

Некоторые особенности применения армированных газобетонных изделий в полносборном строительстве

Галкин С.Л., заместитель директора УП «ЦНТУС» (г. Минск, Республика Беларусь)

Сажнев Н.П., канд. техн. наук, советник руководителя

ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова»

Шелег Н.К., начальник производства ЗСК ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова», (оба – п. Чисть, Молодечненский р-н Минской обл., Республика Беларусь)

Введение

Современное строительство отличают высокие темпы строительно-монтажных работ, а также повышенные требования к энергетической эффективности конечной продукции, т.е. к расходу энергии на отопление вновь возводимых зданий. Сокращение периода освоения инвестиций является одним из факторов, определяющих выбор конструктивных схем и систем зданий, а также конструкционных материалов. В свою очередь технические решения наружных ограждающих конструкций, включая светопрозрачные заполнения, должны обеспечивать комфортные условия пребывания в помещениях при минимальном расходе невозобновляемых источников энергии. Следует заметить, что требования национальных строительных норм практически всех стран Европы с относительно холодной и продолжительной зимой, а также Канады, в части удельного энергопотребления зданиями приводят к необходимости применения конструкций наружных стен, включающих теплоизоляционный слой из высокоэффективных материалов. И необходимо особо подчеркнуть тот факт, что слоистые конструкции наружных стен устраивают и в тех случаях, когда в качестве конструкционного материала используют автоклавный ячеистый бетон (газобетон).

Зарубежный опыт применения армированных газобетонных изделий

Современное производство изделий из газобетона характеризуется высокой точностью геометрических размеров и стабильностью физико-технических показателей. В зарубежной практике строительства ячеистобетонные изделия находят применение в несущих конструктивных элементах остова зданий высотой до 5 этажей включительно [3, 15]. Этому в зна-

чительной степени способствует относительно небольшой собственный вес, достаточная прочность и жесткость газобетона, а также высокие показатели огнестойкости (по данным зарубежных источников – до 4 ч). Армированные изделия получили наиболее широкое распространение в ФРГ, США и Австралии [6, 7, 9].

Применение армированных газобетонных изделий в строительстве регламентировано соответствующими нормами, устанавливающими правила проектирования зданий, а также расчета и конструирования отдельных элементов. Следует заметить, что ввиду специфических свойств автоклавного ячеистого бетона положения по расчету и конструированию отдельных элементов, как правило, вынесены в отдельный документ, который в свою очередь ссылается на положения норм проектирования железобетонных конструкций. По такому принципу была построена нормативная база в бывшем СССР (Пособие [11] и СНиП 2.03.01–84* [12]), аналогичный подход реализован, в частности в странах Европейского Союза ([4] и [5]) и США ([2] и [1]).

Номенклатура ячеистобетонных армированных изделий, включающая, как правило, панели стен и перегородок, плиты перекрытий, перемычки и ступени, у различных производителей варьируется в широких пределах и в значительной степени зависит от сложившихся традиций применения этого материала в конкретных регионах. При этом панели используют не только в качестве навесных ограждающих конструкций (рис. 1), но и как несущие вертикальные и/или горизонтальные элементы стен (в том числе перегородок), а плиты – в качестве несущих элементов перекрытий (рис. 2). Армированные изделия из ячеистого бетона также находят применение в сочетании с други-

Рис. 1



Рис. 2а



Рис. 2б

ми строительными конструктивными материалами, такими, например, как металл (рис. 3) и древесина (рис. 4).

Тем не менее основная и наиболее массовая область применения ячеистобетонных изделий – гражданские здания малой и средней этажности со стеновой конструктивной схемой. При возведении таких объектов не требуется использование техники с большой грузоподъемностью, а увеличение размеров строительных элементов повышает темпы монтажных работ и сокращает общую продолжительность строительства. Как показывает зарубежный опыт (например, <http://www.lccsiporex.com/index.asp?id=16>), монтаж полносборного дома из ячеистобетонных панелей, перемычек и плит перекрытий может осуществлять бригада из шести человек, включая машиниста автомобильного крана. При этом затраты времени на монтаж 1 м³ изделий в среднем составляют 0,5 ч, что намного меньше трудозат-

рат при возведении кладки из ячеистобетонных блоков. Общая трудоемкость возведения для географических условий Саудовской Аравии с учетом конструкции фундамента, сопутствующих (устройство кольцевого анкера перекрытия) и отделочных работ не превышает 3,5 чел.·ч/м³ (из расчета на единицу объема ячеистобетонных изделий SIPOREX).

