

Эксплуатационные характеристики автоклавного газобетона марки по средней плотности D400

Performance characteristics of autoclaved aerated concrete with density 400 kg/cub.m

исполнительный директор Гринфельд Глеб Иосифович
Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона
+7 (921) 348 9972; greenfeld@mail.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Executive director Gleb Josephovich Grinfeld
National Association of autoclaved aerated concrete
+7 (921) 348 9972; greenfeld@mail.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: автоклавный ячеистый бетон, газобетон, условия эксплуатации, эксплуатационная влажность, анкеры, несущая способность, прочность, кладка, тонкий кладочный шов, D400.

Приведен обзор литературы, касающейся эксплуатационных характеристик ячеистых бетонов, исследований автоклавного ячеистого бетона марки по средней плотности D400 и воздействий, которым подвергается каменная кладка в современных стеновых конструкциях. Из анализа источников сделан вывод о недостаточности сведений о поведении газобетона D400 в составе ограждающих конструкций.

Key words: autoclaved aerated concrete, performance conditions, moisture content, ancors, loadbearing ability, compressive strength, masonry, thin layer mortar, D400.

The article provides an literature overview on the performance characteristics of the cellular concrete, research autoclaved aerated concrete with density D400 kg/cub.m; overview on the impacts, exposed stonework in modern constructions. From the analysis of the literature made the conclusion about insufficiency of information about the behavior of aerated concrete D400 in the composition of the enclosing structures.

1. Введение

Снижение материалоемкости строительства (и сопряженное с ним снижение трудоемкости) при сохранении и улучшении потребительских характеристик зданий и сооружений стало основным, прослеживаемым на протяжении XX века, направлением развития строительства. Так за период с 1911 по 1980 г. средняя материалоемкость наружных стен каменных зданий в Санкт-Петербурге снизилась от полутора до восьми раз: с 1206 кг/м² (2 ½ полнотельных кирпича) [1, 2] до 150–400 кг/м² (серии 600.11 и 504) для панельных зданий и 728 кг/м² (2 щелевых кирпича) для кирпичных.

Однако с 1970-х годов стала явной и обратная тенденция — увеличение материалоемкости строительства с целью снижения эксплуатационных расходов [3, 4]. Требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций отапливаемых зданий сначала были в дополнение к исключительно санитарно-гигиеническим дополнены экономическими [4] (в редакции Постановления Госстроя СССР от 14.03.1979 №28), а затем заменены требованиями энергосбережения [4] (в редакции 1995 г.) [5]. Проведенная дважды за последние сорок лет смена парадигмы нормирования тепловой защиты [6] привела к последовательному росту материалоемкости строительства, который особенно заметен в странах Евросоюза [7]. Сходный рост требований к теплозащитной оболочке зданий прослеживается и в нашей стране [5, 8, 9].

Для того чтобы повышение теплозащитных характеристик оболочки здания не влекло за собой линейный рост материалоемкости этой оболочки, разрабатываются и внедряются новые строительные материалы и конструкции, получают развитие новые конструктивные схемы зданий [10]. Так, например, в последние два десятилетия в отечественном строительстве появились слоистые ограждающие конструкции с системами наружного утепления [11–15], легкие каркасно-обшивные ограждающие конструкции [16]. Произошли изменения и в ассортименте традиционных подотраслей промышленности строительных материалов: налажен выпуск силикатных стеновых блоков [17], появились

крупноформатные изделия из керамики и керамические изделия с поризованным черепком [18] – единственный вид строительной керамики, демонстрирующий устойчивый рост объемов выпуска; значительно выросло производство неармированных изделий из автоклавного ячеистого бетона [19], более чем на 20% снизилась средняя плотность выпускаемых автоклавных ячеистых бетонов (АЯБ) [19, 20]. Промышленностью освоен выпуск ячеистобетонных блоков низких плотностей (D300–D400) [21, 22] с достаточной для конструкционных материалов прочностью (класс по прочности при сжатии B1,5 [23, 24]).

Появление новых материалов и конструкций, обладающих сравнительно высокими теплозащитными свойствами, призвано совместить обе основные тенденции современного строительства: продолжающееся снижение материалоемкости, как основную экономическую задачу и повышение теплозащитных характеристик оболочки здания, как составляющую общей задачи снижения энергопотребления.

Производство автоклавных ячеистых бетонов в России стремительно увеличивается. После двукратного спада производства, произошедшего в 1990-х гг. за счет значительного сокращения выпуска армированных изделий (при одновременном росте производства мелких блоков), за период 2000–2012 гг. производство автоклавных ячеистых бетонов в России выросло почти в 7 раз, а установленные производственные мощности увеличились почти в 10 раз [25, 26, 19, 21].

Увеличение объемов выпуска АЯБ происходит быстрее, чем растут объемы строительства. Если в 2000-м году потребление ячеистых бетонов по данным ФСГС составило 0,021 м³/м² введенного жилья, то в 2011 это значение составило уже 0,061 м³/м². Более 85% выпуска АЯБ осуществляется на новом оборудовании, введенном в период после 2002 г., более 90% – на оборудовании, введенном в период после 1991-го года [19, 21, 73].

Современные производства во всех случаях оснащены скоростными смесителями, обеспечивающими высокую степень однородности бетонной смеси и кантователями массива, позволяющими осуществлять резку массивов на изделия короткими (до 0,8 м) струнами, что обеспечивает высокую геометрическую точность изделий [27]. Наряду с низкими коэффициентами вариации прочности и плотности современных автоклавных ячеистых бетонов, а также с высокой геометрической точностью изделий из них, современные производства оказались способными к производству ячеистых бетонов низких плотностей (D300–D400) со сравнительно высокой прочностью [21, 22, 25, 26, 27].

Автоклавные ячеистые бетоны низких (D500 и ниже) плотностей обладают сравнительно невысокой (до 0,15 Вт/м×°С) теплопроводностью [26, 28]. Кладка из блоков из них на тонкослойных клеевых растворах обладает высоким коэффициентом теплотехнической однородности по гладкой стене [29, 30, 31]. Такие характеристики кладки позволяют использовать низкоплотные ячеистые бетоны (ЯБ) в большинстве регионов России для устройства однослойных ограждающих конструкций экономически приемлемой толщины. Востребованность такой конструкции наружных стен подтверждается экономическим расчетом [29] и рыночным спросом на такие материалы, как со стороны индивидуальных потребителей, так и со стороны крупных застройщиков [19, 21, 22].

Однако автоклавные ячеистые бетоны марки по средней плотности ниже D500 действовавшими по состоянию на 2006 г. нормативами [32–34] были относимы к теплоизоляционным материалам. Большинство исследований характеристик автоклавных ячеистых бетонов производилось в 1960–80-е гг. на бетонах марок D600–D1200 [35–37]. Полученные результаты зачастую экстраполировались на марку D500 [38]. Исследований ячеистых бетонов марок D400 и ниже как конструкционно-теплоизоляционных материалов до 2000-х годов в России не проводилось.

Конструкции из автоклавного ячеистого бетона марки по средней плотности D400 начали применяться в ограждающих конструкциях зданий с несущим железобетонным каркасом в г. Москве с 2000-го года [22, 26, 29, 74] (блоки производства ОАО «ЛЗИД»). К тем же годам относится первый опыт применения марки D400 в коттеджном строительстве – в Беларуси из продукции РУП «Забудова», в ЦФО – ОАО «ЛЗИД» (г. Липецк), ОАО «Коттедж» (г. Самара), ФГУП «211 КЖБИ» (г. Санкт-Петербург).

Автоклавный ячеистый бетон марки по средней плотности D400 обладает повышенными по сравнению с более плотным бетоном теплозащитными характеристиками (коэффициент теплопроводности D400 на 20% ниже, чем у D500 и в полтора раза, чем у D600) [28, 35]. При этом ряд его характеристик при работе в составе современных ограждающих конструкций оставался не изученным. Прочность и деформативность кладки при действии вертикальных нагрузок, влажностное состояние при работе в качестве единственного конструкционно-теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции, работа в качестве основания для закрепления навесных элементов конструкций.

2. Обзор литературы

Вопросы зарождения двух технологий: автоклавной обработки силикатных материалов и создания ячеистой структуры бетонов на различных видах вяжущих материалов становились в последнее десятилетие предметами исторического анализа не единожды. Подробно эти вопросы разобраны в [36, 39–41]. Здесь приведем основные вехи становления промышленности автоклавных ячеистых бетонов, используя, в основном, результаты анализа, проведенного в работах [36, 39].

Автоклавные силикатные материалы в виде опытно-промышленных и промышленных образцов были созданы в XIX в.: А. Добре и Г. де Сенармон во Франции, Ш. Рауленд в США и В. Михаэлис в Германии разными путями пришли к получению искусственных камней в автоклавах. Их работы показали возможность получения прочного искусственного камня при сравнительно низких температурах в присутствии воды или водяного пара (в отличие от высокотемпературного обжига в керамической промышленности). Эффективность автоклавной обработки породила большое число публикаций и изобретений в разных странах к концу XIX в. [42].

Получение ячеистых бетонов было впервые запатентовано пражским инженером Гофманом, получившим в 1889 г. патент на изготовление бетонов, ячеистая структура которых образовывалась за счет выделения углекислого газа при реакции соляной кислоты и гидрокарбоната натрия [22].

Газобетон впервые запатентован в США в 1914 г. — J.W.Aylsworth и F.A.Dyer получили патент на изготовление ячеистого бетона на основе цемента и алюминиевой пудры [36].

Промышленное производство автоклавного газобетона для жилищного строительства началось в 1924г. в Швеции фирмой Skåvde Gazobeton AB под торговой маркой Durox, который по лицензии был распространен в Дании, Франции, Голландии, Норвегии, Румынии и США [36].

В 1929 г. под руководством Карла Августа Карлена заработал завод газосиликата (АЯБ на известковом без применения цемента вяжущем) на основе технологии, запатентованной в 1923 г. Акселем Эрикссоном. Завод построен вблизи г. Хэллброттет в селе Yxhult (фирмой Yxhult Stenhuggeri AB), первые буквы названия которого в сочетании со вторым слогом шведского слова "бетон" (betong) дали название (в 1940г.) выпускаемой продукции «Итонг» (Ytong). Коммерчески успешное производство автоклавного ячеистого бетона в межвоенной Европе развивалось интенсивно. В Швеции этому способствовал дефицит лесоматериалов (продаваемых за рубеж, особенно в предвоенную Германию), и обнаружение удобных к освоению месторождений известняков и горючих сланцев, послуживших (после обжига) вяжущим автоклавного твердения. Коммерческий успех к автоклавным ячеистым бетонам пришел благодаря сравнительной дешевизне и пожаробезопасности газосиликатных зданий в сравнении с деревянными [36, 43, 44].

В это время бывший главный химик фирмы АО Лохъян Калккитехдас профессор Леннарт Форсен, работавший в области автоклавного цементного газобетона, переехал из Финляндии в Швецию по приглашению фирмы Skanska Cement-AB, где вместе с инженером Иваром Эклундом (K.J.A. Eklund) разработал технологию автоклавного газобетона (на цементе и молотом песке, без добавки извести). Соответствующий продукт получил фирменное название "Сипорекс" (Siporex) начиная с 1934 г. [36, 44]

В Дании, используя шведский опыт, начали в 1936 г. выпускать газобетон на смешанном вяжущем.

С 1939 г. заработала в Германии фирма Nebel ("Хебель"), также используя шведский опыт и смешанное вяжущее.

В дальнейшем эти и другие фирмы, перенимая опыт друг друга, выпускали продукцию под различными фирменными названиями (в том числе "порит", "термолайт", "кальсилос", "бебалит", "униполь", "аэрокрет", "шимабетон" и т.д.), причем технологии характеризовались не столько сырьевыми материалами, сколько особенностями резательных машин.

На территории СССР первый газобетонный завод построен в 1937 г. в Риге (завод "Ригипс", затем "Цементно-шиферный завод") по лицензии фирмы "Сипорекс" (на цементе и песке), а жилые дома, построенные из мелких блоков, выпускавшихся этим заводом, успешно эксплуатируются уже более 70 лет [45–47].

В 1947 г. Польша купила в Швеции технологию и частично оборудование фирмы "Сипорекс" и построила у себя несколько заводов автоклавного газобетона. Наладив выпуск оборудования, 7 заводов Польша продала в Чехословакию и 10 заводов в СССР. Таким образом, можно считать, что советское промышленное производство автоклавного газобетона было (косвенно) простимулировано фирмой «Сипорекс» [36, 45].

Внедрению автоклавного газобетона в строительство СССР, однако, поспособствовали предыдущие отечественные наработки.

В России промышленное производство силикатных материалов (изначально — полнотелого кирпича) было организовано еще в конце XIX в. В 1901 г. в России было 9 заводов силикатного кирпича [42].

Первые исследования неавтоклавных ячеистых бетонов (пенобетона и газобетона) в СССР выполнены в 1928 г. А.А. Брюшковым и М.Н. Гензлером [48]. Работы продолжил в 1932 г. Б.Н. Кауфман. Внедрение в строительство пенобетона началось в 1930–1932 гг. на стройках Москвы, Ленинграда и других городов. Пенобетон естественного твердения плотностью 400–500 кг/м³ применялся в качестве монолитной теплоизоляции кровель [45, 49].

В 1932–1935 гг. Н.А. Поповым, В.В. Ризоватовым были продолжены исследования и осуществлено внедрение в строительство неавтоклавного газобетона на портландцементе, воде и алюминиевой пудре. Однако монолитные пенобетон и газобетон требовали большого расхода цемента (350–450 кг/м³), имели небольшую прочность при сжатии (5–7 кг/см²) и значительную усадку, вызывавшую трещины и даже разрушение изделий [45].

По инициативе П.В. Лапшина в СССР в 1932 г. было начато изготовление ячеистых силикатных изделий, в частности пеносиликата, а в конце 1930-х гг. было начато широкое промышленное производство автоклавных сборных деталей. Тогда же М.Н. Гензлер в Ленинграде, И.Т. Кудряшев в Москве стали применять автоклавную обработку как средство увеличения прочности, уменьшения трещинообразования и усадки пенобетона [42].

Производство автоклавного армопенобетона впервые было организовано в 1938–1939 гг., в Челябинске и Новосибирске в виде кровельных плит, выполняющих несущие и теплоизоляционные функции, затем в 1940 г. в поселке Лыткарино под Москвой, в 1948 г. — в Днепропетровске [50].

В 1939 г. был получен пеносиликат на молотой извести-кипелке (И.Т. Кудряшев и др.). На основе этих работ с 1941 года начали выпускать покрытия промышленных зданий из армопеносиликатных плит на цементе и извести, в которых сочетались и конструкционные, и теплоизоляционные функции ячеистого материала [45].

В 1953 г. в Березняках было организовано производство крупноразмерных армопенобетонных изделий для бескаркасных панельных домов с поперечными несущими стенами. В 1954 г. в Таллине, а затем и во многих других городах (Барнаул, Ижевск, Колпино) начат выпуск пеносиликальцитных стеновых блоков для малоэтажного строительства.

В конце 1956 г. на заводе крупнопанельного домостроения в Первоуральске освоено производство несущих стеновых панелей «на комнату» с проемом из армопенобетона, а в 1959 г. в Свердловске применены самонесущие панели «на комнату».

С 1957 г. началось изготовление теплоизоляционного газобетона на основе пергидроля на бетонных заводах в городах Новая Каховка и Жигулевск [45, 50].

И только в конце 1950-х в СССР был налажен выпуск автоклавного газобетона на поставленном Польшей оборудовании. Один из этих десяти [36] заводов заработал в Ленинграде в 1959 г. Он вошел в состав Домостроительного комбината №3 (ДСК-3 Главленинградстроя). В 1960-е гг. из продукции ДСК-3 было построено более 3 млн. кв.м жилых зданий [36].

