и армированных кладках всех видов в период эксплуатации зданий», таблица 3 «Усадка бетонных и каменных конструкций»). Методика сопровождается примером расчета и содержит подробный разбор способов учета жесткости, температуры и влажности региона строительства, учитывает влияние конструктивной схемы здания, отверстий и штраб. При этом влияние усадки и сорбционного увлажнения учитывается через табличные значения эквивалентных температур.

В основе отечественных нормативов по учету температурно-влажностных воздействий и усадки лежит положение о допустимости поверхностных трещин. Целевым показателем является либо отсутствие сквозных трещин, либо их раскрытие на ширину, не превышающую допустимого по условиям эксплуатации значения. Еще раз: *поверхностное растрескивание конструкций в общем случае — допускается, образование и ограниченное раскрытие сквозных трещин в наружных стенах жилых зданий — допускается.*

Количественная оценка температурно-влажностных деформаций и усадки

При расчете по образованию и раскрытию трещин и по деформациям можно выделить два основных подхода. Первый касается конструкций зданий, к которым не предъявляются специальных требований к непроницаемости изоляционных покрытий. Он нацелен на предотвращение или ограничение сквозных трещин и предлагает оперировать средними по сечению конструкции температурой и влажностью. Второй касается поверхностных деформаций, поскольку нацелен на обеспечение целостности и сплошности изоляционных покрытий. При этом при учете температурно-влажностных деформаций становится важным учитывать температурное и влажностное состояние именно поверхностных слоев кладки, являющихся основанием для изоляционных (отделочных) покрытий.

При проектировании конструкций с применением кладки из автоклавного газобетона можно использовать оба подхода в зависимости от предъявляемых к ним требований. Современные эстетические нормы предъявляют ко всем штукатурным покрытиям требование минимизации раскрытия трещин. Оно формализовано в виде требования к визуальной неразличимости трещин штукатурного покрытия с расстояния в 2 м. Целостность штукатурных покрытий во многом зависит от свойств самих штукатурных составов, но это не препятствует предъявлению общих требований к основаниям для штукатурных покрытий: например, раскрытие поверхностных трещин не более чем на 0,2 мм.

Ориентируясь на оба возможных подхода к понятию «допустимые по условиям эксплуатации трещины», дадим количественную оценку температурно-влажностным и усадочным деформациям кладки из автоклавного газобетона.

Характеристики кладки из блоков, изготовленных из автоклавных ячеистых бетонов, имеют нормативные значения (по СНиП II-22-81*):

- деформации усадки – 4×10^{-4} ;
- коэффициент линейного расширения – $0,000008 \text{ град.}^{-1}$;
- модуль упругости $E_0 = \alpha R_u = \alpha kR = (200 \dots 750) \times 2,25 \times (0,6 \dots 1,4) = 270 \dots 2400 \text{ МПа}$ (упругая характеристика кладки α в зависимости от прочности раствора принимается от 200 до 750, расчетное сопротивление сжатию R в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие принимается от 0,6 до 1,4 МПа).

При оценке амплитуды деформаций поверхности целесообразно использовать не нормативные значения усадочных деформаций, а значения усадки, получаемые при высушивании образцов до влажности 0-2% (поверхностные слои бетона под действием кварцевания высыхают до влажности менее 2% [11]). Полная влажностная усадка составляет до 2 мм/м [9, 11].

Для определения температурных деформаций, учитываемых при контроле образования сквозных трещин, используются температуры наиболее холодных/жарких суток. При проверке образования поверхностных трещин максимальная температура поверхности принимается с учетом нагрева солнечным излучением.

Температура воздуха наиболее холодных суток (для Санкт-Петербурга) -30°C , температура воздуха наиболее жарких суток 28°C , – расчетный для определения приведенных к сечению стены условий температурный перепад $\Delta t = 58^\circ\text{C}$. Расчетный для определения поверхностных деформаций температурный перепад (из условия нагрева поверхности под действием солнечной радиации до 70°C) $\Delta t_2 = 100^\circ\text{C}$.

Эквивалентная температура усадки кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков (при контроле сквозных трещин) составляет $t_c = 30^\circ\text{C}$ (табл. 3 прил. 11 [10]). Эквивалентная температура усадки при проверке поверхностного трещинообразования должна оцениваться исходя из фактического соотношения средней и максимальной усадки и составляет $2 \times 10^{-3} / 4 \times 10^{-4} \times 30 = 150^\circ\text{C}$.

Напряжения в неармированной кладке под комплексным действием температур и усадки (формулы 1,9, 11, 18, 46 приложения 11 [10]) могут достигать при расчете на образование сквозных трещин:

$$\sigma = N/A = 0,5 \cdot E_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t = 0,5 \cdot (270 \dots 2400) \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^{-6} \times (58 + 30) = 0,2 \dots 1,7 \text{ МПа}$$

и при расчете на образование поверхностных трещин $\sigma = 0,5 \cdot (270 \dots 2400) \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^{-6} \times (100 + 150) = 0,6 \dots 4,8 \text{ МПа}$.

При этом временное сопротивление кладки при растяжении по перевязанному сечению составляет $R_{tu} = 2,25R_t = 2,25 \times (0,02 \dots 0,16) = 0,045 \dots 0,36 \text{ МПа}$.