В плане изучения современных методов строительства с комплексным применением армированных ячеистобетонных изделий представляет интерес опыт работающего на территории США отделения компании Hebel, входящей в состав холдинга Xella и широко применяющей полносборный метод строительства малоэтажных гражданских зданий (рис. 5). Несу-



Рис. 3. Ячеистобетонные панели в наружных стенах здания со стальным каркасом



Рис. 4. Ячеистобетонные панели в наружных стенах здания с деревянным каркасом



Рис. 5. Строительство полносборных зданий из армированных ячеистобетонных изделий производства компании NEBEL (США); слева – монтаж плит перекрытия на стены из вертикальных несущих панелей; справа – пятиэтажное здание гостиницы

щие стены устраивают из панелей вертикальной (рис. 6) или горизонтальной (рис. 7) разрезки, боковые грани которых в зависимости от района строительства могут иметь различную форму (плоскую или профилированную). Следует заметить, что армирование и замоноличивание стыков стен из вертикальных панелей (с профилированными соответствующим образом боковыми гранями) не только обеспечивает фиксацию панелей из плоскости стены, но также за счет устройства “скрытого” каркаса позволяет повысить сопротивление стен действию горизонтальных нагрузок и упрощает устройство связей стен с перекрытиями. Кроме того, замоноличивание вертикальных стыков повышает их сопротивление воздухопроницанию, а также улучшает звукоизолирующие показатели и при определенных условиях позволяет отказаться от перетирки монтажных швов между панелями (например при отделке стен листовыми материалами или облицовке).

Проемы в несущих стенах перекрывают перемычками, изготавливаемыми специально для конкретного объемно-планировочного решения или путем обрезки стеновых панелей. Армирование перемычек назначают в зависимости от величины воспринимаемых ими нагрузок. Подоконные зоны проемов могут быть

выполнены как из укороченных стеновых панелей, так и специально изготовленных для этой цели элементов.

В процессе монтажа панели фиксируют с помощью инвентарных или изготавливаемых по месту подкосов. Для предупреждения раскрытия монтажных швов между угловыми панелями их соединяют винтовыми анкерами Helifix, устанавливаемыми попарно накрест в нескольких уровнях по высоте.

В качестве несущих элементов междуэтажных перекрытий и покрытия используют ячеистобетонные плиты (как правило, длиной до 6 м включительно). Швы между плитами армируют по всей длине и замоноличивают мелкозернистым бетоном или прочным цементно-песчаным раствором для обеспечения передачи вертикальных усилий между смежными плитами (за счет профиля боковых граней). Арматурные стержни межплитных швов отгибают и заводят за стержни каркаса кольцевого анкера, устраиваемого по периметру каждой ячейки перекрытия. Необходимо заметить, что кольцевой анкер является неотъемлемым элементом перекрытия [6–8] и согласно [6] выполняет несколько функций как в условиях нормальной эксплуатации здания, так и при аварийных воздействиях.

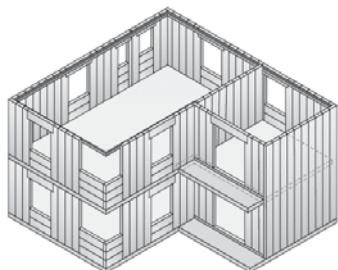


Рис. 6. Принципиальная схема здания с вертикальными несущими панелями из автоклавного ячеистого бетона

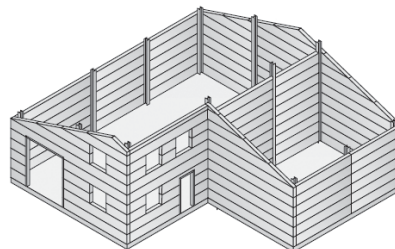


Рис. 7. Принципиальная схема здания с горизонтальными панелями из автоклавного ячеистого бетона

