

УДК 666.965.2

О НОРМИРОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ К ЦЕМЕНТАМ ДЛЯ ГАЗОБЕТОНОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

М.В. Кафтаева, А.А. Ренгач, С.П. Жигулин

ON STANDARDIZATION OF REQUIREMENTS FOR CEMENTS FOR AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

M.V. Kaftaeva, A.A. Rengach, S.P. Zhigulin

Аннотация. Приведены результаты исследований по влиянию цемента на технологические свойства газобетонных смесей и технические свойства автоклавного газобетона. Установлено, что стандарт ГОСТ 31360-2007 требует пересмотра, так как не учитывает новую классификацию цемента, выпускаемых по ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные». Предлагается сформулировать требования к цементу для автоклавных газобетонов следующим образом: при производстве автоклавного газобетона запрещается к применению ЦЕМ IV, а также ЦЕМ II и ЦЕМ V, содержащие трепел, глиеж, трассы, глинит, опоку, пепел и другие пуццоланы, содержащие аморфный кремнезем. Произведено обоснование вопроса о необходимости классификации портландцементов по показателю «теплота гидратации» и нормировании этого показателя для цемента, применяемых в производстве газобетонов Российской Федерации.

Ключевые слова: *ячеистые бетоны; нормативные требования; портландцемент; трехкальциевый алюминат; трехкальциевый силикат; теплота гидратации.*

Abstract. The results of research on the influence of cements on the technological properties of aerated concrete mixtures and the technical properties of autoclave aerated concrete are presented. It is established that the standard GOST 31360-2007 requires revision, since it does not take into account the new classification of cements produced according to GOST 31108-2016 "General construction Cements". It is proposed to formulate the requirements for cement for autoclave aerated concrete as follows: in the production of autoclave aerated concrete, it is prohibited to use CEM IV, as well as CEM II and CEM V, containing trepel, clay, flask, ash and other pozzolans containing amorphous silica. The article substantiates the need to classify Portland cements according to the indicator "heat of hydration" and normalize this indicator for cements used in the production of aerated concrete in the Russian Federation.

Keywords: *cellular concrete; regulatory requirements; Portland cement; tricalcium aluminate; tricalcium silicate; heat of hydration.*

Ячеистый бетон автоклавного твердения – материал далеко не новый. Его изучение и промышленный выпуск в мире начали еще в начале прошлого столетия. В Европе теоретические и технологические основы автоклавных ячеистых материалов уже давно и хорошо разработаны, для этого существуют специальные научные центры, а в Российской Федерации этому не уделяется достаточно внимания. Созданная в СССР, работающая в области гидротермального синтеза газосиликатов при Воронежском государственном архитектурно-строительном университете лаборатория, прекратила свое существование, а действующий в настоящее время Центр ячеистых бетонов в Санкт-Петербурге, занимается в основном вопросами применения изделий из газобетонов в строительстве. Поэтому технологам, изготавливающим автоклавные газобетоны и изделия из них, зачастую приходится «изобретать велосипед», т.е. вести собственные изыскания и выявлять собственные зависимости, для обеспечения нормальной работы технологических линий.

Как было сказано выше, исследованиями, в том числе, изучением роли цементов в ячеистых бетонах ученые занимались давно [1–7]. Так, было установлено, что для каждого минералогического состава цемента существует оптимальное значение давления автоклавирования, при котором получаются наилучшие физико-механические показатели газобетона. Известно также, что прочность автоклавного камня зависит не столько от марки цемента по прочности при сжатии, сколько от его минералогического состава, тонкости помола, состава его сырьевой смеси и режима автоклавной обработки. К сожалению, более подробные сведения о характере этих зависимостей и других результатах научных разработок в области ячеистых бетонов нам не доступны, а для понимания процессов, происходящих на различных стадиях производства, хотелось бы иметь возможность изучить результаты всех существующих на сегодняшний день научных исследований, для чего хорошо бы иметь доступ к первоисточникам.

В России в 2008 году создана Национальная Ассоциация производителей Автоклавного Газобетона, объединяющая более чем половину из ныне действующих предприятий по производству автоклавных газобетонов. Считаем, что можно было бы при этой организации создать библиотеку, в которой хранились бы все источники, включая зарубежные, содержащие результаты исследований в области ячеистых бетонов. Это было бы полезно всем.

