

“Зеленое” строительство из сборного автоклавного газобетона. Новые методы применения ячеистого бетона

Виллем М. ван Боггелен, Антон Купава,
AIRCRETEEurope (Олдензаал, Нидерланды)

Сегодня автоклавный ячеистый бетон (АЯБ) является одним из самых экологически чистых строительных материалов. Универсальность номенклатуры газобетона и технико-физические свойства материала позволяют рассчитывать на высокоскоростное и энергоэффективное строительство из газобетонных элементов. В докладе предлагаются разные варианты достижения энергонейтрального строительства с ячеистобетонными изделиями, используя существующие знания и подтвержденную практику из ЕС.

“Зеленое” строительство

Технологии AIRCRETE развиваются в течение последних лет, делая “зеленый” образ жизни более доступным для всех нас. Энергосберегающее строительство в настоящее время уже больше чем просто тенденция. Директива, подписанная Советом Европы в 2010 году, обязала после 2018 года все общественные постройки и принадлежащие государству здания, а к концу 2020 года – все здания строить с почти нулевым потреблением энергии. Новая Директива об энергоэффективности дд. 2012 г. дополняет Директиву 2010 г., установив цели для снижения энергопотребления странам-членам ЕС.

Что значит энергонейтральное здание – здание с нулевым потреблением энергии?

Углеродно-нейтральное здание – это сооружение, которое не вызывает увеличения выброса углекислого газа (CO_2). Это означает, что потребление энергии и выработка энергии самой конструкцией должны быть в балансе или нейтральными. Для достижения этой цели очевидный шаг заключается в сокращении энергопотребления зданий, который имеет непосредственное влияние на используемые стройматериалы, а также строительные методы. Сегодня в большинстве стран Западной Европы требуемый стандарт термического сопротивления здания составляет $R_c > 6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для полов, стен и кровли. Например, пассивные дома в Нидерландах достигают значений $R_c = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Газобетонные изделия низкой плотности

Для производителей газобетона такая глобальная тенденция строгого энергосбережения предлагает больше возможностей, чем угроз. Ключевым аспектом успешной адаптации к новым правилам будет предложение строительных решений, состоящих из материалов с превосходной комбинацией конструктивно-теплоизоляционных свойств. Технологический Треугольник AIRCRETE выделяет важность высококачественного газобетона в энергоэффективном строительстве, беря основные свойства АЯБ за основу.

Теплопроводность изделий должна быть значительно снижена, чтобы соответствовать новым требованиям теплопотерь. Технологии AIRCRETE приспособили производство блоков и панелей низкой плотности ($300 \text{ кг}/\text{м}^3$) со значением $\lambda = 0,07-0,08 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$. Плотность изделий напрямую связана с их прочностью на сжатие, а вот достижение хорошего сочетания этих двух свойств и одновременно уменьшения теплопроводности является непростой задачей. Только хорошее сырье, точная формула производства (с добавками) и самые современные технологии дают возможность производить изделия низкой плотности из АЯБ с подходящей геометрией и описанными выше физико-техническими значениями.

Строительные нормативы экологичности заставляют газобетонную индустрию также сосредоточиться на изделиях сверхниз-



Рис. 1. Технологический Треугольник AIRCRETE

Плотность	Сверхнизкая	Низкая	Высокая
Прочность на сжатие (Н/мм ²)	0.5 – 2	3 – 5	5 – 10
Плотность (кг/м ³)	110 – 300	300 – 500	500 – 800
Коэффициент теплопроводности (Вт/м·°С)	0.044 – 0.07	0.07 – 0.11	0.12 – 0.16

Рис. 2. Типовые характеристики автоклавного газобетона

кой плотности. Блоки из АЯБ плотностью 110–130 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,044$ Вт/м·°С сегодня не являются исключением. В связи с ограниченностью деформационно-прочностных качеств сверхлегкие элементы из АЯБ не являются несущими и в основном используются для изоляции.

