



Филатов А. Н.



Вудвуд Т. Н.

Филатов А. Н., канд.техн.наук, зав. сектором,
Вудвуд Т. Н., младший научный сотрудник, ГП «НИИСМИ», г. Киев

ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН – ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ, ПРОИЗВОДСТВО (в помощь проектировщикам и строителям)

Показаны взаимосвязь пористости ячеистого бетона и его основных технических показателей, раскрыто влияние влажности на его эксплуатационные свойства.

Рассмотрены технологические способы и организационные решения по снижению строительной и эксплуатационной влажности изделий из ячеистого бетона. Затронуты вопросы неоднозначного применения терминов по ячеистым бетонам и его показателям.



Вступление

Ячеистый бетон – эффективный строительный материал с пористой структурой. Пористость бетона технологическими приемами можно изменять от 45-50 до 92-95 %, это позволяет получать материал плотностью от 150-250 до 500-1000 кг/м³ и изготавливать из него мелкоштучные и крупноразмерные изделия различного функционального назначения – теплоизоляционные, стеновые, конструкционные (таблица 1). Это основное отличие ячеистого бетона от других видов строительных материалов.

Пористая структура ячеистого бетона включает макро-, микропорами и межпоровыми перегородками. Макропоры имеют овальную форму, заполнены воздухом и парами воды и

разделены межпоровыми перегородками. Межпоровые перегородки содержат микропоры (капиллярные, гелиевые), поэтому они воздухо- и паропронимцаемы и способны удерживать воду в капельном, пленочном и парообразном состоянии.

Макропоры в ячеистом бетоне образованы газовыми или пенными пузырьками в процессе приготовления и формирования сырьевой смеси. Микропоры образуются при взаимодействии минеральных компонентов сырьевой смеси с водой и ее парами на стадии формирования, выдержки и автоклавной обработки изделий. Вода при приготовлении сырьевой смеси выполняет одновременно две функции: она является средой, в которой формируется пористая структура, а также непосред-

ственно участвует в формировании макро- и микропор. Технологическая вода сохраняется в бетоне до окончания производственного цикла и интенсивно удаляется при выдержке изделий в естественных условиях на складах и стройплощадках. Активная роль воды в формировании пористой структуры определяет последующий характер взаимодействия бетона с водой в период эксплуатации изделий в зданиях. При контакте с водой, влажным воздухом бетон накапливает воду, этот процесс характеризуется капиллярным подсосом, водопоглощением, сорбционной влажностью. Вода и ее пары, содержащиеся в бетоне, существенно влияют на его эксплуатационные показатели: объемный вес, прочность, теплопроводность, усадка, трещиностойкость, морозостойкость. Кратко рассмотрим взаимосвязь влажности ячеистого бетона и его технических показателей (таблица 2).

Плотность

Например, при проектной плотности бетона 500 кг/м³ и его влажности 30% масса м³ изделий составит 650 кг. Это следует учитывать при выполнении операций погрузки, перевозки и подачи изделий на этажи. С изменением влажности бетона изменяются монтажные, строительные, эксплуатационные нагрузки в зданиях. При высыхании бетона до 10-12% масса м³ будет составлять 550-560 кг, а для достижения равновесной влажности 5-6% необходимо удалить еще 25-30 кг воды, то есть 12-15 кг воды с каждого м² стены при толщине 400-500 мм. Следует напомнить, что высыхание бетона это процесс испарения воды и последующее удаление ее паров в окружающую среду. При этом бетоны разных плотностей и производителей характеризуются различными сроками высыхания до равновесной влажности.

При выдержке изделий на складе готовой продукции, транспортировке, хранении на базах и стройплощадках бетон достаточно интенсивно естественно высыхает за счет энергии солнца и ветра, при условии, что пакеты изделий не закрыты паронепроницаемым чехлом. До укладки изделий в стены пары воды удаляются с поверхности шести граней блока (размеры 600×400×200 мм, площадь 0,88 м²), а после укладки в стены пары удаляются лишь с двух граней площадью 0,24 м², процесс естественного высыхания бетона существенно замедляется. При нанесении на стены защитно-декоративных покрытий удаление паров с бетона замедляется дополнительно, особенно, если покрытия

нанесены одновременно на наружную и внутреннюю поверхность стены.

В условиях эксплуатации зданий бетон продолжает высыхать до равновесной влажности преимущественно за счет энергии отопления. Чем ниже строительная влажность бетона в стенах, тем меньше затраты энергии на его «досушку» до равновесной влажности в отопительный сезон, тем короче период «досыхания» до равновесной влажности без проявления негативных явлений в начальный период эксплуатации здания. Это необходимо учитывать при решении вопросов конструкции стен, вида отделки, обеспечивающих интенсивное высыхание бетона и исключающих его увлажнения в процессе строительства и эксплуатации зданий.

