

УДК 691:699.8

**ЛЁГКИЕ БЕТОНЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ЖИЛЫХ ДОМОВ И МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**А. Ю. Конопляник, С. В. Бондаренко, О. Э. Севастьянова, к. т. н.,
Ю. А. Конопляник, А. С. Бондаренко**

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

В связи с модернизацией индивидуального и малоэтажного жилищного строительства, широкое распространение получили тепловые устройства, работа которых связана с воздействием огня и высоких температур. Примером таких устройств могут служить печи, камины, плиты, отопительные системы бань и саун и др., которые являются источником очага. К тепловым устройствам относятся также трубы и дымоходы, по которым отводятся образующиеся в процессе сгорания топлива газы и пар. Температура пламени в источниках очага в зависимости от вида топлива составляет 600-1200⁰С, а температура отводящих газов – 300-500⁰С.

Для футеровки тепловых устройств на Украине в настоящее время, в основном, применяют шамотный или диносовый огнеупорный кирпич. Кирпич укладывают на огнеупорный раствор. Этот раствор используют также для заполнения зазоров между изделиями труб и дымоходов.

Учитывая высокую стоимость огнеупорных изделий и трудоемкость их укладки, экономически целесообразно изготавливать монолитную футеровку из жаростойких бетонов непосредственно на строительной площадке. Такие жаростойкие бетоны могут быть изготовлены на основе недефицитных материалов, и ориентированы на конкретного потребителя.

Анализ современного состояния разработки и исследования жаростойких бетонов и опыт их применения в металлургии [1] дают основание считать, что наиболее приемлемым для изготовления являются бетоны на жидкостекольном связующем.

Применение жаростойкого бетона взамен штучных огнеупоров позволяет механизировать процесс изготовления футеровки, создать футеровку необходимой конфигурации и значительно повысить ее стойкость. Кроме того, состав легкого жаростойкого бетона для тепловых устройств и конструкций жилых помещений может быть использован, как теплоизоляционный для наружных и внутренних ограждающих конструкций и огнезащитный, так как имеет температуру применения близкую к температуре пожара в жилых помещениях равную 1000-1100⁰С при продолжительности пожара 1-2 часа [2].

Ранее для изготовления футеровки тепловых устройств жилых помещений были применены мелкоштучные изделия из тяжелых жаростойких бетонов, изготовленные в лабораторных условиях, включающие в себя крупный и мелкий шамотные заполнители, тонкомолотую добавку, жидкое стекло и отвердитель [3]. Такие составы хорошо себя зарекомендовали при изготовлении футеровки каминов, так как имеют температуру применения до 1600⁰С. Однако, такая высокая температура применения значительно выше макси-

мальной температуры горения различных видов топлива и температуры пожара в жилых зданиях.

Учитывая вышеизложенное, экономически и технологически целесообразно уменьшить плотность применяемых бетонов.

В качестве заполнителя в составах смесей применили шамотный заполнитель фракции 0,14-20мм. В качестве огнеупорных тонкомолотых добавок – дистенсиллиманитовый концентрат и катализатор ИМ-2201.

Связующим служило натриевое жидкое стекло, расход которого определялся необходимой удобоукладываемостью смеси при ее укладке и уплотнении в формах.

В качестве отвердителя жидкого стекла использовали феррохромовый шлак, являющийся отходом производства ферросплавов.

В качестве пористой добавки, влияющей на плотность бетона, был выбран вспученный перлитовый песок фракции до 3мм плотностью 120кг/м³. Количество перлитового песка было выбрано в пределах 1,6-2,9% из следующих предположений. Добавка в состав смеси перлитового песка менее 1,6% незначительно влияет на уменьшение плотности бетона и улучшение его теплофизических характеристик, а добавка более 2,9% значительно ухудшает удобоукладываемость смеси, которая становится более 60сек.

Составы бетонных смесей для изготовления легкого жаростойкого бетона приведены в таблице 1.

Для получения сопоставительных характеристик исследования проводили по отношению к составам тяжелых бетонов без добавки (составы 1 и 7).

Образцы жаростойких бетонов изготавливали методом вибрирования на лабораторной виброплощадке с амплитудой и частотой колебаний 1,1мм и 2860 кол/мин соответственно.

Вначале в лабораторную мешалку подавали сыпучие компоненты и смесь перемешивали в течение 2 минут, затем заливали жидкое стекло и всю смесь перемешивали в течение 3 минут. Образцы выдерживали сутки в воздушно-сухих условиях при нормальной температуре, расплубливали, а затем сушили при температуре 105-110⁰С до постоянной массы.