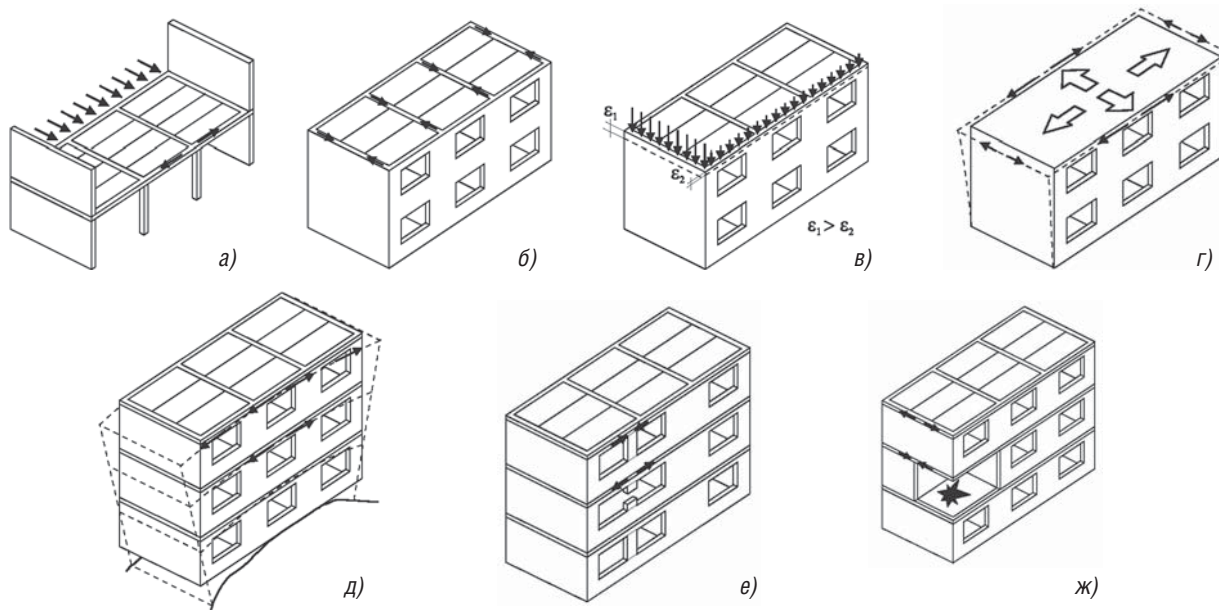


Рис. 8. Схемы работы кольцевого анкера сборного перекрытия (стрелками обозначены направления возможных усилий и деформаций здания или его отдельных частей)
а – при действии горизонтальных нагрузок; б – при горизонтальных деформациях в уровне перекрытий; в – при неравномерном нагружении стыкуемых несущих стен; г – при температурно-усадочных деформациях стен и перекрытий; д – при неравномерной осадке фундаментов; е – при разрушении несущего простенка; ж – при разрушении углового участка несущих стен

Так, например, объединение плит перекрытия в диск позволяет повысить пространственную жесткость несущего остова и его сопротивление горизонтальным нагрузкам (рис. 8а), а также геометрическую неизменяемость в уровнях перекрытий (рис. 8б). Кроме того кольцевой анкер выполняет функцию элемента, перераспределяющего усилия между неравномерно нагруженными стенами, предотвращая их неравномерную вертикальную деформацию (рис. 8в). Важная функция кольцевого анкера заключается также в ограничении температурных и усадочных деформаций (рис. 8г), возникающих вследствие естественных колебаний температуры наружного воздуха и снижения влажности ячеистого бетона до равновесного уровня в процессе эксплуатации здания. При развитии неравномерных осадок фундаментов (рис. 8д), обусловленных непредвиденными факторами, кольцевой анкер препятствует развитию неограниченных деформаций стен и способствует ограничению ширины раскрытия трещин.

В случае аварийных воздействий, результатом которых может быть разрушение простенка (рис. 8е) или угла несущей стены (рис. 8ж), кольцевой анкер препятствует непропорциональному разрушению перекрытия над поврежденной опорой и при определенных условиях может воспринимать часть нагрузки от расположенных выше частей зданий.

