

УДК 620.18:666.7

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ СМЕСИ НА СВОЙСТВА ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Керш В.Я., Холдаева М.И. (Одесская государственная академия
строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина)

Приведены результаты исследований влияния состава, в том числе пластифицирующих и воздухововлекающих добавок, на структурообразование и свойства полистиролбетона.

В практике современного строительства одной из важнейших задач на обозримую перспективу является обеспечение качественной теплозащиты зданий. К числу наиболее эффективных теплоизолирующих материалов можно отнести полистиролбетон (ПСБ) - композиционный материал, основой состава которого является цементное вяжущее и сверхлёгкий заполнитель – вспученный полистирол.

Полистиролбетон, обладающий всеми положительными свойствами исходных компонентов – цементного камня и пенополистирола, близок по своему функциональному назначению к ячеистым бетонам. В зависимости от соотношения в смеси раствора и гранул пенополистирола можно получать ПСБ плотностью от 200 до 700 кг/м³. Данный материал имеет ряд преимуществ перед другими конструктивно – теплоизоляционными материалами: удовлетворительные прочностные характеристики при низкой плотности, пониженную теплопроводность и сорбционную влажность, улучшенные показатели по водонепроницаемости, морозостойкости, химической и биологической стойкости.

Основная проблема при использовании полистиролбетона - расслаивание смеси и усиление тенденции к трещинообразованию от усадки. Традиционно эта проблема решается введением в состав смеси кремнеземистого наполнителя и комплекса химических добавок. Повышение плотности материала при этом сопровождается ухудшением теплозащитных свойств.

На формирование физико-механических характеристик полистиролбетона оказывают влияние следующие факторы:

- свойства цемента;
- свойства и количество полистирольного заполнителя;
- свойства и количество наполнителя (при его наличии);

- химдобавки.

Влияние вяжущего на свойства ПСБ. По аналогии с практикой ячеистых бетонов, для приготовления качественного полистиролбетона выбирают высокоактивные цементы с целью обеспечения необходимых прочностных характеристик бетона при относительно низком расходе вяжущего. Это объясняется тем, что зависимость прочности полистиролбетона от активности цемента носит линейный характер, то есть прочность полистиролбетона повышается с увеличением марки цемента. Так при замене цемента марки 500 цементом марки 600 прочность полистиролбетона возрастает на 20%, при замене цемента марки 500 цементом марки 400 прочность ПСБ уменьшается в среднем на 20%; т.е. независимо от свойств заполнителя и его содержания в бетоне, с увеличением прочности цементной матрицы прочность полистиролбетона всегда повышается. Однако осуществление данного приёма за счет увеличения расхода цемента ограничено в связи с повышением плотности полистиролбетона.

Влияние заполнителя на свойства ПСБ. Для изготовления полистиролбетона используется вспененный фракционный бисерный стирол. Влияние свойств и содержания полистирола на прочность полистиролбетона принципиально отличается от влияния обычных пористых заполнителей на прочность легких бетонов. Для ПСБ характерными являются пластические деформации, обусловленные большой деформативностью гранул полистирола, релаксирующих возникающие в бетоне напряжения. Пористость вспененных гранул составляет 97-98% при плотности 0,02-0,06 г/см³ и зависит от свойств сырья и режимов вспенивания. Экспериментальные исследования показывают, что повышение плотности полистирольных гранул при одновременном уменьшении их размеров увеличивают прочность полистиролбетона на 35-80% (при отсутствии фактора влияния прочности цементного камня). Чем меньше размеры гранул полистирола, различия в их размерах и плотности, а также выше плотность и прочность гранул, тем выше прочность полистиролбетона. Оптимальным размером гранул, обеспечивающим нормативную прочность полистиролбетона, принято считать 0,3-3мм. Согласно имеющимся данным, снижение плотности гранул заполнителя снижает прочность полистиролбетона от 10% (при средней плотности 0,06 г/см³) до 30% (при средней плотности 0,02 г/см³).

Предварительная обработка гранул ПАВ позволяет значительно увеличить адгезию между гранулами и цементным тестом, что дает возможность повысить прочность материала в 1,5-2 раза.

