

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОЦЕМЕНТНЫХ ИЗВЕСТЕСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМЗИТОБЕТОНОВ

**Я.Иким**, студент гр. ГСХ-237

*Научный руководитель – доцент И.А.Столевич*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

**Проведен анализ исследований керамзитобетонov на малоцементном известесодержащем вяжущем.**

Один из наиболее реальных путей преодоления (снижения) дефицита портландцемента состоит в разработке и производстве в промышленных объемах альтернативного вяжущего из местного сырья. Для этой цели служит в частности разработанная технология малоцементных бетонов различной плотности и прочности.

Технология основана на использовании и применении универсального малоцементного известесодержащего вяжущего, в состав которого кроме портландцемента и молотой негашеной извести входят также активная минеральная добавка (АМД) и гипс – молотый гипсовый камень. Универсальным такое вяжущее является потому, что оно почти без изменения состава пригодно для изготовления изделий из всех известных в настоящее время бетонов, получаемых на основе минеральных вяжущих веществ. Тепловая обработка всех малоцементных керамзитобетонov состоит в пропаривании при температуре 80...100°С и атмосферном давлении.

В качестве активной минеральной добавки в вяжущем могут быть использованы различные вещества искусственного и естественного происхождения, содержащего кремнезем в активной (аморфной) модификации: зола-унос ТЭС, вулканические стекла (перлит), осадочные породы (опока) и многие другие.

Технико-экономическая эффективность новой технологии состоит в следующем: по сравнению с автоклавными бетонами эти бетоны изготавливаются при сниженном, примерно вдвое, расходе технологического топлива, что предопределяется применением пара более низкой температуры и давления. По сравнению же с обычными цементными бетонами новые бетоны могут быть изготовлены при сниженном вдвое расходе клинкерного цемента, что предопределено более полной гид-

ратацией цементного камня и более быстром, поэтому нарастанием прочности бетона.

Таким образом, предполагаемая технология является одновременно ресурсосберегающей и энергосберегающей.

### **Анализ исследований, выполненных на малоцементном известсодержащем керамзитобетоне**

Технология производства легких бетонов в ОГАСА разрабатывается с 1970г. В процессе своего развития претерпела ряд изменений, обусловленных главным образом поисками и использованием наиболее доступных компонентов бетона. Нынешний вариант основан на применении активных минеральных добавок, образующих с известью вяжущее, издавна называемое «известково-пуццолановым цементом».

Факторами, гарантирующими сегодня получение бетонов с принципиально новыми прочностными свойствами, являются:

- современная помольная технология (высокая степень дисперсности);
- принципиально новый взгляд на известь (как быстротвердеющее и высокопрочное вяжущее вещество);
- возможность сочетать в различных соотношениях бесклинкерный известково-пуццолановый цемент с клинкерным портландцементом.

Последний фактор позволил распространить рассматриваемую технологию на все виды цементно-щебеночных бетонов, при приготовлении которых за счет введения в них извести и активных минеральных добавок может быть достигнута существенная экономия энергоемкого портландцемента при условии сохранения конечной прочности бетона и даже ее увеличения. Таким образом, данная работа стремится охватить все разновидности бетонов изготавливаемых на минеральных вяжущих. Сходство основных технологических параметров позволяет их объединить их единой технологией, «Безавтоклавной технологией бесцементных и малоцементных бетонов на известсодержащем вяжущем».

Безавтоклавная технология малоцементных известсодержащих бетонов основана на интенсификации и последовательном использовании различных типов твердения малоцементного вяжущего при атмосферном давлении и температуре насыщенного пара 80..100°C. В качестве интенсификаторов широко используют активные минеральные добавки естественного или искусственного происхождения, а также гипс.