Температуру деформации под нагрузкой, термическую стойкость и прочность на сжатие после нагрева и охлаждения в интервале температур 100-1000⁰С определяли по ГОСТ 20910-90 Бетоны жаростойкие, а кажущуюся плотность и открытую пористость - по ГОСТ 2409-95 Огнеупоры. Методы определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости водопоглощения.

Определение коэффициента теплопроводности производили методом полного цилиндра путем измерения установившегося теплового потока.

Основные физико-механические и теплотехнические свойства легких жаростойких бетонов приведены в таблицах 2 и 3.

Кажущаяся плотность и открытая пористость как видно из таблицы 2, при введении в состав смесей перлитового песка в количестве 1,6% и выше снижает кажущуюся плотность тяжелых бетонов до 1,8 г/см³ и ниже, а сами бетоны становятся легкими. Кажущаяся плотность составов с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201 практически не отличается от кажущейся

плотности жаростойких бетонов с тонкомолотой добавкой из дистенсилиманитового концентрата. Повышение содержания перлита до 2,9% снижает кажущуюся плотность обих составов до 1,7 и 1,68 г/см³ соответственно. Открытая пористость при этом увеличивается до 27,2 и 25,5% соответственно.

Теплопроводность таблица 2 определяли, учитывая температурный режим работы монолитной футеровки тепловых агрегатов, когда температура по толщине слоя бетона достигает 400-600⁰С. Коэффициент теплопроводности жаростойких бетонов уменьшается с увеличением в составе бетона вспученного перлитового песка. Лучшую теплоизоляционную способность имеют жаростойкие бетоны с содержанием перлитового песка 2,9%. При этом коэффициент теплопроводности составов 6 (с катализатором ИМ-2201) и 12 (с дистенсилиманитовым концентратом) при температуре 600⁰С равен 0,68 и 0,6 Вт/(м⁰К) соответственно, что в 1,62-1,77 ниже теплопроводности сравнительных составов 1 и 7 из тяжелого бетона.

Деформация под нагрузкой при высоких температурах приведена в таблице 2, где видно более высокие показатели температуры деформации под нагрузкой 0,2 МПа имеют жаростойкие бетоны с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201. При этом температура 4 и 40% деформации в среднем на 55-70⁰С выше, чем у аналогичных составов бетонов с тонкомолотой добавкой из дистенсилиманитового концентрата.

Повышение в составах легких бетонов содержания перлитового песка до 2,9% уменьшает температуру 4% деформации до 1160⁰С в бетоне с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201 и до 1090⁰С в бетоне с тонкомолотой добавкой из дистенсилиманитового концентрата. Однако, при этом температура остается достаточно высокой, что позволяет использовать эти бетоны для изготовления монолитной футеровки тепловых агрегатов.

Термическая стойкость испытаний легких жаростойких бетонов приведенная в таблице 2 показывает, что результаты позволяют говорить о хорошем сопротивлении этих бетонов переменному нагреванию до температуры 800⁰С и охлаждению до 20⁰С. При этом образцы жаростойких бетонов после 40 воздушных теплосмен полностью сохранились.

Прочность при сжатии легких жаростойких бетонов в таблице 3 имеет характер изменения прочности всех составов бетонов приблизительно одинаковый. Прочность жаростойких бетонов уменьшается с повышением содержания вспученного перлитового песка.

При содержании перлитового песка 2,9%, прочность остаётся высокой и составляет в зависимости от вида тонкомолотой добавки 13,8-21,0 МПа, что вполне достаточно при воздействии на монолитную футеровку температур горения топлива и пожара.

Следует отметить увеличение прочности каждого из составов при повышении температуры нагрева до 1000⁰С и более высокие показатели прочности у жаростойких бетонов с тонкомолотой добавкой из дистенсилиманитового концентрата.

Таблица 1

Составы бетонных смесей

Наименование компонентов	№ составов, содержание компонентов, мас%											
	1 Сравни- тельный 1	2	3	4	5	6	7 Сравни- тель- ный 2	8	9	10	11	12
Шамотный запол- нитель фракции 0,14-20мм	63,3	58,4	55,7	53,4	52,8	52,1	63,9	58,8	58,0	56,1	55,4	54,6
Катализатор ИМ-2201	20,4	22,3	22,3	22,5	22,6	22,8	-	-	-	-	-	-
Дистенсиллиманито- вый концентрат	-	-	-	-	-	-	18,3	19,9	20,1	20,2	20,3	20,4
Жидкое стекло	14,5	15,8	17,2	19,6	19,9	20,2	16,0	17,7	18,1	19,2	19,6	20,1
Фerroхромовый шлак	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Вспученный перли- товый песок	-	1,6	1,8	2,5	2,7	2,9	-	1,6	1,8	2,5	2,7	2,9