К 1960-м годам производство автоклавных ячеистых бетонов стало самостоятельным, растущим научным направлением, во многом опережающим европейские наработки в этой области. В 1960–70-е годы разрабатывались и внедрялись технологии воздействия на растущий массив (вибрационная, затем ударная) [51], позволяющие менее критично относиться к качеству сырья. Велись исследования зависимостей свойств бетонов от характеристик сырьевых компонентов, технологических режимов изготовления, построение корреляционных зависимостей прочности от плотности, морозостойкости от плотности, состава и технологии производства, механические свойства ячеистых бетонов (Чернышов Е.М., Федин А.А., Муст Х., Левин Н.И., Пинскер В.А., Макаричев В.В. [52–58]). Изучались сорбция ячеистых бетонов, их теплопроводность, воздухо- и паропроницаемость, капиллярные свойства и др. (Р.Е. Брилинг, К.Ф. Фокин, А.У. Франчук, Г.Ф. Кузнецов, Б.Ф. Васильев, Ф.В. Ушков [59–64]). Со второй половины 1960-х гг. подавляющее большинство вводимых производственных мощностей были ориентированы на газовый способ образования ячеистой структуры и автоклавную обработку бетона.

К концу 1980-х годов производство армированных изделий и мелких блоков в СССР составляло около 6 млн.куб.м в год. В 1989 году средняя плотность бетона панелей наружных стен составляла 687

кг/куб.м, средняя плотность бетона мелких блоков — 643 кг/куб.м. В то же время в УралНИИИстромпроекте и в ЛенЗНИИЭПе были выполнены работы, позволившие начать опытно-промышленное производство армированных панелей из вариотропного газобетона со средней плотностью 350 кг/куб.м.

К этому времени в СССР из ячеистых бетонов было построено более 200 млн. м² общей площади жилья, более 40 млн. м² промзданий, более 5 млн. м² животноводческих комплексов и более 20 млн. м² культурно-бытовых и общественных зданий [20].

При этом, несмотря на высокий уровень отечественных научных разработок, ориентиром для советской промышленности служили западноевропейские достижения (понижение плотности панелей и блоков вплоть до 300 кг/куб.м), основанные в первую очередь на стабильном качестве сырья и оборудовании, обеспечивающем высокую однородность материала [20].

В 1991 г. в СССР было выпущено 5,7 млн м³ автоклавного ячеистого бетона, в т.ч. 1,6 млн м³ армированных изделий. Намечалось довести выпуск изделий в 1995 г. до 40 млн. м [20].

В 1987 году, с принятием очередной жилищной программы СССР, основным средством ее реализации стала научно-производственно-техническая программа «Система эффективного строительства жилых и общественных зданий из ячеистых бетонов», утвержденная постановлением Госстроя №157 от 09.08.87 г. и сформированная из 6 подпрограмм:

1. Организация массового производства комплектных изделий для жилищного и общественного строительства из ячеистых бетонов на базе новейших технологий;
2. Организация изготовления комплектного оборудования для заводов нового поколения по производству ячеистых бетонов мощностью 150–200 тыс.куб.м в год;
3. Развитие мощностей по производству извести для полного удовлетворения потребности выпуска ячеистых бетонов;
4. Система эффективных проектных решений жилых домов и объектов социальной сферы, образующих градостроительные комплексы из ячеистых бетонов;
5. Разработка комплексных проектно-технологических решений зданий и их элементов из ячеистого бетона;
6. Экспериментальное и головное проектирование и строительство градостроительных комплексов из ячеистых бетонов.

Принятая программа предполагала строительство около 250 новых заводов автоклавного ячеистого бетона с доведением его общего выпуска к 1995 году до 40–45 млн.куб.м в год [20, 22].

Планы предусматривали не только механическое наращивание объемов выпуска автоклавных бетонов. Важной задачей было объявлено снижение средней плотности выпускаемой в стране продукции: «При снижении объемной массы ячеистого бетона можно утоньшить стены и снизить расход материала на 1 кв.м общей площади, что эквивалентно росту производства материала. Так, снижением плотности с 600 кг/куб.м до 300 кг/куб.м толщину стены можно уменьшить вдвое, а расход материалов — в 4 раза», «Таким образом, 7-кратное увеличение производства ячеистых бетонов в нашей стране следует сопровождать двукратным снижением их объемной массы...» [20].

Действительность, однако, в силу особенностей советской экономики и динамики мировых цен на энергоносители, не дала реализоваться столь амбициозным планам. Плановый рост производства автоклавных армированных изделий и мелких блоков с 6 до 40 млн.куб.м обернулся падением до уровня 3,5 млн.куб.м (из них в России около 2 млн.куб.м) [19, 22, 51].

При этом советские инвестиционные программы обладали некоторой инерцией. Так, закупленное в конце 80-х с правом копирования оборудование фирмы «Итонг» было смонтировано в г. Самаре уже в постсоветское время и ОАО «Коттедж» начал выпуск блоков из автоклавного бетона в 1995-м году. Оборудование было скопировано в Набережных Челнах и им (в упрощенном исполнении) был оснащен набережно-челнинский «Завод ячеистых бетонов» [19].

Практически параллельно с монтажом закупленного оборудования фирмы «Итонг» в рамках программы вывода советских войск из Германии на пространстве бывшего СССР было построено несколько заводов по выпуску изделий из автоклавного газобетона на оборудовании фирмы Hebel («Хебель») (завод в Липецке, 211 КЖБИ МО РФ в г. Сертолово под Санкт–Петербургом, комбинат

«Забудова» в п. Чисть в Белоруссии). В то же время был запущен завод «Сибит» на оборудовании «Итонг» в г. Новосибирске.

Заводы на импортном оборудовании, запущенные в 1994–97-м годах, обеспечили появление на российском строительном рынке более 0,5 млн.м³ газобетонных блоков с высокой точностью геометрических размеров, позволяющей вести кладку на тонкослойных клеевых растворах. Продукция этих заводов, ставшая действительным «газобетоном нового поколения», существенно повлияла на конструктивные решения жилых и офисных зданий с монолитным каркасом, старт коммерческого строительства которых пришелся как раз на конец 1990-х гг. [19].

До конца 1998-го года инвестиционный климат в России не способствовал притоку сравнительно крупных частных капиталов в производство строительных материалов. Такая ситуация породила появление и бурное развитие значительного количества небольших производств неавтоклавного ячеистого бетона.

Изменения инвестиционного климата после 1998-го года и последовавший рост спроса и цен на жилье, а также общий рост объемов строительства, привели к постепенному увеличению объемов инвестиций в промышленность строительных материалов, что привело к заметному росту производства автоклавного газобетона. За период 2000–2012 гг. производство изделий из автоклавного газобетона в России выросло более чем в 6 раз [19, 21]. Автоклавный газобетон — наиболее быстрорастущий сегмент рынка стеновых материалов [17–19].

3. Прочностные и деформативные характеристики автоклавных ячеистых бетонов

Прочностные и деформативные характеристики автоклавных ячеистых бетонов были хорошо изучены в 1960–80-х гг. [46, 57, 58, 90]. В этот период основным исследуемым материалом уже стал автоклавный газобетон, как материал, обеспечивающий основной выпуск ячеистых бетонов в СССР. Основные выпускаемые плотности армированных изделий в описываемый период составляли 700–800 кг/м³, мелкие блоки как правило производились плотностью 600–700 кг/м³. Меньшие значения средних плотностей в незначительных количествах производились преимущественно в Белоруссии, Эстонии и Ленинграде [20, 36, 38, 46, 72]. Большой вклад в исследования прочностных и деформативных характеристик ячеистых бетонов внесен в частности Силаенковым Е. С. [46], Макаричевым В. В. [136], Левиным Н. И. [56], Пинскером В. А. [57, 58] и др. Поскольку исследования проводились на существовавшей в стране материальной базе, нижней границей плотности для конструкционных бетонов, прочность которых принималась в расчет при устройстве несущих конструкций, была принята сначала 600 кг/м³ [98], затем — 500 кг/м³ [32]. Прочность ячеистых бетонов плотностью 300–400 кг/м³ устанавливалась на образцах кубиках, цилиндрах и призмах [46]. Такие бетоны применялись только для выпуска теплоизоляционных изделий [34]. Армированные изделия из бетонов плотностью менее 500 кг/м³ в СССР не изготавливались, блоки для каменной кладки не производились. Ячеистые бетоны плотностью 400 кг/м³ и ниже применялись с 1960-х гг. для производства армированных изделий и устройства несущей каменной кладки в странах Западной Европы [43, 44].

Технологические особенности производства автоклавного газобетона на современных российских заводах [21] имеют значительные отличия в смесеприготовлении, составе сырьевых компонентов и рецептурах исходных смесей от технологий, освоенных советской промышленностью [99]. Прочность и деформативность автоклавного газобетона, производимого на современных заводах, описана в работах Гойкалова А.Н. [40], Славчевой Г. С. [100], касаются ее Киселев Д. А. [101], Литвиненко Д.В. [29], Кузнецов Д. В. [41]. Прочностные и деформативные характеристики автоклавного ячеистого бетона, выпускаемого в Республике Беларусь, рассмотрены в работе [72].

4. Прочностные и деформативные характеристики кладки из неармированных блоков

Общие сведения о прочности и деформативности каменных кладок изложены в классическом труде Онищика Л.И. [103]. В отечественных нормах эти исследования, продолженные в основном в ЦНИИСКе, закреплены в [24]. В нормативном поле Евросоюза требования к расчету каменной кладки содержатся в Еврокоде 6. Общие требования изложены в [104]. При этом в указанном документе кладка с тонким швом (в отечественной литературе традиционно называемым «клеевым») рассчитывается без учета прочности материала шва [105], а ячеистые бетоны рассматриваются как несущие вне зависимости от плотности при условии обеспечения средней прочности (при испытании по [106]) не ниже 1,5 Н/мм² [107]. Сравнение расчетных методик определения прочности при сжатии каменной кладки, используемых в нормативах

разных стран, и результаты этих расчетов сравнены С.Л. Галкиным в [72]. Частично такой разбор проводится в [105].

В последнее десятилетие в странах Евросоюза строительство однослойных конструкций из автоклавного ячеистого бетона ориентировано на применение низких плотностей (300, 350, 400 кг/м³). Основными изучаемыми параметрами при этом являются методы усиления кладок (например, [108]) и теплозащитные свойства газобетонных конструкций (например, [109, 110]), как наиболее актуальные при текущем изменении требований к зданиям [7].

Прочность и деформативность армированной кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков стала предметом диссертационной работы Гойкалова А.Н. [40]. Работа выполнена на примере кладки из блоков марки по средней плотности D600. В ЦНИИСКе им. В.А. Кучеренко Джамуевым Б.К. под руководством Грановского А.В. исследовалась возможность использования кладки из блоков марки по средней плотности D500 для применения в сейсмических районах строительства [102]. В ходе исследования получены данные о прочности и деформативности такой кладки [137].

5. Эксплуатационная влажность ячеистобетонных конструкций

Развитие теории и практических методов расчета влажностного состояния ограждающих конструкций подробно рассмотрено в [121].

Проблема влажностного состояния ограждающих конструкций была описана в 1920-х гг. — с началом промышленного производства слоистых ограждающих конструкций. Механизм увлажнения конструкций конденсирующимися в толще ограждения парами, мигрирующими под действием разницы парциальных давлений из отапливаемого помещения в сторону улицы, был качественно описан В.Д. Мачинским [111]. Количественно (первый расчетный метод) вопрос был впервые рассмотрен К.Ф. Фокиным [112]. Метод позволял определить зону конденсации парообразной влаги и давал качественную информацию о динамике влажностного состояния. В дальнейшем метод совершенствовался и развивался другими исследователями, в числе которых Ушков В.Ф. [60], Ильинский В.М. [113], Шкловер А.М. [114]. Метод расчета влажностного состояния ограждающих конструкций под действием сорбирующейся и конденсирующейся влаги, мигрирующей при стационарных условиях эксплуатации под действием разницы парциальных давлений водяного пара по обе стороны ограждения, был закреплен в отечественных нормах проектирования тепловой защиты в части защиты от переувлажнения [3, 4, 5, 83]. Его популярности и широте использования способствует ясность физической модели и простота применения.

Однако, поскольку процессы влагопереноса обладают большой инерционностью и малой интенсивностью, стационарный метод расчета имеет свои ограничения. Для повышения точности расчета влажностного состояния материалов в конструкциях стали разрабатываться методы расчета нестационарного влажностного режима. Нестационарный метод предложил К.Ф. Фокин («метод последовательного увлажнения» [61]). В дальнейшем расчет дополнялся учетом движения жидкой влаги. В.Г. Гагарин развил метод последовательного увлажнения (математическая модель, учет пароизоляционных слоев и движения незамерзшей влаги, учет увлажнения поверхностей [117]).

Введение В.Н. Богословским понятия потенциала влажности [118] обеспечило сравнительную простоту расчетной модели, но требовало экспериментального определения расчетных характеристик материалов. Теория Богословского была развита Е.И. Тертичником [120] и А.Г. Перехоженцевым [119], ее совершенствование продолжается [118].

С появлением и развитием вычислительной техники отпала необходимость в простоте и изящности расчетных методик определения влажностного состояния ограждающих конструкций. Однако необходимость учета различных влажностных характеристик материалов, определение которых требует отдельной экспериментальной работы, затрудняет использование точных расчетных методов.

За рубежом (в Германии) стационарный метод расчета в 1950-х предложил Г. Глазер [115]. Метод был позднее закреплен в нормативах [116]. Отсутствие обобщающих теоретических работ препятствовало развитию методов расчета нестационарного режима увлажнения ограждающих конструкций. Первой теоретической работой, доступной к изучению за пределами СССР стал перевод книги А.В. Лыкова [122], изданный в 1966 г. в США.

Теория влажностного режима ограждающих конструкций в Германии развивалась в работах Н. Klopfer [124], К. Gertis [123], К. Kießl [123]. В 1990-х гг. Н. М. Kunzel (работая под руководством К. Kießl и К.

Gertis) создал программу расчета двумерных нестационарных температурно-влажностных полей [125], дающую хорошую возможность прогнозировать влажностный режим ограждающих конструкций.

Обзор зарубежных работ по методам расчета влажностного режима сделан А.С. Anderson [126] из Лундского технологического института (Швеция). По заключению В.В. Козлова [121] в других странах исследования влажностного режима ограждающих конструкций не носят систематического характера, интерес представляют отдельные практические работы.

Инженерный метод расчета влажностного состояния современных ограждающих конструкций разработан В.В. Козловым [121]. В последние полтора десятилетия, в связи с привлечением внимания к вопросам теплозащитных свойств ограждающей оболочки зданий [4,5, 7, 8], появилось значительное количество работ, рассматривающих тепло- массоперенос в ограждающих конструкциях. В частности можно отметить работы Киселева И.Я. [140], Хуторного А.Н. [141] и др.

Параллельно с построением теоретических моделей и методов расчета влажностного состояния ограждений зданий, велась работа по экспериментальному определению влажностных характеристик материалов и влажностного состояния ограждающих конструкций.

Первым учитываемым параметром стала паропроницаемость материалов [3]. Затем в число основных определяемых параметров добавился коэффициент изотермической влагопроводности [117]. Важной характеристикой материалов, влияющей на их влажностное состояние в составе эксплуатирующихся конструкций является изотерма сорбции. Гистерезис сорбции/десорбции классифицирован В.Г. Гагариным [117].

При этом фактическое влажностное состояние конструкций определялось с 1920-х гг. экспериментально. Данные о фактической влажности материалов используются для проверки расчетных моделей.