В технологии применен прием полного использования гидратационного твердения извести, под которой понимается гидратация всей введенной в смесь активной окиси кальция натрия отформованного изделия при поддержании в нем оптимальной температуры и влажнос-

ти, исключаящих как гашение извести, так и перегрев и пересушивание твердеющей структуры бетона теплотой ее гидратации. Изделия, изготовленные при условии полного использования гидратационного твердения извести, отличаются повышенной прочностью, морозостойкостью, долговечностью. Этот тип твердения реализуют на ранней стадии изготовленного изделия, и в период его послеформовой выдержки.

Конечная прочность бетона формируется в процессе пропаривания изделий в обычных пропарочных камерах. Наличие минеральной добавки в быстрорастворимой аморфной форме - гидроалюминаты кальция. В гидросиликатном твердении бетона участвует и гипс, образующий в твердеющей структуре гидросульфалюминаты кальция.

При сочетании тонкомолотой связки «известь-АМД-гипс» с портландцементом, твердение последнего существенно ускоряется, что обусловлено следующим. Известно, что один из минералов цементного клинкера - трехкальциевый силикат - алит, а процессе гидролиза выделяет в раствор гидрат окиси кальция, растворимость которого невысока - 1,3 г/л. Поэтому происходит быстрое насыщение раствора известью, что замедляет дальнейшую гидратацию алита. Раствор аморфного кремнезема активной минеральной добавки связывает гидроокись кальция в гидросиликаты кальция, создавая тем самым условия для гидролиза новых порций алита. Таким образом, в присутствии минеральной добавки гидратация зерен цемента протекает быстрее и полнее, что позволяет получить бетон с повышенной прочностью при существенно сниженных расходах портландцемента.

#### **Анализ взаимосвязи качеств керамзобетона на малощелочном известцесодержащем вяжущем с характеристиками его стойкости**

Широкое применение бетона в современном строительстве обуславливает усиленное внимание к проблеме трещиностойкости и долговечности этого материала. Постоянно возрастающие требования к эксплуатационным свойствам бетона диктуют использование новых эффективных методов для более точной и достоверно количественной оценки параметров разрушения. Возникает необходимость изучения дополнительных резервов несущей способности бетонов, повышения их срока службы в различных, а часто в агрессивных условиях эксплуатации. Прогнозирование срока службы может быть решено только при рассмотрении целого комплекса условий взаимодействий среды эксплуатации и свойств бетона. Параметры воздействия достаточно хорошо известны и зачастую нормированы, однако, пока не существует единого подхода к оценке сопротивляемости бетона комплексу силовых, температурных, влажностных, коррозионных и других воздействий.

Известно, что разрушение бетона связано с образованием, накопле-

нием и развитием дефектов в структуре материала. Это проявляется в виде микро- и макротрещин, увеличения их количества, длины ширины раскрытия, которые развиваясь, разрушают материал. Кроме того, бетон - это материал, в котором наличие дефектов, макротрещин, уже предопределено физико-химической природой формирования структуры. Учитывая эти обстоятельства, весьма актуально привлечение к анализу бетонного композита методов механики разрушения. Это достаточно новое, но активно развивающееся научное направление, изучающее как процесс накопления в структуре микро- и макротрещин, так и работу бетона с образовавшейся фактической системой трещин вплоть до полного исчерпания ресурса работы материала. Энергетические и силовые параметры механики разрушения позволяют комплексно и количественно оценить стойкость бетона с учетом реальных физических процессов, протекающих в структуре бетона.

В работе изучалось влияние морозной коррозии при совместном воздействии воды и знакопеременных температур на работоспособность легкого бетона с учетом качественных изменений структуры материала. Эти факторы имеют существенное значение в сложных климатических условиях. Исследование процессов зарождения, накопления и развития трещин при циклическом замораживании и оттаивании, увлажнении и высушивании, а также нагрузках силового характера позволит расширить знание о стойкости материала и осуществить прогнозирование его долговечность.