Арматурные стержни, как правило, с отгибами на концах, из замоноличенных стыков

стен заводят в кольцевой анкер. В зданиях высотой два этажа и более арматурные стержни пропускают насквозь через кольцевой анкер в расположенные выше конструкции стен. В этом случае непрерывность армирования вертикальных стыков между панелями способствует повышению сопротивления здания непредусмотренным воздействиям как в условиях нормальной эксплуатации, так и при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Плоские и скатные кровли (последние – в случае мансардных этажей) устраивают с применением ячеистобетонных плит. При этом конструкция несущей части в обоих случаях остается неизменной и представляет собой горизонтальные или наклонные диски, объединенные кольцевыми анкерами. Межплитные швы, как и в случае междуэтажных перекрытий, армируют по всей длине и замоноличивают. Отличие наклонных дисков заключается в устройстве в необходимых случаях шпальных опор вдоль стен. Шпонки образуются скошенными (в пределах толщины опор) углами плит и замоноличиваются одновременно с кольцевым анкером. Для предотвращения среза по границам примыкания шпонок к кольцевым анкерам может быть предусмотрено дополнительное армирование.

Перегородки из газобетонных панелей являются достаточно распространенным техническим решением в зарубежной практике строительства. Панели изготавливают, как правило,

на высоту помещения за вычетом монтажных зазоров. Перемещение и монтаж панелей ввиду достаточно большого веса (более 100 кг) осуществляют вручную с помощью специальных тележек. Панели крепят к перекрытию путем устройства скользящих опор. При необходимости (в зависимости от профиля стыкообразующих граней) панели могут быть дополнительно соединены между собой. Перемычки над проемами в перегородках могут быть устроены как из элементов, получаемых путем обрезки перегородочных панелей, так и из брусовых перемычек, применяемых в каменных конструкциях из мелких блоков.

Анализ зарубежной нормативной и технической литературы свидетельствует о том, что описанная выше принципиальная конструкция несущего остова здания и перегородок из армированных газобетонных элементов применяется практически во всех странах, предприятия которых выпускают продукцию в номенклатуре, обеспечивающей комплексное применение автоклавного ячеистого бетона в полносборном строительстве.

В этой связи следует заметить, что строительство таких зданий требует соответствующей подготовки инженерно-технического и рабочего персонала, а также оснащения необходимым инструментом, машинами и механизмами. При этом весьма важную роль играют вспомогательные материалы и изделия, применяемые при монтаже. Кроме уже упоминавшихся винтовых анкеров Helifix, необходимо отметить специальные составы, используемые при монтаже стеновых и перегородочных панелей с плоскими стыкообразующими гранями. Об особых свойствах применяемых смесей свидетельствует тот факт, что состав по способу применения соответствующий тонкослойным растворам для кладки, наносят на монтируемый (а не на уже смонтированный) элемент высотой (длиной) до 6 м в горизонтальном положении. При этом не происходит отслаивания или сползания раствора в процессе подъема (поворота в вертикальное положение) и перемещения монтажного элемента к месту установки. Очевидно, что в этом случае монтажники должны обладать определенными навыками и располагать соответствующим техническим оснащением для установки панели в проектное положение с первого раза.

Говоря о современных конструктивных схемах полносборных зданий из газобетонных армированных изделий необходимо особо остановиться на конструкции фундаментов. Известно, что автоклавный ячеистый бетон, несмотря на небольшую прочность и низкий модуль упругости, по сравнению с традиционны-

ми видами бетонов в большей степени проявляет свои хрупкие свойства и гораздо сильнее подвержен образованию трещин при растяжении и сдвиговых деформациях. В случае применения сборных элементов стены и перегородки будут иметь более высокую степень дискретности по сравнению с кладкой из мелких или крупных блоков за счет большего количества вертикальных неперевязанных швов. Такие конструкции крайне чувствительны к неравномерным осадкам опор (основания), которые могут привести к сдвигу панелей вдоль стыков, образованию трещин в защитно-декоративных покрытиях и ухудшению эксплуатационных показателей. Следует заметить, что устройство стен из горизонтальных панелей за счет наличия ориентированной соответствующим образом арматуры позволит в некоторой степени снизить негативные последствия неравномерных деформаций основания, однако не исключит полностью образование трещин и может привести к избыточному раскрытию вертикальных монтажных стыков.

С учетом изложенных соображений к конструкциям фундаментов зданий с комплексным применением газобетонных изделий независимо от конструктивного решения стен применяют повышенные требования по жесткости. Поэтому фундаменты таких зданий устраивают либо в виде сплошной монолитной плиты (в зданиях без подвала), либо с монолитными стенами подвала (цоколя), обладающими высокой изгибной и сдвиговой жесткостью. В особо сложных и неблагоприятных условиях может быть использовано комбинированное решение в виде монолитной конструкции, состоящей из плиты, стен и перекрытия над подвалом.