В настоящее время работы по изучению влияния цементов на свойства газобетонов проводятся не системно и, соответственно, статьи в научных журналах появляются крайне редко [8 - 11]. К тому же часто качество публикаций даже в изданиях, рецензируемых ВАК, оставляет желать лучшего. Рассмотрим сложившуюся на сегодняшний день ситуацию по этому вопросу в нашей стране.

Требования к свойствам цементов, применяемых в производстве автоклавных газобетонов, изложены в двух нормативных документах: СН 277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона» и ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».

Инструкция СН 277-80 содержит наиболее полные и подробные требования к цементам для автоклавных газобетонов. В ней установлено, что для приготовления ячеистого бетона следует применять портландцемент, шлакопортландцемент марки М 400 с содержанием трехкальциевого силиката не менее 50 % и трехкальциевого алюмината не более 6 %. Начало схватывания должно наступать не ранее 2 часов, а конец – не позднее 4 часов после затворения. Удельная поверхность должна быть 2500 – 3000 см²/г для конструктивно-теплоизоляционного материала и 3000 – 4000 см²/г для теплоизоляционного ячеистого бетона. По остальным свойствам цемент должен удовлетворять требованиям ГОСТ 10178-76. Не допускается применение цемента с добавкой трепела, глиежа, трассов, глиниста, опоки, пепла.

В стандарте ГОСТ 31359-2007, часть вышеизложенных требований к цементу не включена и оставлены следующие: «портландцемент, используемый для производства газобетонных изделий, должен соответствовать требованиям ГОСТ 31108 «Цементы общестроительные. Технические условия» и ГОСТ 10178 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические требования» без добавок трепела, глиежа, трассов, глиниста, опоки, пеплов, содержащий трехкальциевый алюминат (С₃А) не более 8 % по массе. Сроки начала схватывания не более 2 часов, конец – не позднее 4 часов».

Как видно из приведенных сведений, названия, марки и типы разрешаемых или запрещаемых к применению цементов для газобетонов в вышеназванных нормативных документах отсутствуют. Но, как было установлено авторами ранее [10], при производстве газобетона работать на портландцементе с добавлением шлака можно и даже предпочтительнее, так как прочность и долговечность газобетонов при прочих равных условиях получается выше. Как показывает практика, очень многие предприятия с целью

экономии работают на портландцементях с добавками шлаков. Считаем, что необходимо указать это в ГОСТ 31360-2007.

Стандарт ГОСТ 31360-2007 требует пересмотра, изменения и дополнения еще и по другим причинам. Он не учитывает новую классификацию цементов, выпускаемых по ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные», в котором цементы, в зависимости от вещественного состава, подразделяются на 5 основных типов. В трех из них, могут содержаться добавки, запрещенные к применению в автоклавных газобетонах. Считаем, что это необходимо отметить в пункте требований к портландцементу. Предлагаем сформулировать это требование следующим образом: при производстве автоклавного газобетона запрещается к применению ЦЕМ IV (пуццолановый портландцемент), а также ЦЕМ II (портландцемент с минеральными добавками) и ЦЕМ V (композиционный портландцемент), содержащие трепел, глиеж, трассы, глинит, опоку, пепел и другие пуццоланы, имеющие в своем составе аморфный кремнезем.

Хотелось бы поделиться еще одним соображением авторов, сделанным на основе большого количества экспериментальных данных на различных производственных линиях и подтвержденным в работе Морозовой Н.Н. «Влияние цементов разных производителей на свойства ячеистобетонной смеси автоклавного газобетона» [11]. В этой статье рассмотрено влияние цементов на время и температуру гашения извести при различных температурах воды затворения.

Работа Морозовой Н.Н. проводилась с цементами следующих производителей: ЗАО «Жигулевские стройматериалы», ПАО «Мордовцемент», ОАО «Вольскцемент» ООО «Холсим (Рус)», ЗАО «Строительные материалы» (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан). Мы расположили их в порядке увеличения времени начала схватывания, номера в нижеприведенной таблице минералогического состава соответственно 1 – 4. Типы и классы цементов, к сожалению, авторами статьи не указаны.

Таблица – Минералогический состав цементов (из [11])

Наименование минерала	Содержание минералов в цементе, %			
	1	2	3	4
C ₃ S	62	57,3	61	65,39
C ₂ S	15	16,8	15	10,64
C ₃ A	7,2	7,5	3,7	6,67
C ₄ AF	12,5	13,3	16	11,23
Начало схватывания цементного теста	Время, мин			
	130 - 140	150 - 160	160 - 165	170 - 185

По результатам экспериментов Морозовой Н.Н. лучшим по прочностным показателям газобетона из всех представленных цементов оказался цемент ЗАО «Жигулевские стройматериалы». При этом, температура газобетонных массивов, изготовленных с использованием этого цемента, на 12 - 16 °С выше остальных, т.е. очевидно, этот цемент имеет высокую теплоту гидратации, поддреживающую температуру в массиве даже после полного гашения извести.