Большой массив экспериментальных данных по влажностному состоянию эксплуатируемых конструкций приводит Б.Ф. Васильев [63] (к этому же вопросу он возвращается в более поздних работах, актуализируя накапливаемые данные). Статистическая обработка результатов замеров влажности ложится в основу нормативных расчетных значений влажности материалов в условиях эксплуатации [26, 46, 63, 77, 84].

Поэтому, несмотря на хорошую проработанность методик расчета влажности материалов в зависимости от состава конструкций и условий эксплуатации, нормативы, дающие указания по расчету теплофизических параметров ограждения, содержат указания на необходимость экспериментальной проверки расчетов. В [77] в примечании к п. 6.1.7 указано: «Допускается для теплотехнических расчетов принимать влажность ячеистого бетона по экспериментальным данным для конкретной конструкции стены, ее реальной отделки и условий эксплуатации, как среднее значение по толщине стены и сторонам света через 3 года эксплуатации с обеспеченностью 0,9».

В [84] в Е.1 также приводится: «Значения влажности исследуемого материала или изделия для условий эксплуатации А и Б следует принимать по приложению Д в случае, если данный вид материала указан в его перечне, или по фактическим значениям влажности аналогичного теплоизоляционного материала в конструкции после 3 - 5 лет эксплуатации». Здесь также утверждается примат практики над теорией. При этом в первом утверждении первого предложения приоритет отдается не современным исследованиям, а результатам натурных обследований, полученных до включения расчетных значений влажности материалов в нормативы [3].

Между тем, расчетная влажность ячеистых бетонов в условиях эксплуатации неоднократно корректировалась в Германии [126], была уточнена в Белоруссии [127], скорректирована в ряде регионов России [128, 26, 129], близка к принятым в [127] значениям также в нормах [130, 131, 28], пересмотренных в сторону уменьшения расчетной влажности ячеистых бетонов. Нормирование эксплуатационной влажности в разных странах обобщено в работе [72].

Из сделанного обобщения следует вывод, что в зависимости от фактического состава конструкции и при условии выполнения требований [83] к защите от переувлажнения, средняя за отопительный период влажность ячеистых бетонов в наружных ограждающих конструкциях составляет 3,5–6% по массе.

В нормативном поле Евросоюза влажность строительных материалов, используемая для определения расчетной для теплотехнических расчетов теплопроводности, может приниматься по результатам обследования аналогичных эксплуатируемых конструкций или вычисляется [144, 145, 146].

6. Исследования влажностного состояния ячеистобетонных конструкций

Первые сведения о влажностном состоянии эксплуатирующегося ячеистого бетона приводятся еще в работе Б.Н. Кауфмана [49]. Затем результаты экспериментальных замеров влажности эксплуатируемых конструкций из ячеистых бетонов приводят Б.Ф. Васильев [63], Е.С. Силаенков [46], Гаевой А.Ф. и Качура Б.А. [90]. Сведения об экспериментальных исследованиях влажностного состояния ограждающих конструкций из ячеистого бетона за рубежом приводятся в книге [44], написанной при участии В.М. Трамбовецкого.

Зависимости влажности ячеистого бетона от состава ограждающих конструкций, в которых он эксплуатируется, посвящены работы Е.М. Чернышова и Г.С. Славчевой [132, 133], А.А. Вишневого [134], описывается экспериментально определенная влажность в работах В.В. Бабкова, А.М. Гайсина, О.А. Резвова [143], Д.В. Кузнецова [41], А.С. Горшкова [149], М. Вилнитиса [150], а также в работах, выполненных в БНТУ, РУП «НИИСМ» и «Институт БелНИИС» [138, 139]. Тепло- влагопереносу в ограждающих стенах из газобетона посвящена диссертационная работа Стерлягова А.Н. [142].

Влажностному состоянию конструкций, построенных из газобетона, посвящена работа Н. Kunzel [147]. В книге, обобщающей и фиксирующей сегодняшнее нормирование характеристик автоклавного газобетона в Германии [148], приводятся сведения о наблюдениях за влажностным состоянием полноразмерной модельной стены из автоклавного газобетона плотностью 400 кг/м³, построенной в г. Эссен в исследовательском центре компании Кселла.

Одним из основных исследуемых в натуральных условиях параметров влажностного режима ячеистого бетона в составе ограждающих конструкций является динамика снижения его влажности от начальной до установившейся равновесной эксплуатационной. Рассмотрению этого параметра и выявлению факторов, на него влияющих, уделено внимание в работах [46, 90, 147, 148, 149, 150].

Последние случаи упоминания фактической влажности эксплуатируемых более трех лет конструкций, близкой к включенным в нормативы [3, 4, 84], приведены в работах [46, 63]. В этих случаях материалами для наблюдений стали однослойные панели наружных стен (с расчетной конденсацией водяных паров в толще ограждения в период влагонакопления) с наружной отделкой каменными дроблеными материалами или плотными штукатурками, затрудняющими удаление из конструкций технологической (начальной) влаги.

7. Анкерные крепления в ячеистом бетоне.

Исследования анкерного крепежа в ячеистобетонном основании

В период до 1990-х гг. в отечественном строительстве ячеистые бетоны применялись преимущественно в виде панелей наружных стен [46, 90, 51]. Используемые мелкие блоки имели плотность 600–700 кг/м³ [20]. Это определяло подход к исследованиям анкерных креплений в газобетоне. При монтаже панелей помимо сварных соединений, принятых при работе с железобетоном и легкобетонными панелями, широко использовались забивные или клеенные нагели, а также защищенные от коррозии стальные гвозди. Нагели работали перпендикулярно оси монтажа. Обобщение их характеристик, сделанное в основном на материале ДСК-3 Главленинградстроя, приведено в [78]. Для определения эксплуатационного ресурса механического крепежа в ячеистобетонном основании в ЛенЗНИИЭПе в 1974 г. была смонтированная опытная установка, создававшая циклическое нагружение анкеров. Проведенные эксперименты не выявили снижения прочностных характеристик анкеров после заданного количества циклов приложения нагрузок. К сожалению, письменных свидетельств работы установки при переезде архива ЛенЗНИИЭПа не сохранилось, а описание устройства и результатов работы получено со слов ее разработчиков Пинскера В.А. и Почтенко А.Г.

Значительная часть работ по анкерам, проводившимся в 1950–80-е гг., посвящена работе закладных деталей в тяжелом бетоне [151, 152]. Динамическое нагружение элементов сочленения конструкций исследуется с точки зрения противостояния сейсмическим воздействиям [154]. Исследование работы анкеров в каменной кладке, как правило, не акцентирует внимание на ячеистых материалах [153].

Рост оснащенности строительных объектов ручным электроинструментом (в частности, перфораторами) привел к частичной замене закладных деталей в железобетоне на элементы крепежа, монтируемые в пробуренные по месту отверстия. Практически ушли из практики деревянные антисептированные бруски, закладывавшиеся в каменную кладку для последующего крепления к ним гвоздями оконных и дверных коробок, костылей парапетных покрытий и других элементов.

Допустимость крепления кронштейнов фасадных систем в высотном строительстве к кладке из ячеистого бетона широко обсуждается [87, 157]. Стремление к предсказуемости результатов несущей способности крепежа ведет либо к предложению жесткого ограничения плотности ячеистого бетона основания, либо к прямому запрету на использование ячеистого бетона в качестве основания для устройства навесных фасадов (п. 6.2 Технических рекомендаций [158]). В то же время в малоэтажном строительстве, где ветровые нагрузки невелики, крепеж может осуществляться и в низкоплотное основание [148].

В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко под руководством А.В. Грановского выполнены две диссертационные работы, касающиеся анкерного крепления в ячеистом бетоне. Работа О.А. Павловой [155] не носит специфического для ячеистых бетонов характера, а в работе Киселева Д.А. [101] рассмотрены прочность и деформативность различных типов дюбелей в ячеистом бетоне марки по средней плотности D500 с классом по прочности B3,5 и с влажностью около 10% и около 25% по массе.

8. Цель исследования

Исследование эксплуатационных характеристик автоклавного газобетона марки по средней плотности D400 при основных эксплуатационных воздействиях, возникающих при работе кладки в качестве основного несущего и/или теплоизолирующего слоя ограждающей конструкции.

В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать прочность и деформативность кладки из автоклавного газобетона D400 с тонкослойным раствором швом;
- исследовать кинетику выхода конструкций из автоклавного газобетона D400 на квазистационарный влажностный режим;
- определить теплофизические характеристики такой кладки с тонким клеевым швом;
- установить прочностные характеристики анкерных креплений в газобетоне марки D400, а также установить зависимость вытягивающих усилий анкеров от характеристик и состояния бетона.

Научную новизну работы составляют:

- результаты лабораторных исследований прочности и деформативности автоклавного газобетона с характеристиками D400 B2,5 и кладки из него на тонкослойном растворе;
- результаты натурных обследований влажностного состояния кладки из блоков D400 в эксплуатируемых наружных ограждениях различной конструкции;
- результаты наблюдений за модельными экспериментальными конструкциями из автоклавных газобетонных блоков;
- результаты лабораторного исследования теплофизических характеристик кладки из пазогребневых блоков из газобетона марки D400 с сухим вертикальным швом;
- результаты экспериментального исследования различных типов анкеров в газобетоне в зависимости от фактических влажности, плотности, прочности.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- подтверждена возможность использовать кладку из блоков из автоклавного газобетона марки D400 для несущих конструкций;
- показано, что выход кладок из блоков из бетона марки D400 в составе ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий на квазистационарный влажностный режим в климатических условиях Северо-запада происходит за конечный срок, а установившаяся влажность соответствует аналогичным значениям для ранее исследованных плотностей;
- показано, что пазогребневое соединение блоков в кладке без заполнения вертикального шва в условиях морозных зим может стать причиной увлажнения конструкций;
- показано, что автоклавный газобетон марки по плотности D400 может являться основанием для закрепления навесных конструкций.

9. Общая часть

В 1990-е гг. произошла глубокая структурная перестройка строительной отрасли. Изменения не были уникальными для государств, возникших на пространстве бывшего СССР. В странах восточной и западной Европы происходили аналогичные изменения, вызванные сменой подхода к проектированию тепловой защиты [6].

В Санкт-Петербурге широкое применение кладка из мелких ячеистобетонных блоков в наружных стенах монолитных каркасных зданий получила в конце 1990-х – начале 2000-х гг. В этот же период началось массовое применение газобетонных блоков в индивидуальном жилищном строительстве в качестве однослойных несущих и наружных ограждающих стен. Такая возможность появилась благодаря запуску газобетонного цеха в составе 211 КЖБИ МО РФ и, с увеличением спроса, поставкам блоков из Белоруссии, в первую очередь с комбината «Забудова». Основная продукция этих предприятий соответствовала I категории по показателям точности геометрических размеров [33], имела марку по средней плотности D500 с классом по прочности на сжатие B2–2,5 [68].

Начиная с 2008 г. и по настоящее время (2013 г.) автоклавный газобетон занимает более 50% рынка стеновых материалов Санкт-Петербурга. При этом доля газобетона марок по средней плотности D400 и ниже составляет (с 2006-го г.) более 50% от общего объема его потребления [76].

Наружные ограждения зданий с несущим каркасом практически всегда выполняются в виде поэтажно опертых стен [65–68]. В редких случаях по архитектурным соображениям кладка выполняется в виде самонесущих (а в крышных надстройках – и несущих) фрагментов на высоту 3 – 5 этажей. В малоэтажном строительстве кладка совмещает несущие и теплоизолирующие функции.

Наружная отделка. В случаях, когда ячеистый бетон выполняют функцию основного теплоизолятора, в качестве наружной отделки выступают: кирпичная кладка толщиной 120–250 мм, тонкослойные штукатурки или перетирка поверхности с последующей окраской (особенно при отделке стен остекляемых балконов и лоджий), облицовка листовыми материалами на отnose [41, 69, 70].

Широкое распространение получили системы наружного утепления по газобетонному основанию. Наиболее распространенные (в Санкт-Петербурге) варианты: 200–250 мм стеновых блоков D400–D500, минераловатный утеплитель и штукатурная отделка или навесные фасадные системы по утеплителю [68, 69].

Внутренняя отделка в большинстве случаев — перетирка поверхности штукатурными составами слоем толщиной до 5 мм. Редко, но встречаются случаи применения для внутренней отделки листовых обшивок.

Кладка из газобетонных блоков ведется в большинстве случаев с применением тонкослойных кладочных растворов [29, 68].

Основные конструктивные решения наружных стен (на примере Санкт-Петербурга), в которых используется кладка из газобетонных блоков, могут быть систематизированы следующим образом [71] (рис. 1):

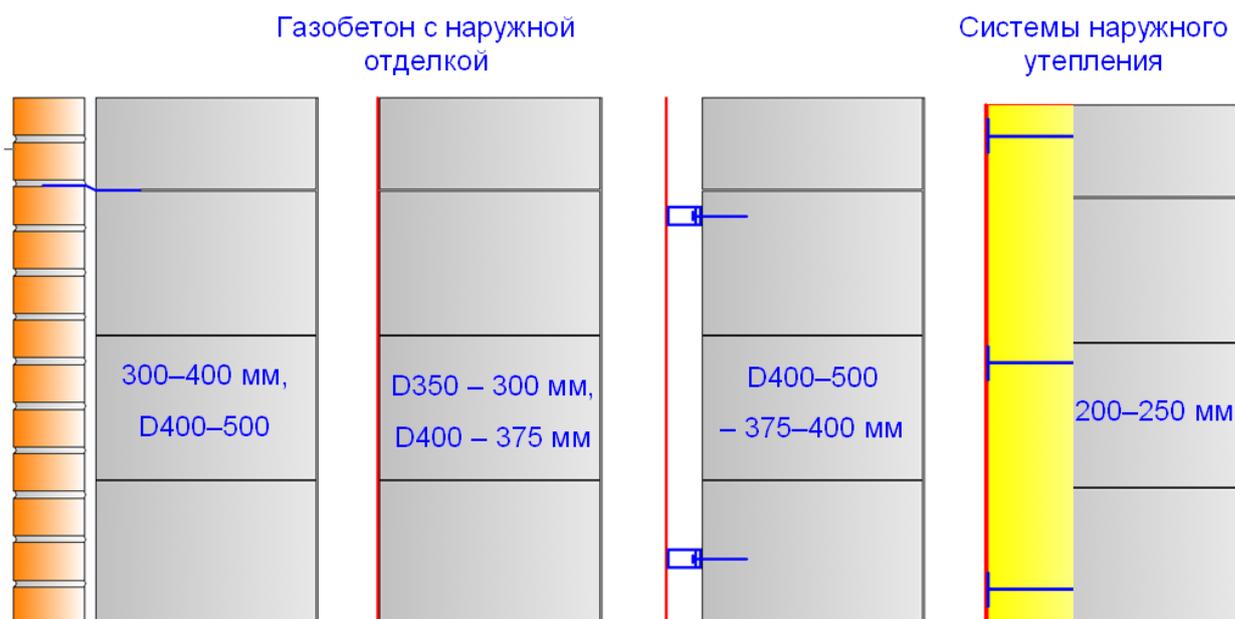


Рис. 1. Основные варианты стеновых заполнений с применением кладки из автоклавных газобетонных блоков в монолитном строительстве Санкт-Петербурга

-однослойная газобетонная стена с кирпичной облицовкой. Облицовочный слой 120, реже – 250 мм. Облицовочный слой в зданиях с несущим каркасом либо закрывает торцы перекрытий, либо выкладывается заподлицо с ними. В малоэтажном строительстве облицовочный слой, как правило, самонесущий на высоту здания. Применяется газобетон марок D300–D500, толщиной 300–400 мм.

-однослойная газобетонная стена. Кладка выполняет конструктивную и теплоизоляционную функцию. Наружная отделка – выравнивание поверхности, окраска. В малоэтажном строительстве такая конструкция стены распространена широко [75]. В жилых зданиях с несущим каркасом применяется в подавляющем большинстве случаев на остекляемых балконах и лоджиях. D300–D400 300–375 мм.