Некоторые результаты отечественного опыта применения армированных газобетонных изделий в полносборном строительстве

В Республике Беларусь производство ячеистобетонных изделий автоклавного твердения является одной из самых динамично развивающихся отраслей промышленности строительных материалов.

В 2013 г. в Беларуси годовой объем производства ячеистого бетона составил около 3,2 млн м³. При этом практически весь объем производства приходится на мелкие блоки, в то время как доля армированных изделий крайне мала. Ситуация с армированными изделиями усугубляется и тем, что не все предприятия располагают техническими возможностями даже для выпуска перемычек. И только завод ячеистого бетона ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» может выпускать всю номенклатуру армированных изде-

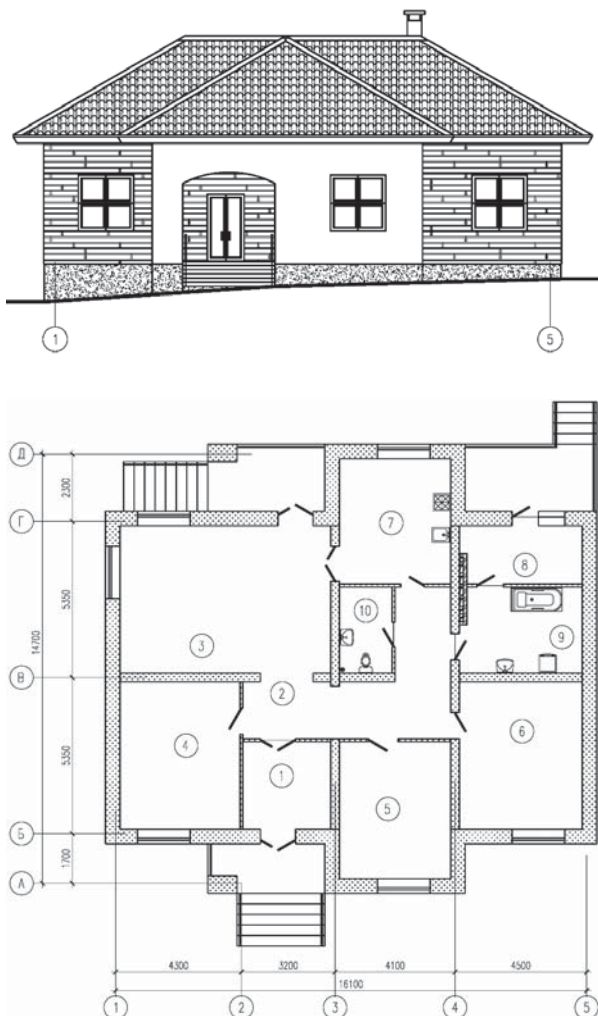


Рис. 9. Фасад и план экспериментального полносборного жилого дома из армированных ячеистобетонных изделий

Назначение помещений:
1 – тамбур (прихожая); 2 – коридор; 3 – гостиная;
4–6 – жилые комнаты; 7 – кухня; 8 – топочная;
9 – ванная комната; 10 – санузел

лий для реализации концепции полносборного строительства с применением газобетона.

В рамках развития новых эффективных конструктивных систем гражданских зданий ОАО «УКХ «Забудова» и УП «ЦНТУС» в 2013 г. начали экспериментальную разработку и освоение конструктивно-технологической схемы малоэтажных зданий со стенами из панелей вертикальной разрезки. В качестве объекта строительства был принят жилой дом в д. Ракутевщина Молодечненского района. Проектирование выполняли согласно действующим ТНПА, при этом разработку новых видов изделий – стеновых панелей вертикальной разрезки и перемычек высотой 600 мм (наружных и внутренних стен) выполняли как по Пособию к СНиП 2.03.01 [11], так и по СТБ EN 12602 [13].