В изученных исследованиях применяли портландцемент с активностью при сжатии 45,1 МПа, при изгибе 7,1 МПа и удельной поверхностью 430 м<sup>2</sup>/кг. Крупный заполнитель – керамзит, крупностью до 20 мм. Мелкий заполнитель - дробленый керамзит с модулем крупности 2,14. Модифицирование структуры легкого бетона осуществлялось комплексной полифункциональной добавкой, состоящей из суперпластификатора С-3 и кремнийорганической гидрофобизирующей жидкости 136-41. Для корректности испытаний и сопоставимости результатов исследования все серии образцов изготавливали из бетонных смесей имеющих одинаковую прочность на сжатие и объемный одинаковый показатель расхода крупного заполнителя. Данные приведены в таблице 1.

Изученные исследования показали, что при равновесной влажности керамзитобетон, модифицированный комплексной добавкой и без добавок, имеют приблизительно одинаковые температурные деформации. Однако после водонасыщения образцов относительные деформации при температурах от -6 до -14 °С состава А более чем в 5 раз больше, чем состава Б. Это свидетельствует о том, что введение компле-

ксной добавки способствует формированию более плотной структуры, а жидкость 136-41 выделяет пузырьки свободного водорода при протекании известной химической реакции водоснабжающей кремнийорганики в цементном бетоне. Именно она создает мельчайшие поры, в которых вода превращается в лед при сравнительно низких температурах.

Таблица 1. Характеристики опытных образцов

Состав бетона	Наличие добавок	Расход цемента кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	Прочность на сжатие, МПа	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Общая пористость Пощ. %	Водопоглощение МПа	
							По массе	По объёму
А		300	0,89	15,5	1002	54,2	35,2	38,1
Б	С-3 и 136-41	270	0,75	15,4	1030	51,8	27,7	29,4

Оценку характера пористости керамзитобетона исследовали по изотермам сорбции водяных паров на поверхности пор. Образцы доводились до равновесной влажности под насыщенными растворами солей. Общую пористость определяли после предварительного насыщения водой под вакуумом. Эксперимент показал, что модифицирование керамзитобетона позволило снизить количество капиллярных пор, являющихся наиболее опасными, и увеличить содержание гелиевых пор. При этом пористость по массе для состава Б уменьшилась на 7%.

Изменение характера поровой структуры за счет использования модифицирующей добавки отразилось также на гидрофизических свойствах. Так, водопоглощение для состава Б по массе снизилось на 22%, а по объёму – на 23% по сравнению с составом А.

Работа бетона оценивалась по силовым и энергетическим параметрам деформирования и разрушения при равновесных испытаниях образцов на трех точечный изгиб. По результатам испытаний были получены следующие параметры трещиностойкости: удельные затраты на инициирование разрушения- $G_i$ , характеризующие работу материала до появления магистральной трещины; удельные энергозатраты на квазистатическое разрушение-  $G_f$ , характеризующие работу после появления магистральной трещины; полные удельные энергозатраты на деформирование- $G_{се}$ ; полные удельные затраты на деформирование до разрушения –  $G_c$ ; инвентарный интеграл Черепанова-Райса –  $J_i$ , характеризующий напряжения и деформации в окрестности вершины трещины; коэффициенты интенсивности напряжения –  $K_i$  и  $K_c$  и др.

Равновесным механическим испытаниям подвергали бетонные при-

змы размером 100x100x400мм. Оценка работоспособности по морозостойкости легкого бетона производилась следующим образом. Серии образцов подвергали испытаниям соответственно 50, 75, 100, 150, 200, 250 циклам замораживания и оттаивания. После определенного количества циклов серии образцов высушивали и испытывали на трещиностойкость. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследования морозостойкости