Образованная при этом гидрофобная плёнка снижает водопоглощение пенополистирола, повышает вязкость смеси, равномерность распределения в смеси обработанных гранул пенополистирола (рис.1), а также увеличивает поверхность контактов срастания последних с цементным тестом.

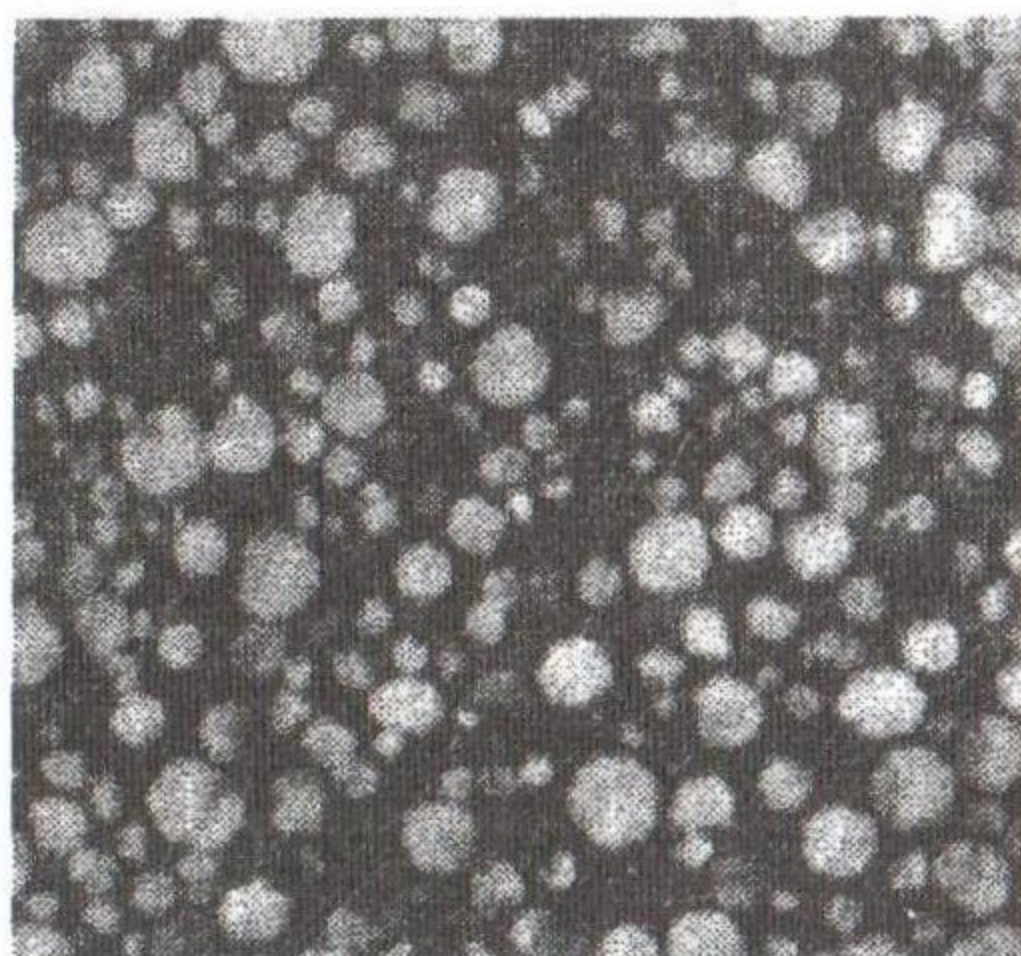


Рис. 1. Распределение гранул пенополистирола по сечению образца

Это дает возможность снизить объемную массу ПСБ, повышая его теплотехнические свойства (табл. 1).