Изделия сверхнизкой плотности отлично комбинируются с панелями в строительной системе AIRCRETE (см. доклад “Быстровозводимое строительство из автоклавного газобетона”). Примером может быть газобетонный дизайн сэндвич-панелей, которые сочета-

ют в себе стандартные газобетонные панели с ультра-легким газобетоном для достижения термического сопротивления (R_c) в 6,5 м²·°С/Вт. Для достижения термического сопротивления в 10 м²·°С/Вт и выше, требуется двойная или тройная система сочетания слоев панелей различной плотности с низкой плотностью (300 кг/м³) и такими материалами, как твердая полиизоциануратная пена ($\lambda = 0,021$ Вт/м·°С) или стекловата ($\lambda = 0,037$ Вт/м·°С) между ними. Оба решения помогают сохранить толщину стены в пределах коммерчески допустимых 500 мм (в Европе). Такого типа газобетонные сэндвич-изделия со сверхлегкой плотностью или другими высокоизоляционными материалами производятся на заводском этапе с уже автоклавированной продукцией на (полу) автоматических сборочных линиях. Важно отметить, что методы производства таких плотностей из АЯБ требуют утонченных технологий и простого процесса резки, где массивы не кантуются, где не существует проблем слипания изделий и нет механических устройств разделения в сыром или автоклавированном состоянии.



H+HThermosteinMW
Изоляция: Стекловата
Толщина – 400 мм
 $R_c = 6.25$



YtongEnergyplus
Изоляция: Multipor
Толщина – 400–500 мм
 $R_c = 6.5–8.9$



H+HThermostein
Изоляция: Пена IPN
Толщина – 400 мм
 $R_c = 7.69$

Рис. 3. Новое поколение энергонеутрального газобетона (источник: H+H International и Xella Nederland)

Инfiltrация воздуха

Для того чтобы обеспечить меньшую энергозатратность для постоянного нагревания и охлаждения здания, должна быть достигнута **соответствующая герметичность** в соответствии со стандартами ЕС (см. EN-13829). Другими словами, плохое уплотнение контура, которое приводит к сквознякам, должно быть устранено. Инfiltrация воздуха и сте-



Рис. 4. Пассивный дом (Голландия):

а) плиты покрытия

б) стеновые и кровельные панели

в) готовый дом.

Внешние стены – блок (300 кг/м³; шир. 480 мм),
внутренние стены – панель (600 кг/м³; шир. 150 мм)

пень эксfiltrации попадают под компетенцию архитекторов, а также зависят от методов строительства и характеристик используемых стройматериалов. Строгие допуски изделий из АЯБ и применение тонкослойного клея повышают шансы на воздухопроницаемое здание. Риск строительства с газобетонными блоками приходит с большим количеством соединений, которые должны быть склеены или уложены вручную. Здание из панелей из АЯБ сводит к минимуму количество соединений, которые должны быть заделаны, в результате чего вся конструкция менее склонна к пропуску воздуха. Несмотря на то, что стены могут быть впоследствии оштукатурены, ненадлежащая кладка блоков приводит к снижению уровня герметичности. Таким образом, для обеспечения высокой производительности энергонейтральных построек крупноформатные панели и плиты являются предпочтительнее блоков, когда речь идет об энергосберегающем и скоростном строительстве. Переход к высокоэкологичному строительству также знаменует собой конец применения толстого шва раствора при кладке. Достижение энергонейтральности жилья также предполагает отказ от ручных захватов в блоках и от профилей в стеновых панелях из АЯБ, потому что абсолютно все стороны материала в экодоме должны закрываться тонким слоем клея, чтобы минимизировать утечку воздуха.

Литература

1. European Commission, 2014. Energy Efficiency Directive. Accessed at: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.html

2. European Council for an Energy Efficient Economy (ecee), 2013. Understanding the Energy Efficiency Directive – Steering through the maze #6: A guide from ecee. Accessed at http://www.ecee.org/ecee_Maze_guide6EED.pdf

3. Waite M.B., O'Brien S.M., 2013. AIR LEAKAGE: DIFFICULTIES IN MEASUREMENT, QUANTIFICATION AND ENERGY SIMULATION. National Institute of Building Sciences. Accessed at http://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/BEST/BEST2_018_WB6-1.pdf

4. W.van Boggelen, 2005. Developments and opportunities for AAC with modern production technology. 4th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, London, ISBN 978-04-15383-56-1.

5. W.van Boggelen, 2011. The contribution of AAC in securing a sustainable future. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Bydgoszcz, ISBN 978-83-89334-26-4.