-газобетонная кладка с наружным утеплением. Для защиты утеплителя от атмосферных воздействий устраивается либо штукатурный фасад с тонким штукатурным слоем, либо навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой. Газобетон в основном выполняет функцию несущей основы для утеплителя. Толщина в поэтажно опертых стенах — 200–250 мм, в несущих стенах малоэтажного строительства — по расчету несущей способности (250–400 мм). Марка по средней плотности в пределах D400–D600.

Выбор конструктивного решения определяет и набор проблем, которые могут возникнуть на стадиях строительства и эксплуатации объекта. Разберем основные из них.

10. Функции, выполняемые ячеистобетонной кладкой в современных ограждающих конструкциях. Газобетонная кладка в несущих стенах

В малоэтажном строительстве кладка из автоклавных ячеистых бетонов в большинстве случаев выполняет несущую функцию. В 1960-е гг. с несущими панелями из автоклавного газобетона толщиной 24 см, плотностью 1000 кг/м³ (D1000) и прочностью около 50 кг/см² (B 3,5) в Ленинграде строились восьмиэтажные жилые дома [36], но в современном строительстве здания с несущими стенами из ячеистобетонной кладки, как правило, ограничиваются пятью этажами [72]. Индивидуальное жилищное строительство ориентировано на меньшую этажность. Три этажа, исключая мансардный и цокольный — это практический потолок ИЖС [75].

Выполнение несущих функций не избавляет газобетонную кладку от выполнения теплозащитных задач: сопротивление теплопередаче, воздухопроницанию, сопротивление проницанию водяных паров.

Для определения применимости кладки для выполнения несущих функций необходимо знать ее основные расчетные характеристики (сопротивление сжатию, растяжению, срезу), иметь данные о ее деформативности [24, 77].

11. Каменная кладка при заполнении ячеек несущего каркаса железобетонных зданий

Механизм работы заполняющей ячейки несущего каркаса кладки универсален вне зависимости от вида материала, используемого для устройства каменной кладки. Возможные проблемы [65, 66, 71, 79, 80] и способы их предотвращения и устранения:

1. Передача нагрузки на заполнение от вышерасположенного перекрытия.

Возникает при отсутствии или недостаточной толщине деформационного шва между кладкой и перекрытием (ошибки проекта или организации работ) или при возникновении сверхнормативного прогиба перекрытия (несистемная ошибка) [72]. Для предотвращения передачи нагрузок от элементов каркаса на кладку необходимо правильное исполнение деформационных швов между заполняющей кладкой и каркасом. Требования к такому заполнению разобраны в [85]. Проектное решение деформационного шва между несущими конструкциями и заполнением должно быть исполнимо в построечных условиях. Внутренний слой деформационного шва должен включать материалы с высоким сопротивлением паропроницанию, например, пенополиэтиленовые жгуты. Толщина деформационного шва между кладкой и перекрытием должна подбираться исходя из нормативного прогиба перекрытия (1/300 пролета) и расчетной сжимаемости материалов шва [71].

2. Недостаточная устойчивость стенового заполнения под действием ветровых нагрузок.

Может возникнуть при большой этажности здания и легких тонких ограждениях, особенно при вывешивании кладки за торец перекрытия. Методика расчета такой кладки на устойчивость приведена в [82]. Для обеспечения устойчивости стеновых заполнений необходимо предусматривать исполнимое в условиях строительной площадки закрепление их от выпадения из плоскости.

С этой точки зрения кладка из штучных материалов может рассматриваться как изгибаемый элемент по [24]. Опорой изгибаемых конструкций в этом случае будут являться элементы, закрепляющие стеновые фрагменты в плоскости фасада. Задача закрепления фрагментов стеновых заполнений (в т.ч. из автоклавных ячеистобетонных блоков низких плотностей) в плоскости фасада имеет апробированные решения. Элементы закрепления таких фрагментов обладают нормативными расчетными сопротивлениями и могут назначаться в зависимости от расчетных нагрузок [29, 78, 86, 87].

3. Сверхнормативная воздухопроницаемость деформационных швов между элементами несущего каркаса и кладкой.

Во всех случаях является следствием низкого качества исполнения либо отсутствия деформационного шва между несущими стенами/колоннами и кладкой, или между кладкой и перекрытием. Воздухопроницаемость деформационных швов устраняются их качественным исполнением. Вопрос воздухопроницаемости стыков смежных элементов здания актуален для всех типов ограждающих конструкций. В наиболее проработанном виде он решен в [88].

4. Сверхнормативная воздухопроницаемость самой кладки.

Низкое качество кладочных работ и небрежность заполнения швов (особенно вертикальных), применение цементных растворов без пластифицирующих добавок глины и извести всегда актуальны для кладки толщиной в один камень. Расчетное сопротивление воздухопроницанию кладки толщиной в один камень на цементных растворах не позволяет рассчитывать только на кладку при обеспечении требуемых значений [29, 83, 84]. Воздухопроницаемость однорядной кладки из газобетонных блоков возможна только по швам. Снижение воздухопроницаемости кладки может обеспечиваться как повышением качества кладочных работ, так и применением для внутренней отделки материалов с достаточным сопротивлением воздухопроницанию [84].

12. Газобетонная кладка в качестве единственного теплоизоляционного слоя стеновой конструкции

Конструкции из конструкционно-теплоизоляционных материалов должны обладать теплофизическими характеристиками, не худшими расчетных значений. Для этого их эксплуатационная влажность (а, следовательно, и реальная теплопроводность) должна быть в пределах расчетных

значений. Отсутствие сплошного слоя наружной теплоизоляции предъявляет требования к качеству исполнения узлов сопряжения конструкций. Возможные проблемы при выполнении этих задач [71] и основные способы их предотвращения и устранения:

1. Интенсивные теплотери в зоне опирания кладки на монолитное перекрытие.

Проектные решения этого узла разделяются на две основные группы: перфорация перекрытия по оси стен теплоизоляционными вкладышами (пенополистирольными или минераловатными) или устройство сплошного теплоизоляционного экрана на торце перекрытия (как правило, при кладке, выступающей за пределы перекрытия). Несистемные проблемы возникают в первом случае — при ошибках в устройстве вкладышей в теле бетона. Вкладыши при недостаточном закреплении могут всплывать или просто смещаться при заливке бетона; пенополистирольные вкладыши могут выгорать при производстве сварочных работ и т.п. [65, 79].

Торцы перекрытий в каркасных зданиях без систем наружного утепления — важный с точки зрения тепловой защиты конструктивный элемент. При наличии возможности торцы должны утапливаться в плоскость фасада и изолироваться по периметру (рис. 2). При отсутствии такой возможности следует уделять проектированию и расстановке теплоизоляционных вкладышей, перфорирующих край диска перекрытия, повышенное внимание [29].

2. Увлажнение кладки выше расчетных значений.

Увлажнение кладки к концу периода влагонакопления до значений, значительно превышающих расчетные 4–5% по массе, следует рассматривать как следствие проектной ошибки или брака, допущенного при производстве работ. Возможные причины такого переувлажнения [71]:

-высокая воздухопроницаемость деформационных швов между кладкой из газобетонных блоков и перекрытием в двухслойных стенах (газобетон + лицевой кирпич), приводящая к поступлению внутреннего воздуха из помещения в зазор между слоями кладки с конденсацией в нем водяного пара. Это приводит к сильному переувлажнению наружных слоев газобетона, сквозному увлажнению лицевого кирпича, образованию наледи на дне воздушной прослойки [65, 79].

-высокая воздухопроницаемость кладки из газобетонных блоков при отсутствии отделки в сданных, но не заселенных квартирах. Пустошовка в сочетании с отсутствием сплошных отделочных слоев, обладающих достаточно высоким значением сопротивления паропрооницанию, приводит к тем же последствиям [29, 65, 71].

-высокое сопротивление паропрооницанию наружной отделки [44, 72, 89, 90]. Негативное влияние наклеенной на кладку керамической плитки или нанесенной плотной штукатурки особенно заметно проявляется в тех случаях, когда наружная отделка проводилась осенью по свежей кладке с высоким содержанием технологической и построечной влаги. Такая отделка, препятствующая удалению влаги из толщи стены, в климатических условиях европейской части России утрачивает сцепление с кладкой в первые годы эксплуатации из-за морозного разрушения водонасыщенного когезионного слоя [91, 92].

Для предотвращения переувлажнения кладки необходимо выполнение следующих правил [93]:

-обеспечить низкую воздухопроницаемость ограждающих конструкций с применением газобетонной кладки. Тщательно выполнять деформационные швы между кладкой и перекрытиями, при сомнении в качестве кладочных работ обеспечить наличие штукатурных или иных отелочных слоев с достаточным сопротивлением воздухопроницанию.

-избегать использования для наружной отделки материалов с низкой паропрооницаемостью — плотной цементно-песчаной штукатурки, наклеиваемой облицовочной плитки, тонких слоев полимерных теплоизоляционных материалов.

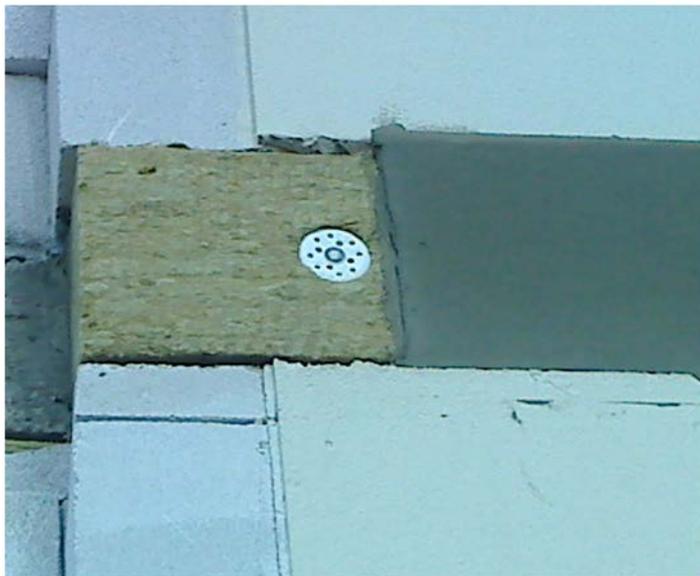


Рис. 2. Пример тепловой изоляции торца межэтажного перекрытия

13. Газобетонная кладка в качестве основания для механического закрепления конструкций

В многоэтажном строительстве закрепление направляющих профилей фасадных систем с вентилируемым зазором может осуществляться только в элементы несущего каркаса (например, в торцы перекрытий) и не использовать заполняющую кладку как основание для крепежа [70, 94]. При этом, однако, сохраняется необходимость использования кладки в качестве основания для закрепления теплоизоляционных плит. В двухслойных стенах (основная конструкционно-теплоизоляционная кладка из ячеистобетонных блоков и облицовочная кладка из лицевого кирпича, камней, блоков) ячеистый бетон служит основанием для закрепления гибких связей. Несмотря на ограничение применения марки по плотности D400 в качестве внутреннего слоя многослойных стен [24], ее использование для этих целей остается широким. В малоэтажном строительстве кладка из газобетонных блоков используется также для закрепления навесных фасадных облицовок. Во всех случаях кладка стен может являться основанием для закрепления внутридомового инженерного оборудования, мебели, элементов интерьера. При использовании ячеистобетонной кладки в качестве основы для механического крепежа возможны следующие проблемы:

1. Ненадежность связи между основным газобетонным и лицевым кирпичным слоями

Расчетная высота ряда газобетонной кладки – 250 мм, высота ряда кирпичной кладки – 77 мм (из одинарного) или 100 мм (из модульного кирпича). Перевязка таких кладок сварными сетками с шагом по высоте 750 или 500 мм на практике не осуществима без 20–30 мм растворных швов в газобетоне, выполняемых с целью подгонки высоты ряда. Такие швы понижают коэффициент теплотехнической однородности по глади кладки [25, 29, 30], что не может считаться приемлемым. Расстановка одиночных анкеров — гибких связей — в швы кладок также требует подгонки высоты рядов. Сгибание связей для заведения их в несовпадающие по высоте кладочные швы влечет дополнительные особенности их работы [95]. Решение проблемы заключается в использовании вворачиваемых в тело газобетона анкеров, а также в использовании сгибаемых гибких связей с большой площадью опоры на газобетон.

2. Ненадежность выбранных крепежных элементов для устройства навесных фасадов по газобетонному основанию

Использование газобетонных стен в качестве основания для систем наружного утепления началось стихийно, без предшествовавшей удовлетворительной проработки (как, впрочем, и вообще использование систем наружного утепления). В ряде случаев к выбору крепежа для кронштейнов навесных фасадов приступали (и приступают) лишь по окончании кладочных работ. В результате встречаются случаи использования для этих целей сквозных шпилек с тарельчатыми шайбами на наружной и внутренней сторонах кладки [94]. Определение несущей способности дюбелей, проводимое в построечных условиях, не учитывает текущей влажности кладки [87]; методика определения несущей способности не дает представления о фактической однородности крепежа [96]. При наличии объективных

проблем подбор и устройство креплений в газобетонной кладке с расчетом на работу под действием пульсирующей нагрузки по оси, перпендикулярной плоскости кладки – это серьезная, но решаемая задача [97].

Во-первых, забивные закладные детали, работающие на срез и использующие в своей работе сопротивление бетона сжатию имеют высокую несущую способность [78] (навесные газобетонные панели крепятся к несущим конструкциям забивными нагелями – по сути, гвоздями), но требуют установки на стадии кладочных работ, т.е. включения в состав основного проекта.

Во-вторых, основные производители крепежа имеют в своем ассортименте специально предназначенные для ячеистых, щелевых и высокопустотных материалов изделия с достаточно высокой несущей способностью [97].

14. Обзор существующих анкеров и дюбелей для закрепления в ячеистом бетоне

Элементы крепежа для ячеистобетонных конструкций систематизированы в [148]. Крепежные элементы классифицированы на три укрупненные группы: гвозди, спиралевидные гвозди и шурупы для монтажа непосредственно в ячеистый бетон (без предварительного засверливания); дюбели из полимеров или металла и инъекционные системы («химические анкера»), в которых монтаж анкерящегося элемента осуществляется в заранее подготовленное отверстие, а крепление монтируемого элемента осуществляется шурупом, болтом или шпилькой, устанавливаемыми в анкерную часть крепежного элемента; шпильки с шайбами для сквозного монтажа.

Наиболее широко на рынке представлены крепежные изделия торговых марок Hilti, Mungo, Fischer, Sormat, EJOT. Большое место занимает продукция менее известных производителей, повторяющая форму известных марок или имеющая уникальные решения дюбеля. Так, в отчете [159] показаны результаты испытаний в бетоне с характеристиками D600 B5 анкеров следующих торговых марок: Fischer, Sormat, Gravit, Hilti, Termoclip, Mungo, Elementa, EJOT, Bolt.ru, ГАЛЕН.

Нижние ограничения плотности материала основания в технических рекомендациях производителей крепежа отсутствуют. Не приводятся они также в работе [148]. Однако данных об испытаниях на вырыв анкеров из бетонов марок по плотности ниже D500 в рассмотренных источниках не приводится.

15. Выводы

Анализ применяемых в современном строительстве ограждающих конструкций, содержащих в своем составе кладку из автоклавных газобетонных блоков, а также анализ литературы, касающейся так или иначе эксплуатационных характеристик ячеистых бетонов и прочностных свойств каменной кладки, показывает, что некоторые технические решения, использующие автоклавный ячеистый бетон марок по средней плотности ниже D500, не обоснованы предварительными исследованиями. Средняя плотность выпускаемого в России автоклавного газобетона снизилась за последние 15 лет почти на 100 кг/м³ – с более чем 610 кг/м³ в середине 1990-х гг. до менее чем 520 кг/м³ в 2011 году. Выпуск газобетона марок по средней плотности D400 и ниже превысил 600 тыс.м³ в год.