Свойства полистиролбетона

Таблица 1

Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Коэффициент теплопроводности, Вт/м ⁰ К	Водопоглощение за 24 часа по объёму, %
	на сжатие	при изгибе		
200	1,12	0,72	0,052	11
300	1,44	0,78	0,082	10
400	1,85	0,87	0,100	7
500	2,74	1,26	0,123	6
600	3,12	1,57	0,137	4

Влияние наполнителя на свойства ПСБ. В качестве наполнителя в полистиролбетоне обычно применяется кварцевый песок, однако плотность, а, следовательно, и теплопроводность такого ПСБ, значительно возрастает. При введении в состав полистиролбетона продуктов отсева золы-уноса (микросфер) удается существенно снизить плотность и теплопроводность материала.

В результате эксперимента установлено, что введение в ПСБ наполнителя в виде микросфер позволяет повысить его теплозащитные и прочностные качества.

Микросферы совместно с полистирольными гранулами образуют надежную и равномерную смесь, которая не проседает и

не вздувается, а также обеспечивают равномерно распределенные термические и механические свойства материала. Внедрение наполнителя в виде микросфер в цементные перегородки перераспределяет статические нагрузки и ведет к повышению прочности. Вместе с тем, введение микросфер повышает водопотребность смеси, поэтому для снижения расхода воды целесообразно использование пластифицирующих добавок.

Влияние добавок на свойства ПСБ. Применение химических добавок является эффективным средством целенаправленного регулирования свойств бетона.

Пластифицирующие добавки. Снижение водопотребности и увеличение подвижности цементных систем обеспечивается за счет применения пластифицирующих добавок, позволяющих снизить водопотребность более чем на 15 - 20%. Пластификаторы нового поколения, так называемые суперпластификаторы и гиперпластификаторы, позволяют снизить данный показатель более чем на 30%. Эффективность пластификаторов существенно зависит от удельной поверхности цемента, его минерального состава и от физико-химических особенностей наполнителей. Учитывая многообразие имеющихся добавок, проведены предварительные испытания отечественных и зарубежных пластификаторов. Эффективность пластификатора оценивали по комплексу факторов:

- увеличению подвижности бетонной смеси;
- сокращению расхода цемента;
- повышению прочности бетона.

За базовый вариант для сравнения приняты бетоны без добавок.

Наибольший пластифицирующий эффект установлен при использовании модифицированного гиперпластификатора "FK 63.30".

Введение в состав полистиролбетонной смеси указанной добавки позволяет получить самоуплотняющиеся, не требующие вибрации бетонные смеси за счет снижения водосодержания, а при неизменной подвижности смеси - бетоны повышенной прочности. При этом марка цемента может быть снижена на более низкую. Эффект пластификации можно также использовать и для сокращения расхода цемента.

Влияние добавки на кинетику структурообразования цементного теста изучали на бездобавочном цементе марки 500 и дозировках добавки от 0,1 до 1,25 % от массы цемента. Одновременно оценивали кинетику тепловыделения на ранних стадиях гидратации. В начальный период пластифицированные образцы характеризуются некоторым замедлением процессов гидратации, что хорошо можно проследить по

интегральному тепловыделению цементного теста с различным количеством добавки. Однако этот эффект полностью компенсируется уже в возрасте 1 сут.

Исследовано влияние гиперпластификатора "FK 63.30" на технологические свойства бетонов. Выявлена зависимость подвижности бетонной смеси и возможного снижения расхода воды при получении равноподвижных смесей (рис. 2) от дозировки добавки.