Абсолютная величина температурно-влажностных деформаций кладки может достигать

$$\begin{aligned} & \text{– в среднем по сечению кладки} \\ & \varepsilon = \alpha \cdot \Delta t + \varepsilon_{sh} = 8 \cdot 10^{-6} \times 58 + 4 \times 10^{-4} = 0,9 \text{ мм/м} \\ & \text{– в поверхностных слоях} \\ & \varepsilon = \alpha \cdot \Delta t + \varepsilon_{sh} = 8 \cdot 10^{-6} \times 250 + 20 \times 10^{-4} = 4 \text{ мм/м.} \end{aligned}$$

Для сравнения: деформации кладки из керамического кирпича в тех же условиях составят 0,3 и 1,5 мм/м, соответственно (расчетные деформации кладки из силикатного кирпича совпадают с деформациями газобетонной кладки).

Армирование кладки с тонким клеевым швом

Армирование кладки с расположением арматуры в горизонтальных швах при расчетной толщине швов 12 мм – успешно решенная техническая задача. Поскольку задача получила общепринятое решение достаточно давно, изделия для реализации такого армирования доступны повсеместно. Это сварные сетки с диаметром рабочих стержней 3-5 мм, выпускаемые с размерным рядом, кратным 120 мм. Для такого армирования хорошо исследованы и получили нормативные определения условия анкеровки рабочих стержней в кладке и условия передачи усилий от кладки металлу.

Кладка, выполняемая на клеевых составах с толщиной шва $2 \pm 1 \text{ мм}$, не предполагает возможности армирования сетками из стержневой стали. Однако легкая механическая обрабатываемость ячеистого бетона позволила успешно решить задачу введения в кладку протяженных горизонтальных стальных элементов. Изначально задача была решена устройством в постельной поверхности очередного ряда кладки штрабы определенного сечения, заполняемой мелкозернистым бетоном с утопленным в нем арматурным стержнем периодического профиля. Для такого технического решения известным является условие анкеровки арматуры в бетоне и прочность газобетона на срез, позволяющая рассчитать передачу усилий от кладки металлу. Однако включение в кладку узких клиньев из малодеформативного бетона вызывает концентрацию напряжений вокруг них, т.е. стимулирует трещинообразование в толще стены при вертикальном нагружении [9].

Широкое распространение кладки с тонким швом, переход на клеевые составы при кладке не только ячеистобетонных, но и керамических, силикатных, керамзитобетонных камней позволили наладить выпуск арматурных элементов для тонких швов – плоских каркасов, выполненных, как правило, из оцинкованной стали сечением $8 \times 1,5 \text{ мм}$ с косвенной арматурой из круглой проволоки диаметром 1,5 мм, приваренной к рабочим стержням «змейкой» (рис. 4).

Использование такой арматуры не приводит к концентрации напряжений, но требует назначения условий передачи усилий от кладки металлу.

Выводы:

Неармированная кладка из автоклавного газобетона при условии допустимости возникновения и ограниченного раскрытия трещин может применяться при расстоянии между деформационными швами в пределах, ограниченных требованиями п. 6.79 и табл. 32 СНиП II-22-81*.



Рис. 4. Арматура для тонких швов

При предъявлении к конструкциям из автоклавного газобетона требований непроницаемости (целостности) отделочных покрытий следует предусматривать мероприятия, позволяющие исключить трещинообразование. Такими мероприятиями могут являться: армирование кладки в уровне горизонтальных швов, снижение расстояния между деформационными швами, применение высокодеформативных отделочных покрытий, армирование отделочных слоев.

При назначении армирования кладки в штрабах следует учитывать влияние железобетонных элементов (арматуры, забетонированной в штрабах) на несущую способность.

Использование арматуры для тонких швов требует учета условий передачи усилий в углах кладки и на концах арматурных каркасов.

Библиографический список

1. Опицкич Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. М., Л. Главная редакция строительной литературы. 1937, 564 с.

2. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М., 1992, 86 с.
3. Пинскер В.А., Вылежанин В.П. Экономичные дома из газобетона. Правила проектирования / Яч. бет. в совр-м стр-ве. Сборник докладов. Вып. 6. СПб: НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2009. С. 7-12.
4. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли / Строительные материалы. 2011. № 9. С. 44-48.
5. В.В. Коровкевич, В.А. Пинскер и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. ЛенЗНИИЭП. Ленинград, 1989. 284 с.
6. Справочник фирмы «Хебель» по жилищному строительству / Подготовлено к изданию НП «ООО «Стринко» по заказу Минстройархитектуры Республики Беларусь. – Минск, 1997. – 180 с.
7. Справочник по производству и применению материалов и изделий YTONG / Подготовлено к изданию НП «ООО «Стринко» по заказу Минстройархитектуры Республики Беларусь. – Минск, 1997. – 98 с.
8. Мицкевич М., Сечковски Й.: Техническое описание YTONG № 8 «Конструкционные подробности». Варшава: Издательство YTONG, 2002.
9. С.Л. Галкин и др. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Минск: Стринко, 2006. – 448 с.
10. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования») / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 152 с.
11. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.



3-6 СЕНТЯБРЯ

**МИНСК, ПР-Т ПОБЕДИТЕЛЕЙ 20/2,
ФУТБОЛЬНЫЙ МАНЕЖ,**

БУДПРАГРЭС 2012

20-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

> ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



> ОФИЦИАЛЬНЫЕ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕРЫ



> ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



ОРГАНИЗАТОР

МинскЭкспо

тел.: (+375 17) 226 98 90

факс: (+375 17) 226 91 92

e-mail: budpragres@telecom.by

подробнее

Дополнительную информацию
можно найти на сайте
www.budpragres.minskexpo.com