Число циклов	Gi	Gf	Gce	Gc	Ji	Ki	Kc
0	14,9	34,69	10,26	39,51	10,18	0,37	0,31
	12,7	47,68	9,50	50,67	8,0	0,31	0,28
50	13,07	26,13	10,50	28,85	7,82	0,35	0,31
	16,03	38,40	13,38	41,23	10,37	0,38	0,35
75	15,03	24,87	11,37	28,68	9,42	0,35	0,31
	14,12	31,31	11,36	34,24	9,02	0,35	0,32
100	12,03	23,02	10,13	25,05	7,13	0,32	0,29
	11,75	27,97	9,03	30,83	7,92	0,32	0,28
150	11,50	21,33	9,22	23,63	7,03	0,29	0,26
	11,04	26,12	8,61	29,62	7,26	0,29	0,26
200	-	-	-	-	-	-	-
	9,542	30,42	7,28	32,16	6,51	0,25	0,22
250	-	-	-	-	-	-	-
	7,92	36,20	5,55	38,88	5,68	0,19	0,16

Примечание: над чертой для состава А, под - для бетона Б.

Следует отметить что, после 150 циклов замораживания и оттаивания, образцы состава А начали разрушаться, при этом поверхность стала шелушиться, появились видимые трещины, грани и углы начали откалываться, началось уменьшение массы. Поэтому состав А был снят с испытаний в то время, как образцы состава Б хорошо работали до 250 циклов. Таким образом, изучение проведенных исследований свидетельствуют о том, что энергетические и силовые параметры механики разрушения позволяют комплексно и многопараметрично оценить все процессы, протекающие в структуре бетона, вызванные нагрузками силового и физического характера.

Нормативные характеристики керамзитобетона на МИВ в зависимости от прочности на сжатие приведены в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики керамзитобетона

Наименование характеристик бетона	Единица измерения	Класс бетона по прочности на сжатие				
		B 3,5	B 5	B 7,5	B 10	B 12,5
Объемная плотность в сухом состоянии	к/м	900-1200	1000-1300	1100-1400	1200-1500	1300-1600
Средняя кубиковая прочность	МПа	4,5	6,5	9,4	12,8	16,1
Нормативная призменная прочность	...	3,3	4,6	6,7	8,6	10,3
Модуль упругости при сжатии $E_b \cdot 10$	...	1,5..6,2	6,1..8	7,4..9,5	9,2..11,5	10,5..13
Нормативное сопротивление при осевом растяжении $R_{btн}$	...	0,53	0,59	0,69	0,79	0,89
Сопротивление водонепроницанию за 48ч $R_w$	1/(г*см)	2	2	2	2	2
Влажность бетона по массе после пропаривания W	%	10...15	10...15	10...15	10...15	10...15
Морозостойкость F	Циклов (не менее)	25	50	50	50	50
Коэффициент теплопроводности $\lambda$	Вт/(м*К)	0,26 – 0,36	0,28 – 0,39	0,31 – 0,42	0,34 – 0,45	0,36 – 0,47

Выявленные особенности характера разрушения бетона способствует вскрытию дополнительных резервов несущей способности, повышению сроков безремонтной эксплуатации, прогнозированию долговечности материала.

### Выводы

1. Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон на малоцементном известосодержащем вяжущем по структуре, плотности, прочности, деформативности и другим свойствам в изделиях должен удовлетворять требования проекта, соответствующих технических условий и рекомендаций.

2. Конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон плотной или пористой однородной структуры целесообразно получать, применяя воздухововлекающие добавки.

3. Для приготовления конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на малоцементном известесодержащем вяжущем рекомендуется применять местные заполнители, отвечающие требованиям действующих нормативных документов.

### *Литература*

1. Бужевич Г.А., Корнев Н.А. Керамзитобетон, М., Стройиздат, 1963.

2. Довганюк В.И., Кац Г.Л. Конструкции из легких бетонов. М., Стройиздат, 1984.

3. Понасючиенков Я.Д. Исследование свойств керамзитобетона. М., Стройиздат, 1963.

4. Рекомендаций по применению полуфункциональных модификаторов на основе суперпластификатора С-3 при изготовлении морозостойких бетонов из высокопрочных и литых бетонных смесей. М., НИИЖБ, 1972.

5. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов. М., Стройиздат, 1974.

6. Шейн В.И. Физико-химические основы оптимизации технологии бетона. М., Стройиздат, 1977.