Прочность

При увлажнении прочность ячеистого бетона снижается, степень снижения характеризуется коэффициентом размягчения, он может составлять от 0,85-0,9 до 0,6 в зависимости от вида бетона и технологии изготовления. Методы определения прочности бетона с учетом его влажности, за 50 лет изменялись несколько раз, в настоящий период за базовое принято определение прочности при влажности бетона 10%. Допускается проведение испытаний бетона с влажностью 5, 15, 20, 25% с применением поправочных коэффициентом (ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності, ДСТУ Б В.3.7-45:2010 Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови).

Усадка

При высыхании размеры изделий из ячеистого бетона уменьшаются за счет воздушной усадки. Усадка характеризуется отношением уменьшения длины образца в мм к его начальной длине в метрах (мм/м). При высыхании бетона в нем возникают напряжения, если они превышают прочность бетона при растяжении образуются трещины. Допустимое значение усадки 0,5 мм/м (конструкционно-теплоизоляционный, конструкционный бетон) занормировано еще в 70-е годы прошлого столетия в МРТУ 7-20-69 «Камни стеновые из ячеистых бетонов» и увязано с отпускной влажностью бетона 25 и 30%. Такое значение допустимой усадки сохранено в действующих сегодня нормативах. Согласно этих требований усадка определяется при высыхании бетона от влажности 35% до 5%. Заметное проявление усадки

Таблица 1.

Взаимосвязь пористости ячеистого бетона и технических показателей (ДСТУ Б В.2.7-45:2010)

Функциональное назначение, вид изделий	Пористость, %	Плотность, кг/м³	Прочность на сжатие, МПа	Теплопроводность, Вт/м·К
Теплоизоляционные				
Термоблоки Плиты	90-95	200	0,5-1,5	0,055
		250		0,065
		300		0,08
		350		0,09
Конструкционно-теплоизоляционные				
Блоки стеновые мелкие, крупные, перемычки Блоки перегородок	80-90	400	1,5-3,62	0,10
		500		0,12
		600		0,14
Панели Плиты покрытий	60-70	700	2,9-14,5	0,18
		800		0,21
		900		0,24
Конструкционные				
Блоки крупные Плиты покрытий перекрытий	50-60	1000	10,85-21,7	0,29
		1100		0,34

наблюдается при влажности бетона ниже 20%, и она резко возрастает после 10%. С учетом работы бетона в здании оптимальным условием является достижение минимальной влажности и максимального значения усадки в свободном состоянии т.е. до укладки в стены. В таком случае вероятность образования трещин, отслоений, «раскрытия» вертикальных швов при эксплуатации существенно уменьшается или исключается.

Теплопроводность

Определяется в сухом состоянии и составляет у бетона плотностью 200-600 кг/м³ от 0,055 до 0,12 Вт/(м·К). В зданиях бетон эксплуатируется в увлажненном состоянии, в зависимости от плотности бетона и влажности воздуха минимальная влажность бетона составляет 2-6%. Теплопроводность увлажненного бетона выше чем сухого, на каждый процент прироста объемной влажности она увеличивается на 8% и характеризуется линейной зависимостью при повышении влажности до 10-15%. Физически и экономически целесообразно эксплуатировать бетон в зданиях при равновесной (сорбционной) влажности ниже 6%. Процесс снижения строительной влажности ячеистого бетона до нормируемых проектных значений (ДБН В 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель») происходит достаточно медленно и составляет по разным данным от 1,5 до 2,5 лет в зависимости от конструкции стен и климатических условий. Информацию о фактических характеристиках ячеистого бетона уместно закончить проверенной столетиями фразой: *«Не один материал не выдает себя за что – то, чем он не является».*

А практические вопросы взаимосвязи технологической и эксплуатационной влажности ячеистого бетона и его технических показателей изучены достаточно полно еще в 60-80 годы прошлого столетия и отражены в стандартах, СНиП, ДБН, рекомендациях на проектирование. Снижение влажности ячеистого бетона не является вопросом сегодняшнего дня, т.к. с его решением связаны вопросы долговечности, комфортности и экономичности зданий. Многие жилые, общественные, промышленные здания из ячеистого бетона эксплуатируют уже около 60 лет, за этот период наработан целый ряд технологических, проектных и организационных решений, направленных на снижение влажности бетона:

- уменьшение расхода воды затворения при приготовлении смеси;
 - вакуумирование автоклава в конце процесса твердения;
 - выдержка изделий на вентилируемом складе, стройплощадке;
 - конструкция стен, кровли, устройство системы водоотведения исключающая местное увлажнение конструкций из ячеистого бетона осадками;
 - защита изделий от увлажнения в осенне-зимний период и др.
- Самые простые организационно-технологические решения дают ощутимый положительный результат без дополнительных затрат энергии. Производственный и строительный опыт прошлых лет по использованию изделий из ячеистого бетона отражен в ряде документов:
- «Рекомендации по изготовлению и применению ячеистых бетонов в гражданском строительстве» ЛенЗНИИЭП, Ленинград, 1975 г.;

- «СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона», 1980 г.;
- Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов. М., Стройиздат, 1977;
- «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий по производству изделий из ячеистого и плотного бетонов автоклавного твердения» ОНТП 09-85. Таллин, 1986;
- «Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов, Москва, 1987»;
- Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01-84). М., ЦНИИСК, 1986;
- Рекомендации по проектированию и применению ячеистобетонных конструкций, изготавливаемых по резательной технологии методом вертикального реза массива высотой 600 мм. Таллин – Москва, 1986;
- Рекомендации по отделке ячеистобетонных стен жилых и промышленных зданий. М., Стройиздат, 1987;
- «Технические решения наружных стен из ячеистых бетонов жилых зданий с поперечными несущими стенами высотой до 9 этажей», КиевЗНИИЭП, 1995.

На базе этих документов и стандартов разработаны десятки проектов усадебных, пятиэтажных жилых домов, которые построены в Прибалтике, Белоруссии, Украине, России, Казахстане.

Изготовители ячеистобетонных изделий в своей деятельности оперируют преимущественно показателями ячеистого бетона, занормированными в стандартах (ДСТУ), характеризующих его как материал. Специалисты же проектных и научно-исследовательских организаций в своей работе используют дополнительную группу показателей, характеризующих кладку, конструкции из ячеистобетонных изделий в условиях длительной эксплуатации зданий, к ним относятся модуль упругости, усадка, трещиностойкость, ползучесть, термическое сопротивление, долговечность, надежность и т.д.

Эти показатели изложены в СНиП, ДБН, методиках испытаний и расчетов, рекомендациях по проектированию и применению изделий из ячеистого бетона. При владении всей совокупностью технических показателей ячеистого бетона и изделий обеспечивается надежность применяемых конструкторских и проектных решений в зданиях, а также гарантируется нормируемый (проектный) срок их эксплуатации. Изменение классификации бетона, его функционального назначения в зданиях на основании отдельных 2-3 технических показателей бетона без длительных натурных испытаний и наблюдений может быть сопряжено с появлением негативных явлений и последствий в отдаленный период. Ведь здания строят сегодня, а срок их эксплуатации от 50 до 150 лет. А эксплуатирующие здания организации, а также жители вообще не информированы в вопросах эксплуатации зданий с применением ячеистобетонных изделий, сроках проведения техобслуживания, текущего, среднего и капитального ремонта конструкций и зданий.

Таблица 2.

Влияние влажности бетона на его показатели

Показатели	Условие испытаний	Характер изменения при высыхании	Предел изменения влажности при испытании, %
Плотность	всухом состоянии	уменьшается	от 40 до 0
Прочность, модуль упругости	при 10% влажности	увеличивается	от 25 до 0
Усадка	во влажном состоянии	увеличивается	от 35 до 5
Теплопроводность	в сухом состоянии	уменьшается	от 15 до 0

Следует также отметить, что технически правильному восприятию свойств и назначения ячеистого бетона в определенной мере препятствуют терминологические неточности в названии материала, его прочностных и теплотехнических показателей. Это с одной стороны вызвано не владением терминами и понятиями, а с другой стороны пренебрежением к сложившейся языковой практике. Стандарты на бетонные изделия сформированы во второй половине прошлого столетия, общепринятые термины «тяжелый», «легкий», «ячеистый» говорят специалистам строителям о свойствах и назначении бетона. Украинский стандарт на ячеистый бетон был принят в 1996 году, термин «ніздрюватий» применен согласно строительного словаря 1994 года издания/7/. А получившие широкое распространение термины «газоблоки», «пеноблоки», «газопеноблок» характеризуют способ образования пор в сырьевой смеси, а «пенобетон», «газосиликат», «газозолосиликат» и др. указывают на вид основного сырья (цемент, известь, песок, зола) и используются технологами при производстве изделий из ячеистого бетона /8/. Такие названия как автоклавный и неавтоклавный ячеистый бетон характеризуют способ тепловой обработки изделий (в автоклаве, тепловой камере или естественных условиях). Технологические характеристики ячеистого бетона и рекламный показатель «коэффициент конструктивного качества» не применяются в расчетах нагрузок и не работают в стенах зданий. А разное название одного материала и его характеристик вводит в заблуждение и строителей и застройщиков. Приходится пояснять, что как «газа», так и «пены» в ячеистом бетоне нет, а ячейки (поры) заполнены воздухом и парами воды.