Мы наблюдали такое явление на многих предприятиях, выпускающих газобетонные изделия. Газобетоны, в составе которых применены цементы, дающие более высокие температуры массивов, всегда показывали повышенные прочности после автоклавирования. Так, в частности, обстоит дело с одним из лучших на сегодняшний день в Российской Федерации цементом для производства газобетонов Щуровского цементного завода компании LafargeHolcim. Этот цемент имеет такие же сроки схватывания, как Жигулевский и, довольно высокое тепловыделение (в том числе за счет добавления до 5 % шлака), что при

высокой производительности технологической линии позволяет получать высокие прочностные газобетоны.

Известно, что сроки схватывания цементов определяются вещественным составом цемента, минералогическим составом клинкера (особенно по содержанию C_3A), тонкостью помола и регулируются добавлением гипса. Считается, что температура, которая развивается в процессе гидратации, определяется в первую очередь содержанием C_3A и C_3S . Если бы авторы публикации [11] проанализировали свои результаты с этой точки зрения, они получили бы гораздо больше научных и практических результатов. Однако, в работе не указаны не только марки и классы применяемых цементов, но не приведены данные о характеристиках помола - удельные поверхности, а главное – содержание гипса. Очень важный практический вывод, который можно было бы сделать из обсуждаемой публикации о том, что при производстве газобетона лучше использовать цементы с укороченными сроками схватывания и повышенной теплотой гидратации.

В стандартах Европейских стран, в частности, в сборнике европейских стандартов по цементу EN 197-1 содержится требование к определению теплоты гидратации цементов. В нем цементы подразделяются на низкотермичные (с характеристическим значением до 270 Дж/г), обозначаемые ЛН и высокотермичные. Кстати, лаборатории многих предприятий, выпускающих автоклавный газобетон на европейских технологических линиях, оснащены колориметрами для проверки цементов на теплоту гидратации. Методики определения этого параметра в цементах в Российских стандартах также имеются. Таким образом, при выборе или сравнении цементов для автоклавных технологий, этот параметр наиболее показателен с точки зрения эффективности цемента в составе газобетонной смеси. На основании изложенного, считаем, что назрел вопрос о классификации портландцементов по показателю «теплота гидратации» и нормировании этого показателя для цементов, применяемых в производстве газобетонов Российской Федерации.

Авторами запланирована работа по выявлению зависимостей и установлению закономерностей влияния теплоты гидратации на свойства автоклавных газобетонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гензлер М.Н., Линдеберг С.А. Пенобетонщик. Москва, Главная редакция строительной литературы. 1936. 157 с.
2. Иванов И.А., Федьнин Н.И. Производство и применение газозобетонных панелей из шлакопортландцемента и зол электростанций Кузбасса // Материалы 2-й научно-технической конференции по вопросам химии и технологии ячеистых бетонов. Саратов, 1965. – С.136–149.
3. Кудряшев И.Т. Автоклавные ячеистые бетоны и их применение в строительстве. М.: Госстройиздат. 1940. 63 с.
4. Кудряшев И.Т., Кауфман Б.Н., Кривицкий М.Я., Розенфельд Л.М. Заводы по производству изделий из ячеистого бетона. М.: Госстройиздат, 1951. 29 с.
5. Кудряшев И.Т., Куприянов В.П. Ячеистые бетоны. М.: Госстройиздат, 1959. 181с.
6. Боженков П.И., Суворова Г.Ф. Обработка строительных материалов паром высокого давления. Л.: Госстройиздат, 1961. 79 с.
7. Боженков П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1978. 368 с.
8. Галкин С.Л., Сажнев Н.П. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2006. 448 с.
9. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Пути экономии цемента при производстве ячеистых бетонов // Строительные материалы, 2008. №1. С. 43.

10. Кафтаева М.В., Рахимбаев Ш.М., Комарова Н.Д., Алекенова Р.А. О влиянии цемента на основные свойства автоклавных газосиликатов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. №4 (185). С. 107-111.
11. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Голосов А.К. Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 49-51.