В конструктивном отношении объект представляет одноэтажное здание (площадь 216 м²) с подвалом под частью плана и холодным чердаком под скатной стропильной кровлей* (рис. 9). С учетом инженерно-геологических условий строительной площадки, а также особенностей объемно-планировочного и конструктивного решения несущего остова фундамент запроектирован ленточным сборно-моноклитным (рис. 10). Перекрестные фундаментные ленты и плита перекрытия – монолитные, стены подвала – из бетонных блоков с монолитными вставками.

Наружные и внутренние стены – из вертикальных панелей шириной 600 мм и высотой до 3,5 м. Перемычки над проемами приняты высотой 600 мм и шириной, равной толщине стен. Для заполнения подоконных зон предусмотрены укороченные панели вертикальной разрезки. Все панели и перемычки наружных и внутренних стен изготавливали по индивидуальным чертежам, разработанным в составе проектной документации.

Панели и перемычки наружных стен толщиной 500 мм изготавливали из бетона класса по прочности на сжатие В2,5 и марки по средней плотности D500, внутренних стен толщиной 300 мм – соответственно В3,5 и D600. Стыко-



Рис. 10. Фундамент экспериментального жилого дома в процессе строительства: вверху – общий вид; внизу – фрагмент (с засыпанными пазухами) со стороны технического подполья

* Объемно-планировочное решение дома разработано главным архитектором проекта И.В.Чудовской (УП «ЦНТУС»)

образующие грани стеновых панелей имели пазогребневый профиль (с двумя пазами и гребнями на противоположных сторонах). Для соединения панелей в углах были предусмотрены специальные накладки из оцинкованной стали. Понизу каждую панель крепили к основанию с помощью стальных соединительных деталей, а по верхнему обрезу соединяли с конструкцией перекрытия путем устройства замоноличенных шпонок с арматурными выпусками.

Перекрытие над жилым этажом было из ячеистобетонных плит (толщиной 250 мм) с замоноличенными армированными межплитными швами и обвязочным контуром (кольцевым анкером), а также небольшими монолитными участками в местах пропуска инженерных коммуникаций и выхода на чердак. Плиты запроектированы на основе материалов типовой серии Б1.043.1–2.08 из бетона класса В3,5 и марки по средней плотности D700.

Для передачи нагрузок от стропильной кровли карнизные участки стены выполнены кладкой из ячеистобетонных блоков на тонкослойном (клеевом) растворе, при этом верхний ряд кладки – из лотковых блоков, в пространстве которых устроен монолитный обвязочный контур с арматурными выпусками для крепления мауэрлата.

Перегородки из панелей вертикальной разрезки, запроектированных на основе материалов типовой серии Б1.031.1–4.10, с плоскими стыкообразующими гранями. Панели перегородок изготавливали из бетона класса В3,5 и марки по средней плотности D700. Крепление перегородок к стенам перпендикулярного направления, перекрытию и между собой выполнено с помощью П-образных соединительных элементов из оцинкованной стали.

Одна из концепций экспериментального жилого дома заключалась в максимальном использовании теплотехнических свойств газобетона. Так, наружные стены были приняты толщиной 500 мм из условий выполнения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче наружных стен $R_{T,норм} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Перекрытия над подвалом и жилой частью были дополнительно утеплены также из условия выполнения требований норм строительной теплотехники: над подвалом – до $R_T = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, над жилой частью – до $R_T = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Кроме того, стены цоколя также были утеплены до величины $R_T = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ на глубину 1 м ниже планировочной отметки грунта.

Однако, как показал детальный анализ тепловых потерь с учетом объемно-планировочного и конструктивного решения дома, а также его расположения относительно сторон света, выполненный при участии ИООО

“Сен-Гобен Строительная Продукция Белорус”, расчетная величина удельного энергопотребления на отопление при указанном решении составила $q_h = 120 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год. Полученный результат не отвечал требованиям ТКП 45–2.04–196–2010 [14], согласно которому нормативное значение удельного расхода тепловой энергии за отопительный период на отопление и вентиляцию жилых зданий для г. Минска составляет $q_h^{req} = 96 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Кроме того, при полученном расчетном значении удельного расхода тепловой энергии проектируемый дом отвечал классу D (пониженный), в то время как согласно указанному ТНПА вновь проектируемые жилые здания должны отвечать требованиям классов А+, А или В.