Поскольку до 2009 года такие бетоны классифицировались по [33] как теплоизоляционные, исследования прочностных и деформативных свойств конструкций из автоклавного ячеистого бетона проводились на материалах марок по средней плотности не ниже D500. Большой объем данных по несущей способности ячеистобетонных конструкций основан на изучении ячеистых бетонов марки по средней плотности D600. При этом данные о прочностных характеристиках ячеистых бетонов марки D400 и ниже, как правило, содержат только информацию о кубиковой и призмочной прочности бетона.

Несущая способность анкерных креплений в ячеистом бетоне исследована применительно к закладным деталям армированных конструкций. Исследована несущая способность забивных нагелей при работе перпендикулярно оси установки в ячеистых бетонах плотностью 600 кг/м³ и более. Есть современные работы, рассматривающие анкерный крепеж в газобетоне марок D500 и D600 в зависимости от влажности материала и вида крепления. Применение в качестве основания для анкерного крепежа автоклавного газобетона марки D400 не рассмотрено, корреляция между плотностью бетона и несущей способностью анкеров в явном виде в рассмотренной литературе не показана.

Широко исследованы теплофизические характеристики газобетона низких плотностей. Теплопроводность, сорбционная влажность, прогнозируемая влажность в различных видах конструкций с применением в том числе и газобетона марки по средней плотности D400 являются объектами

современных исследований, проводимых как в нашей стране, так и за рубежом. Однако российские исследования проводились только на образцах материала, поскольку практически отсутствовали эксплуатируемые здания с ячеистым бетоном марки D400 в качестве единственного конструкционно-теплоизоляционного слоя. Большинство эксплуатируемых зданий с однослойными конструкциями из ячеистых бетонов, построены с применением марок по плотности D600 и выше, полученные при их обследовании данные требуют проверки применимости к низким плотностям.

При рассмотрении конструктивных решений наружных ограждений отапливаемых зданий, используемых в практике современного строительства, нами выявлены три основных группы функций, выполняемых кладкой из газобетонных блоков.

Во-первых, это функция несущей конструкции, выполняемая кладкой преимущественно в малоэтажном строительстве, где газобетон марки D400 (в сочетании с материалом растворного шва) выступает зачастую единственным материалом, осуществляющим передачу нагрузок от перекрытий и покрытий на фундамент. Для несущей каменной кладки важны данные по ее прочности и деформативности.

Во-вторых, это теплоизолирующая функция, выполняемая кладкой из теплоизоляционно-конструкционного материала, который часто является единственным материалом в конструкции, обладающим значимым термическим сопротивлением. Для выполнения функции единственного теплоизолятора, основной материал кладки должен обладать не только определенной теплопроводностью, а сама кладка определенным коэффициентом теплотехнической однородности, но должен также выдерживаться определенный влажностный режим эксплуатации — при работе конструкций должно происходить высыхание газобетона от начальной послеавтоклавной до установившейся равновесной влажности, в дальнейшем сезонные колебания влажности не должны выходить из нормативно ограниченного диапазона.

В-третьих, это функция внутреннего слоя многослойных конструкций, в которых кладка из газобетона служит основой для закрепления навесных облицовок или облицовок, закрепляемых к внутреннему слою стены для обеспечения устойчивости лицевой кладки. Для понимания применимости материала в качестве основания для механического закрепления навесных и приставных элементов нужны данные о несущей способности устанавливаемого в него крепежа.

Таким образом, сопоставляя сведения о газобетоне марки по средней плотности D400, полученные из литературных источников, с выводами о факторах и характеристиках, значимых для оценки пригодности материала к выполнению им возлагаемых на него в современном строительстве функций, мы приходим к выводу, что для обоснования возможности использования автоклавных ячеистых бетонов марки по средней плотности D400 необходимо провести ряд исследований. Перечислим их укрупнено:

1. Определить прочностные и деформативные характеристики кладки из автоклавного газобетона марки по средней плотности D400.
2. Определить теплофизические характеристики кладки из автоклавного газобетона марки по средней плотности D400 на тонкослойном клеевом растворе. Установить влияние сухого (без заполнения раствором) исполнения вертикального стыка между блоками на теплофизические характеристики кладки.
3. Установить фактическую динамику влажностного состояния конструкций из автоклавного газобетона марки D400. Определить скорость снижения их влажности от начальной отпускной до равновесной в реальных условиях эксплуатации.
4. Определить несущую способность анкерных креплений в газобетоне марки D400 при осевом приложении нагрузки. Выявить влияние плотности, прочности и влажности материала на несущую способность анкерных креплений.

Литература

1. Сокольский В.А. Принципы экономичности и их выражение в современном строительстве. СПб., 1910. 538 с.
2. Иллюстрированное урочное положение: пособие при составлении и проверке смет, проектировании и исполнении работ. 6 испр. издание. Под ред. Н.И. де Рошефора. Петроград: Типография Петроградской Одиной тюрьмы, 1916. 694 с.
3. СНиП II-A.7-71 Строительная теплотехника. Нормы проектирования.
4. СНиП II-3-79** Строительная теплотехника.
5. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Госстрой России. М.: 2004.

6. Гринфельд Г.И. Диалектика нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 2012. №1. С. 22–24.
7. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (Директива 2010/31/ЕС Европейского парламента и Совета от 19 мая 2010 по энергетической эффективности зданий).
8. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
9. Постановление Правительства г. Москвы № 900-ПП О повышении энергетической эффективности жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве и внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 9 июня 2009 г. № 536-ПП.
10. Заренков В.А. Особенности объемно-пространственной организации многоэтажных жилых зданий последнего десятилетия XX века (на примере проектирования и строительства в СПб.) // Мобильные и быстровозводимые здания, сооружения и комплексы: Тез. докл. 1999. — СПб., Стройиздат. — С. 105-112..
11. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Часть 1 // АВОК. 2004. №2. С. 20–26.
12. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5(15). С. 7–11.
13. Протасевич А.М., Крутилин А.Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8. С. 57–62.
14. Солощенко С.С. Влажностный режим конструкции вентилируемого штукатурного фасада // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8. С. 10–15.
15. Гагарин В.Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. Температурно-влажностные воздействия и долговечность систем с тонким штукатурным слоем (По материалам статьи Н. М. Künzel, Н. Künzel, K. Sedelbauer «Hidrotermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedämm-Verbundsystemen», Bauphysik, 2006, Bd. 28, N. 3) // АВОК. 2007. №6. С. 82–90.
16. Кузьменко Д. В., Ватин Н. И. Ограждающая конструкция «нулевой толщины» – термопанель // Инженерно-строительный журнал. 2008. №1. С. 13-21.
17. Сомов Н.В. Проблемы развития российской силикатной промышленности // Строительные материалы. 2013. №3. С. 76–78.
18. Жиронкин П.В., Геращенко В.Н., Гринфельд Г.И. История и перспективы промышленности керамических строительных материалов в России // Строительные материалы. 2012. №5. С. 13–18.
19. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 44-47.
20. Коровкевич В.В., Пинскер В.А и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. Ленинград: ЛенЗНИИЭП., 1989. 284 с.
21. Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: состояние рынка и перспективы развития // Строительные материалы. 2013. №2. С. 76–78.
22. Граник Ю.Г. Ячеистый бетон в жилищно-гражданском строительстве // Строительные материалы. 2003. № 3. С. 2-6.
23. СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции
24. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81.
25. Семченков А.С., Семечкин А.Е., Литвиненко Д.В., Антонов И.М. Проектирование ЛЭЭНДТ стеновых ограждений для условий России // Строительные материалы. 2004. №1. С. 62–66.
26. Семченков А.С., Ухова Т.А., Сахаров Г.П. О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона // Строительные материалы. 2006. №6. С. 3–7.
27. Ухова Т.А., Паплавскис Я.М., Гринфельд Г.И., Вишневицкий А.А. Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89 в части ячеистых бетонов автоклавного твердения // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 26–30.
28. ГОСТ 31359-2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия.
29. Литвиненко Д.В. Наружные несущие стены из ячеистого бетона плотностью D400–D600 в виде блоков для многоэтажных монолитных зданий : дис. ... канд. техн. наук. М. 2005. 178 с.
30. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3. С. 39–42.

31. Руководство по теплотехническому расчету наружных стеновых конструкций жилых и общественных зданий с применением изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения в Российской Федерации. Ватин Н.И. и др. СПб: ГОУ «СПб ГПУ», 2011. 40 с.
32. ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия.
33. ГОСТ 21520-89 Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия.
34. ГОСТ 5742-76 Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные.
35. Коровкевич В.В. Применение ячеистого бетона в жилищном строительстве // Жилые дома из ячеистого бетона: Сб. науч. тр. Л. 1963. С. 57-62.
36. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Газобетон в жилищном строительстве с максимальным его использованием // Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5. СПб: НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов. 2008. С. 10–32.
37. Миронов С.А., Кривицкий М.Я., Малинина Л.А., Малинский Е.Н., Счастный А.Н. Бетоны автоклавного твердения. М.: Изд-во литер. по строительству, 1968. 279 с.
38. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. Прочность и деформативность стен из газобетона низкой плотности // Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5 СПб: НП «Межрегиональная северозападная строительная палата», Центр ячеистых бетонов. 2008. С. 6–9.
39. Баутина Е.В. Оценка состояния ячеистого силикатного бетона в ограждающих конструкциях жилых зданий с длительным сроком эксплуатации // Дисс. на соиск учен. степ. к.т.н, Воронеж, 2006. 222 с.
40. Гойкалов А.Н. Прочность и деформативность сжатых элементов кладки из мелких ячеистобетонных блоков с косвенным армированием. Дисс. на соиск учен. степ. к.т.н. Воронеж, 2005. 161 с.
41. Кузнецов Д.В. Методы защиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков // Дисс. на соиск учен. степ. к.т.н. Уфа. 2006. 153 с.
42. Баженов П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978. 368 с.
43. Миронов С.А. Применение газобетона в Швеции // Строительные материалы. 1964. № 2. С. 38-39.
44. Автоклавный ячеистый бетон: Пер. с англ./ Ред.совет: Г.Бове (пред.) и др. М.: Стройиздат, 1981. 88 с.
45. Кудряшев И.Т., Куприянов В.П. Ячеистые бетоны. М.: Госстройиздат, 1959. 182 с.
46. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
47. Коровкевич В.В., Гурьев О.И. Применение ячеистого бетона в жилищном строительстве // Жилые дома из ячеистого бетона: Гос. из-во литер. по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1963. С. 33–45.
48. Гензлер М.Н., Линдеберг С.А. Пенобетонщик. М., 1936. 157 с.
49. Кауфман Б.Н. Производство и применение пенобетона в строительстве. М.: «СтройЦНИЛ», 1940. 130 с.
50. Коровкевич В.В., Гурьев О.И. Применение ячеистого бетона в жилищном строительстве // Жилые дома из ячеистого бетона: Гос. из-во литер. по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1963. С. 33–45.
51. Сажнев Н.П. Производство ячеистых бетонов в Беларуси на современном этапе // Белорусский строительный рынок. 2011. №5. С. 8–16.
52. Чернышов Е.М. Управление процессами структурообразования и качеством силикатных автоклавных материалов (вопросы методологии, структурное материаловедение, инженерно-технологические задачи): Автореф. Дисс. докт. техн. наук.: Л., 1988. 45 с.
53. Федин А.А. Исследования Воронежского инженерно-строительного института в области технологии ячеистых бетонов // Производство и применение в строительстве ячеистых материалов на минеральных вяжущих. 1964. С. 27-49.
54. Федин А.А., Чернышов Е.М. Совершенствование технологии и устранение брака в производстве газосиликатных изделий // Строительные материалы. 1962. № 4. С. 25-28.
55. Муст Х., Крейс У. Воздействие CO₂ на газосиликат с объемной массой 500-600 кг/м³, изготовленный на смешанном вяжущем // Сб. науч. тр. НИПИСиликатобетон. 1971. № 6. С. 220–235.
56. Левин Н.И. Механические свойства блоков из ячеистых бетонов. М.: Госстройиздат, 1961. 118 с.
57. Пинскер В.А., Писарев В.С. Опытная проверка пластичности автоклавного ячеистого бетона при кратковременном нагружении. – В кн.: «Применение ячеистых бетонов в жилищно-гражданском строительстве». Л.: ЛенЗНИИЭП, 1991. с. 31-44.

58. Герловин И.Л., Пинскер В.А. Теоретические основы физики прочности ячеистых бетонов. – В кн.: «Применение ячеистых бетонов в жилищно-гражданском строительстве». Л.: ЛенЗНИИЭП, 1991. с. 23-30.
59. Брилинг Р.Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов. М.: Стройиздат, 1948. 90 с.
60. Ушков Ф.В. Влияние воздухопроницаемости на теплозащиту стен // Строительная промышленность. 1951. №8. С. 16–19.
61. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: Стройиздат, 1973. 289 с.
62. Кузнецов Г.Ф. Тепловая изоляция. М.: Стройиздат, 1985. 430 с.
63. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. 215 с.
64. Франчук А.У. Теплопроводность строительных материалов в зависимости от влажности. Стройиздат Наркомстроя СССР, 1941. 146 с.
65. Гроздов В.Т. О недостатках существующих проектных решений навесных наружных стен в многоэтажных монолитных железобетонных зданиях. Дефекты зданий и сооружений. СПб.: ВИТУ, 2006. С. 15–21.
66. Ищук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки // Жилищное строительство. 2008. №3. С. 28–31.
67. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2008. №8. С. 48–52.
68. Гринфельд Г.И. Практика применения автоклавного ячеистого бетона в наружных ограждениях каркасных зданий Санкт-Петербурга // Жилищное строительство. 2008. №6. С. 28–31.
69. Гринфельд Г.И. Ограждающие конструкции из газобетонных блоков с облицовкой навесными фасадами // Строительные материалы: Архитектура. 2009. № 10. С. 46–49.
70. Горшков А.С., Попов Д.Ю., Глузов А.В. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8. С. 5–9.
71. Гринфельд Г.И. Ограждающие конструкции с применением автоклавного газобетона в Санкт-Петербурге: проблемы, пути решения. ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2010. №1. С. 76–82.
72. Галкин С.Л. и др. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2006. 448 с.
73. Сахаров Г.П. Ячеистые бетоны в посткризисный период // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2011. №1. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.nso-journal.ru/images/stories/NSO/2011/01_8.pdf (Дата обращения: 04.05.2013).
74. Проекты домов из газобетона: каталог проектов plans.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://plans.ru/list.php?new&mat=3> (Дата обращения: 04.05.2013).
75. Гринфельд Г.И. Значимость автоклавного газобетона для рынка стеновых материалов Санкт-Петербурга и области. Роль завода «Аэрок СПб» в удовлетворении и формировании спроса // IV научно-практическая конференция «Ячеистые бетоны в современном строительстве», сборник докладов. СПб. 2007. С. 17–19.
76. СТО 501-52-01 Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Ч. I.
77. СТО 501-52-01 Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Ч. II.
78. Гроздов В.Т. Как обеспечить качество фасадов в условиях Северо-Запада. // Вестник строительного комплекса. 2007. №3 (43).
79. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Вопросы качества и долговечности облицовки слоистых каменных стен // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2(20). С. 42-47.
80. Ищук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями // Жилищное строительство. 2008. №5. С. 15–19.
81. Горшков А.С. Условия устойчивости поэтажно опертых стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков, при учете воздействия на них ветровых нагрузок // Современный автоклавный газобетон: сборник докладов науч.-практ. конференции. Краснодар, 15 – 17 мая 2013 г. С. 17–33.
82. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
83. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.
84. СТО НААГ 3.1–2013 Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений.