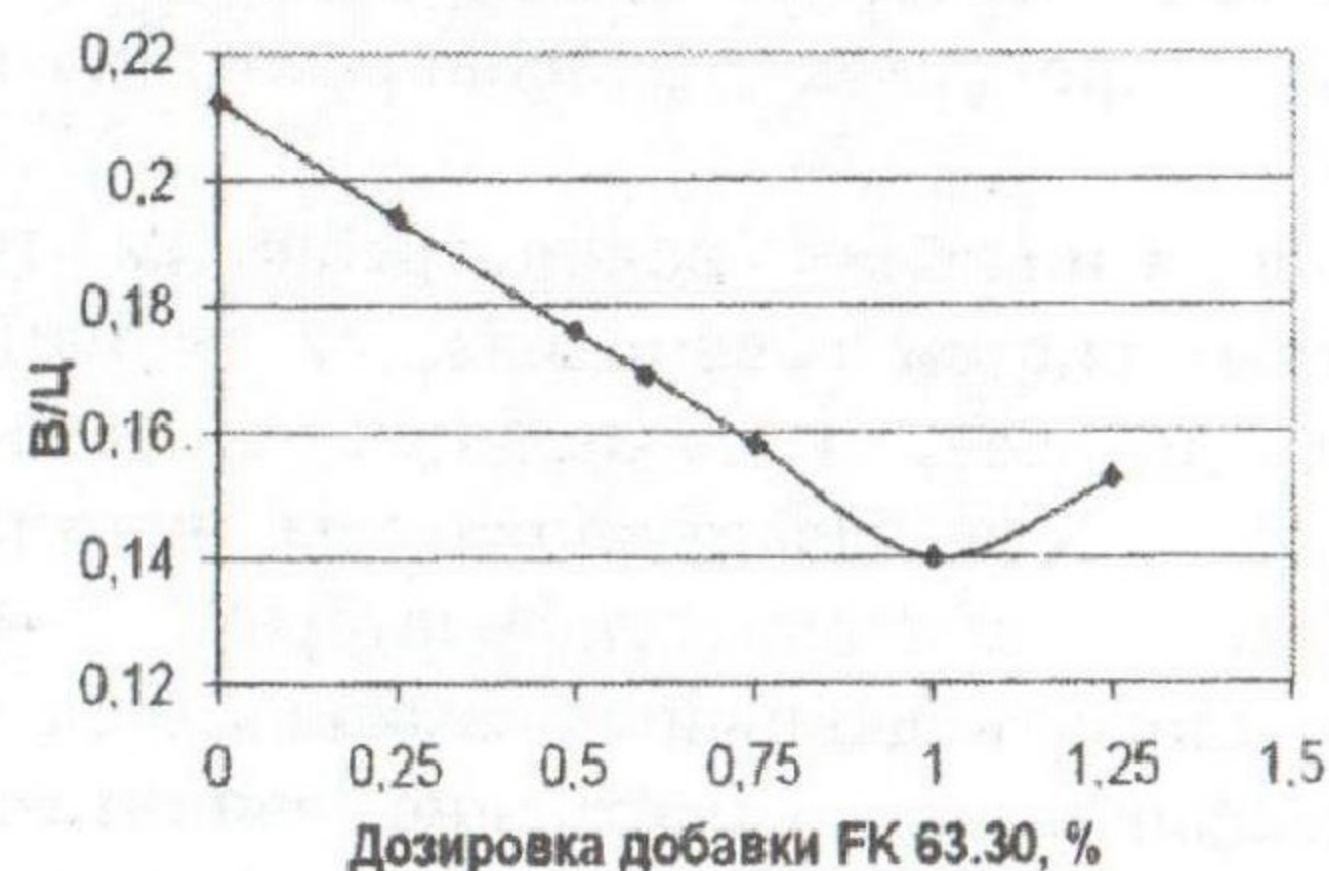


Рис. 2. Влияние добавки "FK 63.30" на водопотребность цементной смеси

Исследования показали, что применение добавки при сохранении водоцементного отношения благоприятно сказывается на однородности смеси, значительно уменьшая ее водоотделение и расслоение по сравнению с равноподвижной смесью без добавки. Подвижные бетонные смеси с добавкой "FK 63.30" сохраняют высокий пластифицирующий эффект в течение 1-1,5 ч.

Изучение влияния добавки на прочностные характеристики бетона производили на образцах — кубах со стороной 100 мм. Их твердение осуществлялось в нормально-влажностных условиях и с тепловлажностной обработкой в лабораторной пропарочной камере при температуре изотермического прогрева 60-65°C

Исследования вели в двух направлениях: на бетонах из смесей с одинаковым водоцементным отношением, а также на бетонах, приготовленных из равноподвижных с эталоном бетонных смесей. В качестве эталона применялся бетон без добавок. Прочность на сжатие бетона нормального твердения испытывали в возрасте 3, 7 и 28 сут, пропаренного — через 24 ч с момента приготовления, а также в 28-суточном возрасте. Прочность бетонов из равноподвижных бетонных смесей с добавкой во все сроки испытания оказалась выше прочности эталона на 40-80 % (рис. 3).