Таблица 2

Свойства легких жаростойких бетонов

№ составов	Тонкомолотая добавка	Кажущаяся плотность после сушки, г/см ³	Открытая пористость, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/ м ⁰ К		Температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа в ⁰ С			Термическая стойкость (20 ↔ 800 ⁰ С), воздушные теплосъемы	
				400 ⁰ С	600 ⁰ С	Н.Р	4%	40%	до появления открытых трещин	до разрушения
1	Катализатор ИМ-2201	2,0	21,5	1,03	1,1	1310	1335	1360	28	После 40 теплосмен образцы сохранились
2		1,8	25,6	0,78	0,9	1225	1250	1270	22	
3		1,76	25,9	0,73	0,84	1215	1240	1250	21	
4		1,72	26,4	0,64	0,74	1180	1200	1210	20	
5		1,71	29,9	0,62	0,7	1160	1185	1200	20	
6		1,7	27,2	0,6	0,68	1145	1160	1180	18	
7	Дистенсил-лиманитовый концентрат	1,98	22,0	0,98	1,06	1250	1265	1310	30	После 40 теплосмен образцы сохранились
8		1,8	23,3	0,76	0,86	1160	1180	1200	26	
9		1,76	23,6	0,69	0,76	1155	1170	1180	25	
10		1,71	24,8	0,62	0,67	1120	1140	1150	23	
11		1,69	25,2	0,59	0,64	1105	1130	1140	22	
12		1,68	25,5	0,55	0,6	1080	1090	1100	20	

Прочность при сжатии легких жаростойких бетонов

№ составов	Тонкомолотая добавка	Прочность при сжатии в МПа в охлажденном состоянии после нагрева до температур, °С				
		100	400	600	800	1000
1	Катализатор ИМ-2201	21,5	23,0	26,7	29,2	32,0
2		15,0	16,0	16,4	17,5	20,8
3		13,8	14,2	14,8	15,9	19,5
4		11,9	12,4	12,9	13,4	16,9
5		11,2	11,6	12,1	12,85	15,0
6		10,5	10,85	11,4	11,95	13,8
7	Дистенсили-манитовый концентрат	24,0	26,0	28,0	31,0	36,0
8		16,5	17,2	18,0	19,0	21,0
9		15,6	16,6	17,2	18,4	19,9
10		13,6	14,3	15,0	16,2	18,1
11		12,9	13,4	14,0	14,8	16,9
12		12,1	12,5	12,9	14,1	15,4

Из приведенных результатов, можно сделать вывод, что разработаны составы легких жаростойких бетонов могут применяться для изготовления монолитной футеровки тепловых агрегатов и конструкций индивидуальных жилых домов.

Введение в состав тяжелого бетона вспученного перлитового песка в количестве 1,6-2,9% позволяет получить составы легких бетонов повышенной теплоизолирующей способности с высокими физико-механическими и термическими характеристиками. Учитывая прочностные и деформативные характеристики разработанных составов, а именно минимальную прочность при сжатии после нагрева до температуры 1000⁰С равную 13,8-21,0 МПа и температуру 40% деформации под нагрузкой равную 1100-1180⁰С, очевидно предположить сохранение их несущей способности и целостности при воздействии пожара [4]. Разработанные составы легкого бетона для тепловых устройств и конструкций жилых помещений могут быть использованы, как конструктивно – теплоизоляционные и огнезащитные для наружных и внутренних несущих и ограждающих конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Конопляник А.Ю., Бородин А.А. Опыт и перспектива применения жаростойких бетонов и огнеупорных смесей в тепловых агрегатах и конструкциях. // Теория и практика металлургии.-1999.- №1.- С.53-54.
- 2 А.Ф. Милованов. Огнестойкость железобетонных конструкций.- М.: Стройиздат, 1986. – 224с.
- 3 Применение жаростойких бетонов в футеровке тепловых устройств жилых помещений / А.Ю. Конопляник, А.А. Бородин, А.А. Ромашенко, Р.М. Товпапко, Е.А. Заморенная // Сб. науч. Тр: Строительство. Материаловедение. Машиностроение; вып. 16 – Дн-вск : ПГАСА, 2002, с. 107 – 109.
- 4 ДБН В.1.1-7-2002. Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства.- К.: Госстрой Украины, 2003. – 44с.