86. Гринфельд Г.И., Сытова Е.Н., Лисунов П.Н, Хведченя О.В. Сравнительные испытания анкерных креплений в автоклавном газобетоне в зависимости от формы дюбеля и плотности, прочности и влажности основания // Современный автоклавный газобетон: сборник докладов науч.-практ. конференции. Краснодар, 15 – 17 мая 2013 г. С. 64–70.
87. Грановский А.В., Киселев Д.А. К оценке надежности крепления к стенам из ячеистобетонных блоков // Крепеж, клеи, инструмент. 2007. №1. С. 57-59.
88. ГОСТ 30971-2002 Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам.
89. Гринфельд Г. И., Куптараева П. Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации // Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 41-50.
90. Гаевой А.Ф., Качура Б.А. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Харьков :Вища школа, 1978. 224 с.
91. Паплавскис Я.М. Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистобетонных блоков // VI научно-практическая конференция «Ячеистые бетоны в современном строительстве», сборник докладов. СПб. 2009. С. 30–35.
92. Росс Х., Шталь Ф. Штукатурка. Практическое руководство: Материалы, техника производства работ, предотвращение дефектов / пер. с нем. Под общ. ред. П.В. Зозуля. СПб.: РИА «Квинтет», 2006. 274 с.
93. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона: учеб. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 90 с.
94. Круглый стол «Ячеистобетонные и пустотные стеновые материалы в многоэтажном строительстве» // Технология строительства. №7 (62). 2008. С. 7–20.
95. Орлович Р.Б., Рубцов Н.М., Зимин С.С. О работе анкеров в многослойных ограждающих конструкциях с наружным кирпичным слоем // Инженерно-строительный журнал. 2013. №1. С. 3–10.
96. Грановский А.В., Киселев Д.А. О методике испытаний анкеров на вырыв из различных стеновых материалов и возможных областях их применения // Жилищное строительство. 2010. №2. С. 7–8.
97. Технический отчет по теме «Прочностные испытания различных типов анкерных креплений в газобетонные блоки «Ytong», изготовленные ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», с учетом их влажности». М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 2009, 82 с.
98. ГОСТ 11118–73 Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен зданий. Технические требования.
99. Рудченко Д.Г. Совершенствование технологии производства автоклавного газобетона с повышенным коэффициентом конструктивного качества // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 7-й Международной научно-практической конференции. Брест, Малорита, 22-24 мая 2012 г. С. 49–54.
100. Славчева Г.С. Структура высокотехнологичных бетонов и закономерности проявления их свойств при эксплуатационных влажностных воздействиях // Автореф. дисс. докт. техн. наук. Воронеж. 2009. 43 с.
101. Киселев Д.А. Прочность и деформативность анкерного крепежа при действии статической и динамической нагрузок. дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.. м. 2010. 158 с.
102. Смирнов В.А., Грановский А.В, Джамуев Б.К. Научно-технический отчет по теме: «Проведение исследований конструкций из ячеистобетонных блоков Ytong производства ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» на клею марки Ytong для сейсмостойких стен зданий». М.: 2009. 90 с.
103. Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций.. Москва, Ленинград.: Главная редакция строительной литературы, 1937, 564 с.
104. EN 1996-1-1: 2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1. (Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1. Общие положения)
105. Гайовник Р., Сечковски Я. Соппротивление сжатию стены из автоклавного газобетона согласно ЕС6 в избранных странах // Справочник для проектирующих и строящих из газобетона. Варшава. 2011. №1.
106. EN 772-1:2000 Methods of test for masonry units - Part 1: Determination of compressive strength (Методы испытаний изделий для каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии).
107. EN 771-4: 2003 Specification for masonry units. Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units. (Требования к изделиям для каменной кладки. Часть 4. Изделия для каменной кладки из автоклавного ячеистого бетона).
108. Jäger W., Schöps P. Confined masonry – a chance to improve the load bearing capacity // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 225–237.

109. Kreft O., Straube B., Schoch T. Internal thermal insulation with light weight autoclaved aerated concrete // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 251–257.
110. Scheffler G.A. Introduction of a full range model for liquid and vapour transport properties of AAC // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 311–323.
111. Мачинский В.Д. О конденсации паров воздуха в строительных ограждениях // Строительная промышленность. 1927. №1. С. 60–62.
112. Фокин К.Ф. Расчет влажностного режима наружных ограждений. Москва, Ленинград. Главная редакция строительной литературы. 1935. 173 с.
113. Ильинский В.М. Расчет влажностного состояния ограждающих конструкций при диффузии водяного пара // Промышленное строительство. 1962. №2. С. 25–30.
114. Шкловер А.М. О расчете увлажнения наружных стен зданий методом стационарного режима // Строительная промышленность. 1949. №7. С. 20–23.
115. Glaser H. Grafisches Verfahren zur Unterschuhung von Diffusionsvorgängen. Wärmeschutz-Kaltechutz-Schallchutz-Brandchutz. Sonderausgabe, 1985. S. 42–49.
116. DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. – Berlin, 1995.
117. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса жидкой влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий / дисс. на соиск. учен. степ. д.т.н. М. НИИСФ. 2000. 389 с.
118. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: 1982., 416 с.
119. Перехоженцев А.Г. Исследование процессов влагопереноса в пористых строительных материалах при решении задач прогноза влажностного состояния неоднородных ограждающих конструкций зданий : Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 1998. 46 с.
120. Тертичник Е.И. Исследование влажностного состояния наружных ограждений зданий на основе потенциала влажности : дис. ... канд. техн. наук. М. 1966. 164 с.
121. Козлов В.В. Метод инженерной оценки влажностного состояния современных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты при учете паропроницаемости, влагопроводности и фильтрации воздуха : дис. ... канд. техн. наук. М. 2004. 161 с.
122. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М.: 1954, 296 с.
123. Kießl, K., Gertis, K., 1980. Feuchtetransport in Baustoffen. Eine Literaturlauswertung zur rechnerischen Erfassung hygrischer Transportphänomene. Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 13.
124. Klopfer, H., 1974. Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 235 pp.
125. Künzel, H.M., 1994. Verfahren zur ein. und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dr. -Ing. Thesis, Universität Stuttgart, Stuttgart.
126. Schoch T., Kreft O. The influence of moisture on the thermal conductivity of AAC // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. p. 361–370.
127. СНБ 2.04.01–97 Строительная теплотехника. Минск, 1997.
128. Сахарников Ю.В. Изготовление крупноформатных изделий из автоклавного ячеистого бетона для строительства жилых домов серии Э600п // Современный автоклавный газобетон: сборник докладов науч.-практ. конференции. Краснодар, 15 – 17 мая 2013 г. С. 49–53.
129. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Основные принципы расчета на теплоизоляцию газобетонных стен жилых домов на примере серии 600.11 // V научно-практическая конференция «Ячеистые бетоны в современном строительстве», сборник докладов. СПб. 2008. С. 16–18.
130. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. Київ. 2007.
131. СТО 00044807-001-2006 Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий.
132. Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н., Кухтин Ю.А. Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций. // Строительные материалы. 2007. №4. С. 13–15.
133. Чернышов Е. М., Славчева Г.С. Влажностное состояние и закономерности проявления конструкционных свойств строительных материалов при эксплуатации // Academia. Архитектура и строительство. 2007. №4. С. 70–77.

134. Вишневецкий А.А. Сравнительный анализ ограждающих конструкций из автоклавного газозолобетона // Применение автоклавного газобетона в строительстве: сборник докладов III научно-практического семинара, Екатеринбург, УрФУ, 2010. С. 65–70.
135. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. Теплофизические испытания фрагмента кладки стены из газобетонных блоков «Аэрок СПб» марки по плотности D400 // V научно-практическая конференция «Ячеистые бетоны в современном строительстве», сборник докладов. СПб. 2008. С. 48–51.
136. Макаричев В.В., Левин Н.И. Расчет конструкций из ячеистых бетонов. М.: Госстройиздат, 1961. 154 с.
137. Грановский А.В., Джамуев Б.К. Испытания стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков на сейсмические воздействия // Современное производство автоклавного газобетона: сборник докладов научн.-практ. конференции. СПб, 16–18 ноября 2011 г. С. 104–108.
138. Юрков О.И., Кудревич О.О., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С. О теплотехнических характеристиках отечественного газосиликата автоклавного твердения // Строительные материалы. 2004. №8. С. 152–153.
139. Крутилин А.Б. К вопросу определения расчетных массовых отношений влаги в материалах и уровня теплозащиты наружных стен, выполняемых кладкой из ячеистобетонных блоков // Современное производство автоклавного газобетона: сборник докладов научн.-практ. конференции. СПб, 16–18 ноября 2011 г. С. 96–103.
140. Киселев И.Я. Метод расчета равновесной сорбционной влажности строительных материалов // Вестник МГСУ. 2011. №3. Т.2. С. 92–98.
141. Хуторной А.Н. Теплофизическое обоснование новых неоднородных наружных стен зданий и прогнозирование их теплозащитных свойств : Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Тюмень. 2009. 47 с.
142. Стерлягов А.Н. Совместный тепло- влагоперенос в ограждающих конструкциях зданий из газобетона : дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск. 2007. 167 с.
143. Бабков В.В. и др. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8(18). С. 28-31.
144. EN 1745: 2002 Masonry and masonry products – Method for determining design thermal values
145. EN 12524: 2002 building materials and products – Hydrothermal properties – Tabulated design values
146. EN 1353 Determination of moisture content of autoclaved aerated concrete.
147. Kunzel H. Gasbeton – Wärme- und Feuchteschutz. «Bundesverband Gasbetonindustrie», Bericht 11. – Wiesbaden, 1989.
148. М. Гоманн; пер. с нем. под ред.. Коломацкого А.С. Поробетон: руководство. Белгород: Изд-во ЛитКараВан, 2010. 272 с.
149. Горшков А.С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натуральных испытаний // Строительные материалы. 2009. №8. С. 12–15.
150. Вилнитис. М. Я. и др. Исследование теплотехнических качеств газобетона AEROC // Белорусский строительный рынок. 2006. № 9-10. С.32-35.
151. Ягуст В.И., Шапиро Г.И., Крохмаль О.М. Прочность анкеровки стержня с крюком на конце во внутренней стеновой панели при ее подъеме и монтаже. сб. Прочность конструкций. М.: ГОСИНТИ, 1976. С. 34–56.
152. Весник И.И. Деформативность узлов сопряжений конструкций покрытий одноэтажных промышленных зданий. М.: ГОССТРОЙ СССР, 1975. 215 с.
153. Eligehausen, R.; Mallée R.: Befestigungstechnik im Beton- und Mauerwerksbau. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000
154. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. Прочность строительных материалов при динамических нагружениях. М.: Стройиздат., 1966. 251 с.
155. Павлова М.О. Прочность и деформативность кладки стен из различных материалов в зоне заделки анкеров при действии на них продольных и поперечных сил : дис. ... канд. техн. наук. М. ЦНИИСК. 2000. 210 с.
156. Киселев Д.А. Прочность и деформативность анкерного крепежа под действием статической и динамической нагрузок : дис. ... канд. техн. наук. М. ЦНИИСК. 2010. 179 с.
157. Цыкановский Е. Ю., Гагарин В. Г., Грановский А. В., Павлова М. О. Проблемы при проектировании и строительстве вентилируемых фасадов [Электронный ресурс]. URL: <http://makonstroy.ru/forum/?p=2088> (дата обращения: 26.04.2013).
158. TP 161-05 Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем. ГУП Центр «Энлаком».

159. Технический отчет по теме «Прочностные испытания различных типов анкерных креплений в газобетонные блоки «Ytong» (D600 B5), изготовленные ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» / М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 2013, 86 с.

References

1. Sokol'skij V.A. *Principy jekonomichnosti i ih vyrazhenie v sovremennom stroitel'stve*. SPb., 1910. 538 s. (rus)
2. *Illjustrirovannoe urochnoe polozhenie: posobie pri sostavlenii i proverke smet, proektirovanii i ispolnenii работ*. 6 ispr. izdanie. Pod red. N.I. de Roshefora. Petrograd: Tipografija Petrogradskoj Oдиночной tjur'mы, 1916. 694 s. (rus)
3. SNiP II-A.7-71 *Stroitel'naja teplotehnika. Normy proektirovanija*. (rus)
4. SNiP II-3-79** *Stroitel'naja teplotehnika*. (rus)
5. SNiP 23-02-2003 *Teplovaja zashhita zdaniy. Gosstroj Rossii*. (rus)
6. Grinfel'd G.I. *Dialektika normativnyh trebovanij k soprotivleniju teploperedache ograzhdajushhih konstrukcij // Zhilishhnoe stroitel'stvo*. 2012. №1. S. 22–24. (rus)
7. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (Direktiva 2010/31/ES Evropejskogo parlamenta i Soveta ot 19 maja 2010 po jenergeticheskoj jeffektivnosti zdaniy).
8. *Federal'nyj zakon № 261-FZ «Ob jenergosberezenii i o povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii»*(rus)
9. *Postanovlenie Pravitel'stva g. Moskvy № 900-PP O povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti zhilyh, social'nyh i obshhestvenno-delovyh zdaniy v gorode Moskve i vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 9 ijunya 2009 g. № 536-PP*. (rus)
10. Zarenkov V.A. *Osobennosti obshhno-prostranstvennoj organizacii mnogojetchnyh zhilyh zdaniy poslednego desjatiletija XX veka (na primere proektirovanija i stroitel'stva v SPb.) // Mobil'nye i bystrovozvodimye zdaniya, sooruzhenija i komplekсы: Tez. dokl. 1999. — SPb., Strojizdat. — S. 105-112*. (rus)
11. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Cykanovskij E.Ju. *Teplozashhita fasadov s ventiliruемым vozдушным zazorom. Chast' 1 // AVOK*. 2004. №2. S. 20–26. (rus)
12. Nemova D.V. *Navesnye ventiliruemye fasady: obzor osnovnyh problem // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2010. №5(15). S. 7–11. (rus)
13. Protasevich A.M., Krutilin A.B. *Klassifikacija ventiliruemyh fasadnyh sistem. Vlijanie teploprovodnyh vkljuchenij na ih teplozashhitnye harakteristiki // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2011. №8. S. 57–62. (rus)
14. Soloshhenko S.S. *Vlazhnostnyj rezhim konstrukcii ventiliruемого shtukaturnogo fasada // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2010. №8. S. 10–15. (rus)
15. Gagarin V.G. *Teploizoljacionnye fasady s tonkim shtukaturnym sloem. Temperaturno-vlazhnostnye vozdejstvija i dolgovechost' sistem s tonkim shtukaturnym sloem (Po materialam stat'i H. M. Künzel, H. Künzel, K. Sedelbauer «Hidrotermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedämm-Verbundsystemen», Bauphysik, 2006, Bd. 28, H. 3) // AVOK*. 2007. №6. S. 82–90. (rus)
16. Kuz'menko D. V., Vatin N. I. *Ograzhdajushhaja konstrukcija «nulevoj tolshhiny» – termopanel' // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2008. №1. S. 13-21. (rus)
17. Somov N.V. *Problemy razvitija rossijskoj silikatnoj promyshlennosti // Stroitel'nye materialy*. 2013. №3. S. 76–78. (rus)
18. Zhironkin P.V., Gerashhenko V.N., Grinfel'd G.I. *Istorija i perspektivy promyshlennosti keramicheskikh stroitel'nyh materialov v Rossii // Stroitel'nye materialy*. 2012. №5. S. 13–18. (rus)
19. Levchenko V.N., Grinfel'd G.I. *Proizvodstvo avtoklavного газобетона v Rossii: perspektivy razvitija podotrasli // Stroitel'nye materialy*. 2011. № 9. S. 44-47. (rus)
20. Korovkevich V.V., Pinsker V.A. i dr. *Malojetchnyje doma iz jacheistyh betonov. Rekomendacii po proektirovaniju, stroitel'stvu i jekspluatacii*. Leningrad: LenZNIJeP., 1989. 284 s. (rus)
21. Grinfel'd G.I. *Proizvodstvo avtoklavного газобетона v Rossii: sostojanie rynka i perspektivy razvitija // Stroitel'nye materialy*. 2013. №2. S. 76–78. (rus)
22. Granik Ju.G. *Jacheistyj beton v zhilishhno-grazhdanskom stroitel'stve // Stroitel'nye materialy*. 2003. № 3. S. 2-6. (rus)
23. SNiP II-22-81* *Kamennye i armokamennye konstrukcii*. (rus)
24. SP 15.13330.2012 *Kamennye i armokamennye konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-22-81*. (rus)