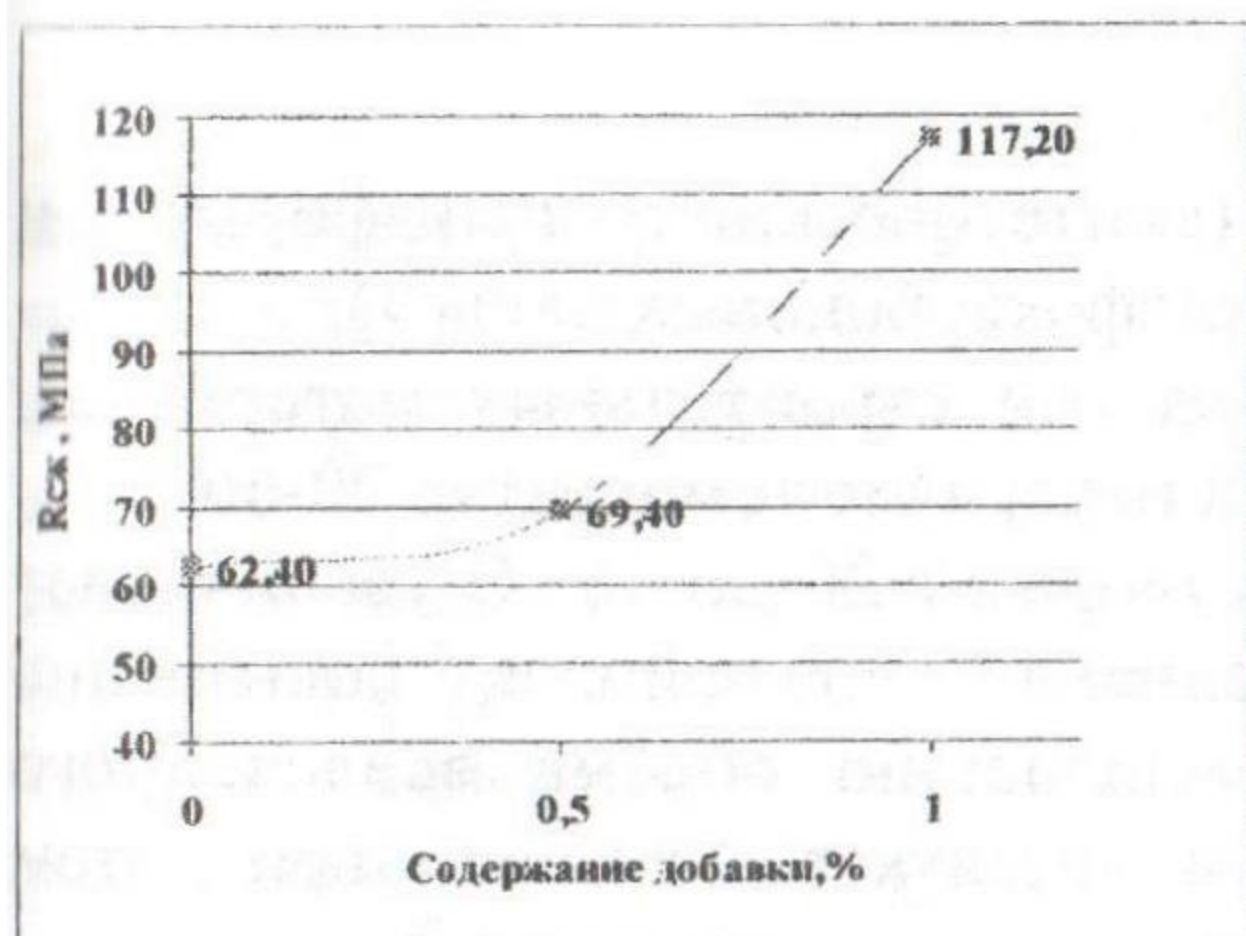


Рис. 3. Влияние добавки "FK 63.30" на прочность цементной матрицы

Результаты испытаний показали, что введение гиперпластификатора "FK 63.30" в бетонную смесь при изготовлении полистиролбетона позволило увеличить прочность на сжатие на 40-64 % по сравнению с бетоном с добавкой С-3 при одновременном снижении расхода цемента на 10-12 % и увеличении подвижности бетонной смеси в 1,5-2,5 раза. При этом водопотребность бетонной смеси может быть снижена на 20-45 %.