REFERENCES

1. Genzler M.N., Lindeberg S.A. *Penobetonschik* [Foam concrete maker]. Moscow, Glavnaya redaktsiya stroitelnoy literatury. 1936. 157 p.
2. Ivanov I.A., Fedynin N.I. *Proizvodstvo i primeneniye gazozolobetonnykh paneley iz shlakoportlandtsementa i zol elektrostantsiy Kuzbassa* [Production and use of gas-and-concrete panels made of slag-and-Portland cement and ash from Kuzbass power plants]. Materialy 2-y nauchno-tekhnicheskoy konf. po voprosam khimii i tekhnologii yacheistykh betonov. Saratov, 1965, pp. 136-149.
3. Kudryashev I.T. *Avtoklavnye yacheistye betony i ikh primeneniye v stroitelstve* [Autoclave cellular concretes and their application in construction], Moscow: Gosstroyizdat. 1940. 63 p.
4. Kudryashev I.T., Kaufman B.N., Krivitskiy M.Ya., Rozenfeld L.M. *Zavody po proizvodstvu izdeliy iz yacheistogo betona* [Plants for the production of cellular concrete products]. Moscow: Gosstroyizdat. 1951. 29 p.
5. Kudryashev I.T., Kupriyanov V.P. *Yacheistye betony* [Cellular concrete]. Moscow: Gosstroyizdat. 1959. 181 p.
6. Bozhenov P.I., Suvorova G.F. *Obrabotka stroitelnykh materialov parom vysokogo davleniya* [Processing of building materials with high -pressure steam]. Leningrad: Stroyizdat. 1961. 79 p.
7. Bozhenov P.I. *Tekhnologiya avtoklavnykh materialov* [Technology of autoclaved materials]. Leningrad: Stroyizdat, 1978. 368 p.
8. Galkin S.L., Sazhnev N.P. *Primeneniye Yacheistobetonnykh izdeliy. Teoriya i praktika* [Application of cellular concrete products. Theory and practice]. Minsk: Strinko, 2006. 448 p.
9. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P. *Puti ekonomii tsementa pri proizvodstve yacheistykh betonov* [Ways to save cement in the production of cellular concrete]. *Stroitelnye materialy*. 2008. No. 1, pp. 43.
10. Kaftaeva M.V., Rakhimbaev Sh.M., Komarova N.D., Alekenova P.A. *O vliyaniy tsementa na osnovnyye svoystva avtoklavnykh gazosilikatov* [On the effect of cement on the main properties of autoclave gas silicates]. *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki*. 2015. No. 4 (185), pp. 107-111.
11. Morozova N.N., Kuznetsova G.V., Golosov A.K. *Vliyaniye tsementov raznykh proizvoditeley na svoystva yacheisto-betonnoy smesi avtoklavnogo gazobetona* [Influence of cements from different manufacturers on the properties of cellular concrete mixture of autoclaved aerated concrete]. *Stroitelnye materialy*. 2014. No. 5, pp. 49-51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кафтаева Маргарита Владиславна

ООО «Сибирский элемент – Рента-К», Россия, Калужская обл. Дзержинский р-н, д. Обухово, доктор технических наук, заместитель генерального директора по производству,
E-mail: m.kaftaeva@sibelrk.ru



Kaftayeva Margarita Vladislavna

Sibirsky element – Renta-K LLC, Russia, Kaluga Region, Dzerzhinsky district, Obukhovo,
Doctor of Engineering, deputy CEO for production,
E-mail: m.kaftaeva@sibelrk.ru

Ренгач Александр Александрович

ООО «Сибирский элемент – Рента-К», Россия, Калужская обл. Держинский р-н, д.
Обухово, генеральный директор,
E-mail: info@sibelrk.ru

Rengach Aleksandr Aleksandrovich

Sibirsky element – Renta-K LLC, Russia, Kaluga Region, Dzerzhinsky district, Obukhovo,
CEO,
E-mail: info@sibelrk.ru

Жигулин Станислав Павлович

ООО Торговый дом «Калужский газобетон», Россия, Калужская обл., Держинский р-
н., д. Обухово, генеральный директор,
E-mail: s.zhigulin@sibelrk.ru

Zhigulin Stanislav Pavlovich

Kaluga ACC Trading house LLC, Russia, Kaluga Region, Dzerzhinsky district, Obukhovo,
CEO,
E-mail: s.zhigulin@sibelrk.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
249832, Россия, Калуга, Держинский р-н, д. Обухово, 1Б. Кафтаева М.В.
+7 960 515 24 22