25. Semchenkov A.S., Semechkin A.E., Litvinenko D.V., Antonov I.M. Proektirovanie LJeJeJeNDT stenovykh ograzhdenij dlja uslovij Rossii // Stroitel'nye materialy. 2004. №1. S. 62–66. (rus)
26. Semchenkov A.S., Uhova T.A., Saharov G.P. O korrrektirovke ravnovesnoj vlazhnosti i teploprovodnosti jacheistogo betona // Stroitel'nye materialy. 2006. №6. S. 3–7. (rus)
27. Uhova T.A., Paplavskis Ja.M., Grinfel'd G.I., Vishnevskij A.A. Razrabotka mezhgosudarstvennykh standartov vzamen GOST 21520-89 i GOST 25485-89 v chasti jacheistykh betonov avtoklavnogo tverdenija // Stroitel'nye materialy. 2007. № 4. S. 26–30. (rus)
28. GOST 31359-2007 Betony jacheistye avtoklavnogo tverdenija. Tehnicheskie uslovija. (rus)
29. Litvinenko D.V. Naruzhnye nenesushhie steny iz jacheistogo betona plotnost'ju D400–D600 v vide blokov dlja mnogojetazhnykh monolitnykh zdaniy : dis. ... kand. tehn. nauk. M. 2005. 178 s. (rus)
30. Gorshkov A.S., Gladkih A.A. Vlijanie rastvornykh shvov kladki na parametry teplotehnicheskoj odnorodnosti sten iz gazobetona // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. №3. S. 39–42. (rus)
31. Rukovodstvo po teplotehnicheskomu raschetu naruzhnykh stenovykh konstrukcij zhilyh i obshhestvennykh zdaniy s primeneniem izdelij iz jacheistogo betona avtoklavnogo tverdenija v Rossijskoj Federacii. Vatin N.I. i dr. SPb: GOU «SPb GPU», 2011. 40 s. (rus)
32. GOST 25485-89 Betony jacheistye. Tehnicheskie uslovija. (rus)
33. GOST 21520-89 Bloki iz jacheistykh betonov stenovye melkie. Tehnicheskie uslovija. (rus)
34. GOST 5742-76 Izdelija iz jacheistykh betonov teploizoljacionnye. (rus)
35. Korovkevich V.V. Primenenie jacheistogo betona v zhilishhnom stroitel'stve // Zhilye doma iz jacheistogo betona: Sb. nauch. tr. L. 1963. S. 57-62. (rus)
36. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P. Gazobeton v zhilishhnom stroitel'stve s maksimal'nym ego ispol'zovaniem // Jacheistye betony v sovremennom stroitel'stve. Sbornik dokladov. Vypusk 5. SPb: NP «Mezhregional'naja severozapadnaja stroitel'naja palata», Centr jacheistykh betonov. 2008. S. 10–32. (rus)
37. Mironov S.A., Krivickij M.Ja., Malinina L.A., Malinskij E.H., Schastnyj A.N. Betony avtoklavnogo tverdenija. M.: Izd-vo liter, po stroitel'stvu, 1968. 279 s. (rus)
38. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P., Grinfel'd G.I. Prochnost' i deformativnost' sten iz gazobetona nizkoj plotnosti // Jacheistye betony v sovremennom stroitel'stve. Sbornik dokladov. Vypusk 5 SPb: NP «Mezhregional'naja severozapadnaja stroitel'naja palata», Centr jacheistykh betonov. 2008. S. 6–9. (rus)
39. Bautina E.V. Ocenka sostojanija jacheistogo silikatnogo betona v ograzhdajushhih konstrukcijah zhilyh zdaniy s dlitel'nym srokom jekspluatacii // Diss. na soisk uchen. step. k.t.n, Voronezh, 2006. 222 s. (rus)
40. Gojkalov A.N. Prochnost' i deformativnost' szhatykh jelementov kladki iz melkih jacheistobetonnykh blokov s kosvennym armirovanijem. Diss. na soisk uchen. step. k.t.n. Voronezh, 2005. 161 s. (rus)
41. Kuznecov D.V. Metody zashhity naruzhnykh sten zdaniy na osnove avtoklavnykh gazobetonnykh blokov // Diss. na soisk uchen. step. k.t.n. Ufa. 2006. 153 s. (rus)
42. Bazhenov P.I. Tehnologija avtoklavnykh materialov. L.: Strojizdat, 1978. 368 s. (rus)
43. Mironov S.A. Primenenie gazobetona v Shvecii // Stroitel'nye materialy. 1964. № 2. S. 38-39. (rus)
44. Avtoklavnyj jacheistyj beton: Per. s angl./ Red.sovet: G.Bove (pred.) i dr. M.: Strojizdat, 1981. 88 s. (rus)
45. Kudrjashev I.T., Kuprijanov V.P. Jacheistye betony. M.: Gosstrojizdat, 1959. 182 s. (rus)
46. Silaenkov E.S. Dolgovechnost' izdelij iz jacheistykh betonov. M.: Strojizdat, 1986. 176 s. (rus)
47. Korovkevich V.V., Gur'ev O.I. Primenenie jacheistogo betona v zhilishhnom stroitel'stve // Zhilye doma iz jacheistogo betona: Gos. iz-vo liter. po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nym materialam. 1963. S. 33–45. (rus)
48. Genzler M.N., Lindeberg S.A. Penobetonshhik. M., 1936. 157 s. (rus)
49. Kaufman B.N. Proizvodstvo i primenenie penobetona v stroitel'stve. M.: «StrojCNIL», 1940. 130 s. (rus)
50. Korovkevich V.V., Gur'ev O.I. Primenenie jacheistogo betona v zhilishhnom stroitel'stve // Zhilye doma iz jacheistogo betona: Gos. iz-vo liter. po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nym materialam. 1963. S. 33–45. (rus)
51. Sazhnev N.P. Proizvodstvo jacheistykh betonov v Belarusi na sovremennom jetape // Belorusskij stroitel'nyj rynek. 2011. №5. S. 8–16. (rus)
52. Chernyshov E.M. Upravlenie processami strukturoobrazovanija i kachestvom silikatnykh avtoklavnykh materialov (voprosy metodologii, strukturnoe materialovedenie, inzhenerno-tehnologicheskie zadachi): Avtoref. Diss. dokt. tehn. nauk.: L., 1988. 45 s. (rus)

53. Fedin A.A. Issledovanija Voronezhskogo inzhenerno-stroitel'nogo instituta v oblasti tehnologii jacheistyh betonov // Proizvodstvo i primenenie v stroitel'stve jacheistyh materialov na mineral'nyh vjashushhijh. 1964. S. 27-49. (rus)
54. Fedin A.A., Chernyshov E.M. Sovershenstvovanie tehnologii i ustranenie braka v proizvodstve gazosilikatnyh izdelij // Stroitel'nye materialy. 1962. № 4. S. 25-28. (rus)
55. Must X., Krejs U. Vozdejstvie SO₂ na gazosilikat s ob'emnoj massoj 500-600 kg/m³, izgotovlennyj na smeshanom vjashushhem // Sb. nauch. tr. NIPISilikatobeton. 1971. № 6. S. 220–235. (rus)
56. Levin N.I. Mehanicheskie svojstva blokov iz jacheistyh betonov. M.: Gosstroizdat, 1961. 118 s. (rus)
57. Pinsker V.A., Pisarev V.S. Opytnaja proverka plastichnosti avtoklavnogo jacheistogo betona pri kratkovremennom zagruzenii. – V kn.: «Primenenie jacheistyh betonov v zhilishhno-grazhdanskom stroitel'stve». L.: LenZNIJeP, 1991. s. 31-44. (rus)
58. Gerlovin I.L., Pinsker V.A. Teoreticheskie osnovy fiziki prochnosti jacheistyh betonov. – V kn.: «Primenenie jacheistyh betonov v zhilishhno-grazhdanskom stroitel'stve». L.: LenZNIJeP, 1991. s. 23-30. (rus)
59. Briling R.E. Vozduhopronicaemost' ograzhdajushhijh konstrukcij i materialov. M.: Strojizdat, 1948. 90 s.
60. Ushkov F.V. Vlijanie vozduhopronicaemosti na teplozashhitu sten // Stroitel'naja promyshlennost'. 1951. №8. S. 16–19.
61. Fokin K.F. Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhijh chastej zdanij. M.: Strojizdat, 1973. 289 s. (rus)
62. Kuznecov G.F. Teplovaja izoljacija. M.: Strojizdat, 1985. 430 s. (rus)
63. Vasil'ev B.F. Naturnye issledovanija temperaturno-vlazhnostnogo rezhima zhilyh zdanij. M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arhitekture, 1957. 215 s. (rus)
64. Franchuk A.U. Teploprovodnost' stroitel'nyh materialov v zavisimosti ot vlazhnosti. Strojizdat Narkomstroja SSSR, 1941. 146 s. (rus)
65. Grozdov V.T. O nedostatkah sushhestvujushhijh proektnyh reshenij navesnyh naruzhnyh sten v mnogojetazhnyh monolitnyh zhelezobetonyh zdaniyah. Defekty zdanij i sooruzhenij. SPb.: VITU, 2006. S. 15–21. (rus)
66. Ishhuk M.K. Prichiny defektov naruzhnyh sten s licevym sloem iz kirpichnoj kladki // Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2008. №3. S. 28–31. (rus)
67. Lobov O.I., Anan'ev A.I. Dolgovechnost' naruzhnyh sten sovremennyh mnogojetazhnyh zdanij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2008. №8. S. 48–52. (rus)
68. Grinfel'd G.I. Praktika primenenija avtoklavnogo jacheistogo betona v naruzhnyh ograzhdenijah karkasnyh zdanij Sankt-Peterburga // Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2008. №6. S. 28–31. (rus)
69. Grinfel'd G.I. Ograzhdajushhie konstrukcii iz gazobetonyh blokov s oblicovkoj navesnymi fasadami // Stroitel'nye materialy: Arhitektura. 2009. № 10. S. 46–49. (rus)
70. Gorshkov A.S., Popov D.Ju., Glumov A.V. Konstruktivnoe ispolnenie ventiliruemogo fasada povyshennoj nadezhnosti // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. №8. S. 5–9. (rus)
71. Grinfel'd G.I. Ograzhdajushhie konstrukcii s primeneniem avtoklavnogo gazobetona v Sankt-Peterburge: problemy, puti reshenija. ALITinform: Cement. Beton. Suhie smesi. 2010. №1. S. 76–82. (rus)
72. Galkin S.L. i dr. Primenenie jacheistobetonyh izdelij. Teorija i praktika. Minsk: Strinko, 2006. 448 s. (rus)
73. Saharov G.P. Jacheistye betony v postkrisisnyj period // Nauchno-prakticheskij Internet-zhurnal «Nauka. Stroitel'stvo. Orazovanie». 2011. №1. [Jelektronnyj resurs]. Sistem. trebovanija: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.nso-journal.ru/images/stories/NSO/2011/01_8.pdf (Data obrashhenija: 04.05.2013). (rus)
74. Proekty domov iz gazobetona: katalog proektov plans.ru [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://plans.ru/list.php?new&mat=3> (Data obrashhenija: 04.05.2013). (rus)
75. Grinfel'd G.I. Znachimost' avtoklavnogo gazobetona dlja rynka stenovyh materialov Sankt-Peterburga i oblasti. Rol' zavoda «Ajerok SPb» v udovletvorenii i formirovanii sprosa // IV nauchno-prakticheskaja konferencija «Jacheistye betony v sovremennom stroitel'stve», sbornik dokladov. SPb. 2007. S. 17–19. (rus)
76. STO 501-52-01 Proektirovanie i vozvedenie ograzhdajushhijh konstrukcij zhilyh i obshhestvennyh zdanij s primeneniem jacheistyh betonov v Rossijskoj Federacii. Ch. I. (rus)
77. STO 501-52-01 Proektirovanie i vozvedenie ograzhdajushhijh konstrukcij zhilyh i obshhestvennyh zdanij s primeneniem jacheistyh betonov v Rossijskoj Federacii. Ch. II. (rus)
78. Grozdov V.T. Kak obespechit' kachestvo fasadov v uslovijah Severo-Zapada. // Vestnik stroitel'nogo kompleksa. 2007. №3 (43). (rus)
79. Derkach V.N., Orlovich R.B. Voprosy kachestva i dolgovechnosti oblicovki sloistyh kamennyh sten // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2011. №2(20). S. 42-47. (rus)