Применение гиперпластификатора "FK 63.30" даже при уменьшении расхода цемента позволяет сократить режим тепловлажностной обработки бетона на 10-30-% по сравнению с принятыми режимами.

Воздухововлекающие добавки. В традиционном полистиролбетоне создают воздушные поры в цементной матрице с целью уменьшения расслаиваемости, снижения плотности и теплопроводности.

Наиболее простое и относительно управляемое формирование пористой структуры цементной матрицы может быть достигнуто за счёт воздухововлечения при перемешивании смеси, содержащей воздухововлекающие добавки. Механизм воздухововлечения связан, в основном, с поверхностной активностью и пенообразующей способностью добавок. Известно большое количество отечественных и импортных воздухововлекающих добавок.

Основными факторами, влияющими на воздухововлекающую способность добавок и характер пористой структуры материала, являются вид, концентрация добавки, водотвердое отношение, температура раствора, конструкция смесительного аппарата и режим перемешивания, дисперсность и вид компонентов.

Особый интерес представляло сравнение различных по принципу формирования пористой структуры добавок: пенообразующих и воздухововлекающих. Более подробно

исследованы добавки СПЭ (синтетические полиэфир) и Centrament Air (динатриевая соль сульфокарбоновых кислот).

Учитывая особенности технологии строительных материалов, добавки подвергались испытаниям в интервале температур 20-60°C.

Повышение температуры раствора от 20 до 45 °С увеличивает приводит воздухововлечение, однако дальнейшее повышение температуры ведет к резкому уменьшению объёма вовлечённого воздуха, хотя скорость процесса воздухововлечения при этом увеличивается (рис. 4).