Для достижения требуемых показателей ИООО “Сен-Гобен Строительная Продукция Белорус” выполнило расчет нескольких вариантов (в том числе с механической системой вентиляции с рекуперацией тепла) сокращения тепловых потерь, на основании которых было принято решение обеспечить выполнение нормируемых параметров только за счет соответствующего утепления наружных стен и перекрытия над жилой частью. В итоге толщина тепловой изоляции из минераловатных плит (с учетом тепловых потерь через теплопроводные включения навесной конструкции фасада) наружных стен составила 180 мм, перекрытия – 400 мм. При этом приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен (без учета светопрозрачных заполнений) достигло значения $R_T = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, перекрытия – $R_T = 11,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Такое решение позволило обеспечить выполнение нормируемых показателей расхода тепловой энергии, снизить расчетное значение до $q_h = 74,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ (на 38% от первоначального показателя) и по рейтингу расхода тепловой энергии перевести дом в класс А (очень высокий).

Новая конструктивно-технологическая система строительства с применением армированных газобетонных изделий потребовала освоения новых методов монтажа с использованием специальных приспособлений. В первую очередь это относится к стеновым панелям вертикальной разрезки, монтаж которых, как уже было отмечено выше, имеет некоторые особенности. Так, в частности, заводом ячеистого бетона ОАО УКХ “Забудова” разработаны, изготовлены и при участии ЧУП “Чисть-Бау” апробированы в построечных условиях монтажные устройства – вилочная траверса (для захвата панели со стороны стыкообразующей грани, рис. 11) и винтовой захват, прижимные “щеки” которого располагаются со стороны фасадных поверхностей панелей.



Рис. 11. Монтаж полносборного дома из армированных ячеистобетонных изделий внизу – монтаж панели вилочной траверсой; сверху – общий вид смонтированной “коробки” дома



К сожалению, ограниченный объем печатного материала не позволяет подробно остановиться на всех нюансах освоения нового вида строительства, представляющих определенный научный и практический интерес.

В целом по итогам проектирования и строительства экспериментального полносборного жилого дома из армированных газобетонных изделий следует отметить, что разработка и опытная апробация новой конструктивно-технологической системы выявила целый ряд технических и технологических вопросов, которые требуют детального изучения, всестороннего анализа и соответствующей проработки для получения эффективных строительных решений. В Республике Беларусь новая система полносборного строительства имеет хорошую перспективу в области малоэтажных гражданских зданий благодаря наличию современного производства продукции из автоклавного ячеистого бетона и возможности его модернизации для наращивания объема выпуска армированных изделий.

Список использованных источников

1. ACI 318–11: Building Code Requirements for Structural Concrete.
2. ACI 523.4R-09: Guide for Design and Construction with Autoclaved Aerated Concrete Panels.
3. Aroni, S., Autoclaved Aerated Concrete: Properties, Testing and Design. RILEM Recommended Practice // Aroni, S., de Groot, G.J., Robinson, M.J., Svanholm, G., Wittman F.H. – Taylor&Francis Group, 1993, 404 p.
4. EN 12602:2008+A1:2013: Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete.
5. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–1: General rules and rules for buildings.
6. Hebel® Slab Panel. Technical Sheet and Installation Guide / Xella AAC Texas, Inc., 2009, 11 p.
7. Hebel® Vertical Load-Bearing Wall Panels. Technical Sheet and Installation Guide / Xella AAC Texas, Inc., 2013, 9 p.
8. Projektowanie konstrukcyjne budynków ze ścianami z bloczków YTONG wg PN-B-03002:1999–2005, 136 str.
9. Structural Floor Panels Design Guide / Supercrete NZ Limited, 2008, 52 p.
10. Газобетон как перспективный стройматериал: опыт применения за рубежом // Стройка. – 2009. – № 20. – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.sibyt.ru/about/opyt-primeneniya-za-rubezhom.php>.
11. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01–84).
12. СНиП 2.03.01–84* Бетонные и железобетонные конструкции.
13. СТБ EN 12602–2011. Изделия железобетонные заводского изготовления из автоклавного ячеистого бетона.
14. ТКП 45–2.04–196–2010. Строительная теплотехника (с изм. 1). Строительные нормы проектирования.
15. Трамбовецкий, В.П. Ячеистый бетон в строительстве // Технологии бетонов. – 2007. – № 2. – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://old.stroi.mos.ru/nauka/d26dr6838mOrr6339.html>.