80. Ishhuk M.K. Trebovaniya k mnogoslojnym stenam s gibkimi svjazjami // Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2008. №5. S. 15–19. (rus)
81. Gorshkov A.S. Usloviya ustojchivosti pojetazhno opertyh sten, vypolnennyh kladkoj iz jacheistobetonnyh blokov, pri uchete vozdeystviya na nih vetrovyh nagruzok // Sovremennyy avtoklavnyj gazobeton: sbornik dokladov nauch.-prakt. konferencii. Krasnodar, 15 – 17 maja 2013 g. S. 17–33. (rus)
82. SP 50.13330.2012 Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualizirovannaja redakcija SNIP 23-02-2003. (rus)
83. SP 23-101-2004 Proektirovanie teplovoj zashhity zdaniy. (rus)
84. STO NAAG 3.1–2013 Konstrukcii s primeneniem avtoklavnogo gazobetona v stroitel'stve zdaniy i sooruzhenij. (rus)
85. Grinfel'd G.I., Sytova E.N., Lisunov P.N, Hvedchenja O.V. Sravnitel'nye ispytaniya ankernyh kreplenij v avtoklavnom gazobetone v zavisimosti ot formy djubelja i plotnosti, prochnosti i vlazhnosti osnovanija // Sovremennyy avtoklavnyj gazobeton: sbornik dokladov nauch.-prakt. konferencii. Krasnodar, 15 – 17 maja 2013 g. S. 64–70. (rus)
86. Granovskij A.V., Kiselev D.A. K ocenke nadezhnosti kreplenija k stenam iz jacheistobetonnyh blokov // Krepezh, klei, instrument. 2007. №1. S. 57-59. (rus)
87. GOST 30971-2002 Shvy montazhnye uzlov primykaniy okonnyh blokov k stenovym proemam. (rus)
88. Grinfel'd G. I., Kuptaraeva P. D. Kladka iz avtoklavnogo gazobetona s naruzhnym utepleniem. Osobennosti vlazhnostnogo rezhima v nachal'nyj period jekspluatacii // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2011. №8(26). S. 41-50. (rus)
89. Gaevoj A.F., Kachura B.A. Kachestvo i dolgovechnost' ograzhdajushhih konstrukcij iz jacheistogo betona. Har'kov :Vishha shkola, 1978. 224 s. (rus)
90. Paplavskis Ja.M. Trebovaniya k shtukaturnym sostavam dlja naruzhnoj otdelki sten iz jacheistobetonnyh blokov // VI nauchno-prakticheskaja konferencija «Jacheistyje betony v sovremennom stroitel'stve», sbornik dokladov. SPb. 2009. S. 30–35. (rus)
91. Ross H., Shtal' F. Shtukaturka. Prakticheskoe rukovodstvo: Materialy, tehnika proizvodstva rabot, predotvrashhenie defektov / per. s nem. Pod obshh. red. P.V. Zozulja. SPb.: RIA «Kvintet», 2006. 274 s. (rus)
92. Grinfel'd G.I. Inzhenernye reshenija obespechenija jenergojektivnosti zdaniy. Otdelka kladki iz avtoklavnogo gazobetona: ucheb. posobie. SPb: Izd-vo Politehn. un-ta, 2011. 90 s. (rus)
93. Kruglyj stol «Jacheistobetonnye i pustotnye stenovyje materialy v mnogojetazhnom stroitel'stve» // Tehnologija stroitel'stva. №7 (62). 2008. S. 7–20. (rus)
94. Orlovich R.B., Rubcov N.M., Zimin S.S. O rabote ankerov v mnogoslojnyh ograzhdajushhih konstrukcijah s naruzhnym kirpichnym sloem // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2013. №1. S. 3–10. (rus)
95. Granovskij A.V., Kiselev D.A. O metodike ispytanij ankerov na vryv iz razlichnyh stenovyh materialov i vozmoznyh oblastjah ih primenenija // Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2010. №2. S. 7–8. (rus)
96. Tehnicheskij otchet po teme «Prochnostnye ispytaniya razlichnyh tipov ankernyh kreplenij v gazobetonnye bloki «Ytong», izgotovlennye ZAO «Ksella-Ajeroblok-Centr», s uchedom ih vlazhnosti». M.: CNIISK im. Kucherenko, 2009, 82 s. (rus)
97. GOST 11118–73 Paneli iz avtoklavnyh jacheistyh betonov dlja naruzhnyh sten zdaniy. Tehnicheskie trebovaniya. (rus)
98. Rudchenko D.G. Sovershenstvovanie tehnologij proizvodstva avtoklavnogo gazobetona s povyshennym koeficientom konstruktivnogo kachestva // Opyt proizvodstva i primenenija jacheistogo betona avtoklavnogo tverdenija: materialy 7-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Brest, Malorita, 22-24 maja 2012 g. S. 49–54. (rus)
99. Slavcheva G.S. Struktura vysokotehnologichnyh betonov i zakonomernosti projavlenija ih svojstv pri jekspluacionnyh vlazhnostnyh vozdeystvijah // Avtoref. diss. dokt. tehn. nauk. Voronezh. 2009. 43 s. (rus)
100. Kiselev D.A. Prochnost' i deformativnost' ankernogo krepezhha pri dejstvii staticheskoy i dinamicheskoy nagruzok. diss. na soisk. uchen. step. k.t.n.. m. 2010. 158 s. (rus)
101. Smirnov V.A., Granovskij A.V, Dzhamuev B.K. Nauchno-tehnicheskij otchet po teme: «Provedenie issledovanij konstrukcij iz jacheistobetonnyh blokov Ytong proizvodstva ZAO «Ksella-Ajeroblok-Centr» na kleju marki Ytong dlja sejsmostojkih sten zdaniy». M.: 2009. 90 s. (rus)
- 102.. Onishhik L.I. Prochnost' i ustojchivost' kamennyh konstrukcij.. Moskva, Leningrad.: Glavnaja redakcija stroitel'noj literatury, 1937, 564 s. (rus)
- 103..EN 1996-1-1: 2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1.

104. Gajovnik R., Sechkovski Ja. *Soprotivlenie szhatiju steny iz avtoklavного газобетона согласно ES6 v izbrannyh stranah // Spravochnik dlja proektirujushhijh i strojashhijh iz газобетона. Varshava. 2011. №1. (rus)*
105. EN 772-1:2000 Methods of test for masonry units - Part 1: Determination of compressive strength
106. EN 771-4: 2003 Specification for masonry units. Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units. (Требования к изделиям для каменной кладки. Част' 4. Изделия для каменной кладки из автоклавного ячеистого бетона).
107. Jäger W., Schöps P. Confined masonry – a chance to improve the load bearing capacity // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 225–237.
108. Kreft O., Straube B., Schoch T. Internal thermal insulation with light weight autoclaved aerated concrete // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 251–257.
109. Scheffler G.A. Introduction of a full range model for liquid and vapour transport properties of AAC // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. Pp. 311–323.
110. Machinskij V.D. *O koncensacii parov vozduha v stroitel'nyh ograzhdenijah // Stroitel'naja promyshlennost'. 1927. №1. S. 60–62. (rus)*
111. Fokin K.F. *Raschet vlazhnostnogo rezhima naruzhnyh ograzhdenij. Moskva, Leningrad. Glavnaja redakcija stroitel'noj literatury. 1935. 173 s. (rus)*
112. Il'inskij V.M. *Raschet vlazhnostnogo sostojanija ograzhdajushhijh konstrukcij pri diffuzii vodjanogo para // Promyshlennoe stroitel'stvo. 1962. №2. S. 25–30. (rus)*
113. Shklover A.M. *O raschete uvlazhnenija naruzhnyh sten zdaniy metodom stacionarnogo rezhima // Stroitel'naja promyshlennost'. 1949. №7. S. 20–23. (rus)*
114. Glaser H. *Grafisches Verfahren zur Unterschuhung von Diffusionsvorgangen. Warmeschutz-Kaltechutz-Schallchutz-Brandchutz. Sonderausgabe, 1985. S. 42–49. (rus)*
115. DIN 4108: Warmeschutz im Hochbau. – Berlin, 1995.
116. Gagarin V.G. *Teorija sostojanija i perenosa zhidkoj vlagi v stroitel'nyh materialah i teplozashhitnye svojstva ograzhdajushhijh konstrukcij zdaniy / diss. na soisk. uchen. step. d.t.n. M. NIISF. 2000. 389 s. (rus)*
117. Bogoslovskij V.N. *Stroitel'naja teplofizika. M.: 1982,. 416 s. (rus)*
118. Perehzhencev A.G. *Issledovanie processov vlagoperenosa v poristyh stroitel'nyh materialah pri reshenii zadach prognoza vlazhnostnogo sostojanija neodnorodnyh ograzhdajushhijh konstrukcij zdaniy : Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. M., 1998. 46 s. (rus)*
119. Tertichnik E.I. *Issledovanie vlazhnostnogo sostojanija naruzhnyh ograzhdenij zdaniy na osnove potentsiala vlazhnosti : dis. ... kand. tehn. nauk. M. 1966. 164 s. (rus)*
120. Kozlov V.V. *Metod inzhenernoj ocenki vlazhnostnogo sostojanija sovremennyh ograzhdajushhijh konstrukcij s povyshennym urovnem teplozashhity pri uchete paropronicaemosti, vlagoprovodnosti i fil'tracii vozduha : dis. ... kand. tehn. nauk. M. 2004. 161 s. (rus)*
121. Lykov A.V. *Javlenie perenosa v kapilljarno-poristyh telah. M.: 1954, 296 s. (rus)*
122. Kießl, K., Gertis, K., 1980. Feuchtetransport in Baustoffen. Eine Literatúrauswertung zur rechnerischen Erfassung hygrischer Transportphänomene. Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 13.
123. Klopfer, H., 1974. Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 235 pp.
124. Künzel, H.M., 1994. Verfahren zur ein. und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dr. -Ing. Thesis, Universität Stuttgart, Stuttgart.
125. Schoch T., Kreft O. The influence of moisture on the thermal conductivity of AAC // 5th International conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future»: Bydgoszcz, Poland, September, 14–17, 2011. p. 361–370.
126. SNB 2.04.01–97 Stroitel'naja teplotehnika. Minsk, 1997.
127. Saharnikov Ju.V. *Izgotovlenie krupnoformatnyh izdelij iz avtoklavного ячеистого бетона dlja stroitel'stva zhilyh domov serii Je600p // Sovremennij avtoklavnyj газобетон: sbornik dokladov nauch.-prakt. konferencii. Krasnodar, 15 – 17 maja 2013 g. S. 49–53. (rus)*
128. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P. *Osnovnye principy rascheta na teploizoljaciju газобетонных стен zhilyh domov na primere serii 600.11 // V nauchno-prakticheskaja konferencija «Jacheistyje betony v sovremennom stroitel'stve», sbornik dokladov. SPb. 2008. S. 16–18. (rus)*

- 129.DBN V.2.6-31:2006 *Konstrukcii budivel' i sporud. Teplova izoljacija budivel'*. Kiiiv. 2007. (rus)
- 130.STO 00044807-001-2006 *Teplozashhitnye svojstva ograzhdajushhih konstrukcij zdaniy*. (rus)
- 131..Slavcheva G.S., Chernyshov E.M., Korotkih D.N., Kuhtin Ju.A. *Sravnitel'nye jekspluacionnye teplozashhitnye karakteristiki odno- i dvuhslojnyh stenovyh gazosilikatnyh konstrukcij*. // *Stroitel'nye materialy*. 2007. №4. S. 13–15. (rus)
- 132.Chernyshov E. M., Slavcheva G.S. *Vlazhnostnoe sostojanie i zakonomernosti projavlenija konstrukcionnyh svojstv stroitel'nyh materialov pri jekspluacii* // *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2007. №4. S. 70–77. (rus)
- 133.Vishnevskij A.A. *Sravnitel'nyj analiz ograzhdajushhih konstrukcij iz avtoklavno gozozolobetona* // *Primenenie avtoklavno gozobetona v stroitel'stve: sbornik dokladov III nauchno-prakticheskogo seminaru, Ekaterinburg, UrFU, 2010. S. 65–70. (rus)*
- 134.Pinsker V.A., Vylegzhani V.P., Grinfel'd G.I. *Teplofizicheskie ispytaniya fragmenta kladki steny iz gazobetonnyh blokov «Ajerok SPb» marki po plotnosti D400* // *V nauchno-prakticheskaja konferencija «Jacheistye betony v sovremennom stroitel'stve», sbornik dokladov. SPb. 2008. S. 48–51. (rus)*
- 135.Makarichev V.V., Levin N.I. *Raschet konstrukcij iz jacheistyh betonov*. M.: Gosstrojizdat, 1961. 154 s. (rus)
- 136.Granovskij A.V., Dzhamuev B.K. *Ispytaniya stenovyh konstrukcij iz jacheistobetonnyh blokov na seismicheskie vozdejstvija* // *Sovremennoe proizvodstvo avtoklavno gozobetona: sbornik dokladov nauchn.-prakt. konferencii. SPb, 16–18 nojabrja 2011 g. S. 104–108. (rus)*
- 137.Jurkov O.I., Kudrevich O.O., Goncharik V.N., Garnashevich G.S. *O teplotehnicheskikh karakteristikah otechestvennogo gazosilikata avtoklavno gozobetona* // *Stroitel'nye materialy*. 2004. №8. S. 152–153. (rus)
- 138.Krutilin A.B. *K voprosu opredelenija raschetnyh massovyh otnoshenij vlagi v materialah i urovnja teplozashhity naruzhnyh sten, vypolnjaemyh kladkoj iz jacheistobetonnyh blokov* // *Sovremennoe proizvodstvo avtoklavno gozobetona: sbornik dokladov nauchn.-prakt. konferencii. SPb, 16–18 nojabrja 2011 g. S. 96–103. (rus)*
- 139.Kiselev I.Ja. *Metod rascheta ravnovesnoj sorbcionnoj vlazhnosti stroitel'nyh materialov* // *Vestnik MGSU*. 2011. №3. T.2. S. 92–98. (rus)
- 140.Hutornoj A.N. *Teplofizicheskoe obosnovanie novyh neodnorodnyh naruzhnyh sten zdaniy i prognozirovanie ih teplozashhitnyh svojstv* : Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. Tjumen'. 2009. 47 s. (rus)
- 141.Sterljagov A.N. *Sovmestnyj teplo- vlagoperenos v ograzhdajushhih konstrukcijah zdaniy iz gazobetona* : dis. ... kand. tehn. nauk. Novosibirsk. 2007. 167 s. (rus)
- 142.Babkov V.V. i dr. *Problemy jekspluacionnoj nadezhnosti naruzhnyh sten zdaniy na osnove avtoklavnyh gazobetonnyh blokov i vozmozhnosti ih zashhity ot uvlazhnenija* // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2010. №8(18). S. 28-31. (rus)
- 143.EN 1745: 2002 *Masonry and masonry products – Method for determining design thermal values*
- 144.EN 12524: 2002 *building materials and products – Hydrothermal properties – Tabulated design values*
- 145.EN 1353 *Determination of moisture content of autoclaved aerated concrete*.
- 146.Kunzel H. *Gasbeton – Warme- und Feuchteschutz*. «Bundesverband Gasbetonindustrie», Bericht 11. – Wiesbaden, 1989.
- 147.M. Gomann; per. s nem. pod red.. Kolomackogo A.S. *Porobeton: rukovodstvo*. Belgorod: Izd-vo LitKaraVan, 2010. 272 s. (rus)
- 148.Gorshkov A.S. *Ocenka dolgovechnosti stenovoj konstrukcii na osnovanii laboratornyh i naturnyh ispytaniy* // *Stroitel'nye materialy*. 2009. №8. S. 12–15. (rus)
- 149.Vilnitis. M. Ja. i dr. *Issledovanie teplotehnicheskikh kachestv gazobetona AEROC* // *Belorusskij stroitel'nyj rynek*. 2006. № 9-10. S.32-35.
- 150..Jagust V.I., Shapiro G.I., Krohmal' O.M. *Prochnost' ankerovki sterzhnja s krjukom na konce vo vnutrennej stenovoj paneli pri ee pod#eme i montazhe*. sb. *Prochnost' konstrukcij*. M.: GOSINTI, 1976. S. 34–56. (rus)
- 151.Vesnik I.I. *Deformativnost' uzlov sopryazhenij konstrukcij pokrytij odnojetazhnyh promyshlennyh zdaniy*. M.: GOSSTROJ SSSR, 1975. 215 s. (rus)
- 152.Eligehausen, R.; Mallée R.: *Befestigungstechnik im Beton- und Mauerwerkbau*. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000. (rus)
- 153.Korchinskij I.L., Becheneva G.V. *Prochnost' stroitel'nyh materialov pri dinamicheskikh nagruzenijah*. M.: Strojizdat., 1966. 251 s. (rus)
- 154.Pavlova M.O. *Prochnost' i deformativnost' kladki sten iz razlichnyh materialov v zone zadelki ankerov pri dejstvii na nih prodol'nyh i poperechnykh sil* : dis. ... kand. tehn. nauk. M. CNIISK. 2000. 210 s. (rus)

155. Kiselev D.A. *Prochnost' i deformativnost' ankernogo krepzha pod dejstviem staticheskoy i dinamicheskoy nagruzok : dis. ... kand. tehn. nauk. M. CNIISK. 2010. 179 s. (rus)*
156. Cykanovskij E. Ju., Gagarin V. G., Granovskij A. V., Pavlova M. O. *Problemy pri proektirovanii i stroitel'stve ventiliruemyh fasadov [Elektronnyj resurs]. URL: <http://makonstroy.ru/forum/?p=2088> (data obrashhenija: 26.04.2013). (rus)*
157. TR 161-05 *Tehnicheskie rekomendacii po proektirovaniju, montazhu i jekspluatacii navesnyh fasadnyh sistem. GUP Centr «Jenlakom». (rus)*
158. *Tehnicheskij otchet po teme «Prochnostnye ispytanija razlichnyh tipov ankernyh krepplenij v gazobetonnye bloki «Ytong» (D600 V5), izgotovlennye ZAO «Ksella-Ajeroblok-Centr» / M.: CNIISK im. Kucherenko, 2013, 86 s. (rus)*