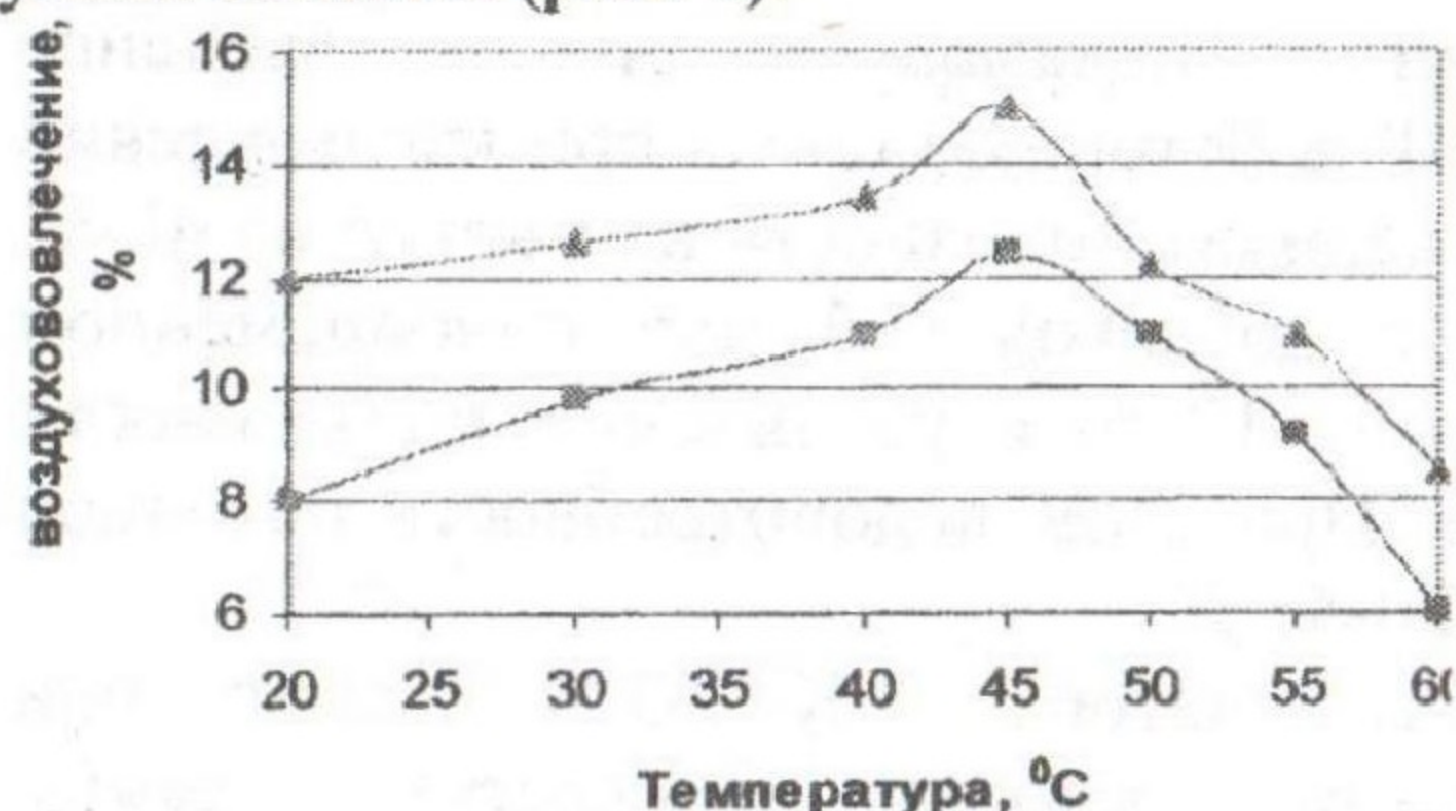


Рис. 4. Влияние температуры среды на воздухововлечение: верхняя кривая – добавка Centrament Air, нижняя - ПАВ «СПЭ».

Проведенными опытами установлено:

- изменение концентрации воздухововлекающей добавки от 0,5% до 1,5% (от массы сухих веществ смеси) способствует повышению объёма вовлеченного воздуха однако дальнейшее увеличение концентрации до 2% не приводит к заметному изменению воздухововлечения;

- увеличение водотвердого отношения от 0,3 до 0,6 при длительности перемешивания 15 мин. приводит к неуклонному возрастанию воздухововлечения и увеличению размера пор (табл. 2).

Таблица 2.

Водотвердое отношение	Воздухововлечение, %		Средний диаметр пор, мм	
	ПАВ «СПЭ»	Centrament Air	ПАВ «СПЭ»	Centrament Air
0,3	4-5	17-18	0,16-0,19	0,08-0,12
0,4	7-8	20-36,5	0,18-0,21	0,11-0,14
0,5	12-13	40,3-41,8	0,22-0,23	0,12-0,16
0,6	15-17	55,26-63,5	0,21-0,24	0,11-0,18

Для определения пористой структуры материала были изготовлены серии образцов, отличающиеся перечисленными параметрами. Оказалось что вид добавки определённо влияет на средний диаметр пор и распределение их по размерам. Так наиболее мелкие поры ($d_{cp} = 0,13\text{мм}$) при дозировке добавки 1,5% имеет бетон приготовленный с Centrament Air, наиболее крупные поры ($d_{cp} = 0,24-0,3\text{мм}$) при такой же дозировке характерны для ПАВ «СПЭ». Кроме того, в зависимости от вида добавки меняется характер кривой распределения пор по размерам.

Результаты исследований позволили выбрать более эффективные добавки, определить целесообразные дозировки и режимы их применения и использованы при формировании плана многофакторного эксперимента для оптимизации структуры и свойств полистиролбетона.

Литература

1. Керш В.Я., Дмитриева Н.В., Холдаева М.И. Модификация твердой составляющей полистиролбетона / Вісник ОДАБА, вип. №23, Одесса, 2006. С.100-104.
2. Керш В.Я., Холдаева М.И. Совершенствование структуры и теплозащитных свойств полистиролбетона/ МОК - 46, Одесса. - «Астропринт», 2007. С.147-149.