До сих пор встречается путаница относительно показателей прочности на сжатие бетона. Изначально до 1976 г. прочность, по аналогии с кирпичом, характеризовалась маркой «М» Рсж (кг/см²) определялась на трех образцах в сухом состоянии, затем в 1978 г. перешли на класс «В», Рсж (МПа) определялась на 6 образцах при влажности 10%, сейчас осваивается, по аналогии с европейской, обозначение класса для тяжелого бетона «С», для легкого «LC» (Н/мм²), вводится понятие «характеристическая прочность» имеющая разное определение в наших нормативах (ДБН В.2.6-162:2010, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-176:2008). Однако однозначного, доступного и понятного для специалистов всех уровней истолкования физического смысла символов «М, В, С» не было и нет. А в расчетах эксплуатационных нагрузок в зданиях символы не поставишь, там должна фигурировать фактическая механическая прочность.

В ДСТУ Б В.2.7-45:2010 были наведены конкретные минимальные значения прочности при сжатии для каждого класса «В», значения принятые на базе застарелых советских методик (других тогда не было). Согласно сегодняшних подходов бетон одного класса разных изготовителей может иметь различное значение минимальной прочности, например бетон класса В2 может иметь прочность 18,5, 21,5, 25,5 МПа. Для сравнения представим, что одна гривна в одном банке оценивается в 95 коп, а в другом 105 коп., или в супермаркете один килограмм равен 950 гр, а в гипермаркете 1020гр. Такая вольная трактовка прочности может беспечно проходить, учитывая что элементы из ячеистого бетона в зданиях воспринимают невысокие эксплуатационные нагрузки, не граничащие с разрушающими.

Возвращаясь к влажности бетона отметим, что вода и ее пары являются постоянным спутником ячеистого бетона при формовании изделий и их автоклавной обработке, при строительстве и эксплуатации зданий. Результаты заводского лабораторного контроля влажно-

сти бетона, отдельные испытания сторонних организация остаются практически в журналах и актах, на стройплощадке и при эксплуатации зданий они не «в работе». Про влажность иногда вспоминают в публикациях, на конференциях... и при возникновении в здании негативных явлений. А влажность и закономерности ее изменения следует знать и контролировать на всех этапах строительства и эксплуатации. Встречающиеся отдельные негативные случаи после сдачи зданий легче предупредить, чем их устранять. Этого можно достичь при соблюдении требований нормативных и проектных документов, а также применением достаточно простых и доступных организационно-технологических правил: не допускать увлажнение изделий при хранении; не укладывать влажные изделия в стены; контролировать влажность бетона в процессе строительства; не допускать дополнительного увлажнения изделий в строящихся зданиях; не наносить по свежей кладке стен защитно-отделочные покрытия с двух сторон одновременно; создавать условия для высыхания бетона в период строительства и начальной эксплуатации зданий (приветривание, вентиляция). Анализ наработок технического прошлого и современного строительства с применением ячеистого бетона можно дополнить такой фразой:

*Скоро будет мне 100 лет,
Я еще не старый дед.
Меня и хвалят и ругают...
Но меня не знают!*

Заканчивая нашу информацию с оптимизмом надо заметить, что при всех плюсах и минусах, в общении строительной общественности с «будущим юбилеем», строительная «песня» ячеистого бетона остается прежней: легкий, теплый, экологический, энергосберегающий, изготавливается с отечественного природного сырья.

Література:

1. Саталкин А. В. и др. Технология изделий из силикатных бетонов. – М.: Стройиздат, 1972. – 344 с.
2. Горайнов К. Э., Горайнова С. К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.
3. Боженов П. И. Технология автоклавных материалов. – Л., Стройиздат (ленинградское отделение), 1978. – 368 с.
4. Фаренюк Г. Г., Колесник С. С. Теплофізичні показники огорожувальних конструкцій з автоклавного газобетону. Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. Випуск 40, Київ, НДІБМВ, 2011
5. Лаповская С. Д. К вопросу о влиянии эксплуатационной влажности на свойства автоклавного ячеистого бетона. Строительные материалы, № 3, 2012.
6. Сеземон Т. Б. и др. Высыхание наружных стен из автоклавного ячеистого бетона с системой скрепленной теплоизоляции в процессе эксплуатации зданий. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы: 6-0й Международной научно-практической конференции, Минск 26-28 мая 2010 г. – Мн.: Стринко, 2010 - 148 С.: ил.
7. Російсько-український словник. Будівництво, Київ, Будівельник 1994 р.
8. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.