

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 693.11

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПЕНОБЕТОННОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА - КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОНА**

МОРДИЧ М.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Основопологающим аспектом получения керамзитопенобетона заданных физико-технических свойств является создание прочной и однородной пенобетонной матрицы. В связи с этим наиболее важным является исследования технологических (в своем роде “первичных”) свойств пенобетонной матрицы. В данной работе приведены результаты исследований влияния вида пенообразователей, суперпластификаторов и ускорителей твердения на формирования однородной структуры пенобетона.

Первичным для формирования структуры является определения эффективности пенообразователей. В работах авторов [3-8,10] приведены исследования различных видов пенообразователей из которых следует, что все пенообразователи можно условно разделить на две группы по природе их происхождения, а именно на синтетические и белковые. Базируясь на результатах исследований нами были выбраны два наиболее известных и часто применяемы при производстве пенобетона представителя данных пенообразователей. В

качестве синтетического пенообразователя использовали “ПБ-2000” (производства РФ), в качестве белкового “Laston” (производства Италии). Для обеспечения наиболее точного (“чистого”) результата исследований влияния типа пенообразователя на свойства пенобетонных смесей использовали составы без применения прочих химических добавок и крупного заполнителя. Наиболее важными исследования влияния вида пенообразователя для формирования структуры пенобетона является подвижность (условная вязкость), сроки схватывания, и соответственно, прочностные характеристики затвердевшей матрицы при использовании данных видов пенообразователей.

Исследования реологических свойств смесей (подвижности) вели по показателю диаметра расплыва конуса вискозиметра Суттарда. Результаты исследований приведены на рисунке 1.

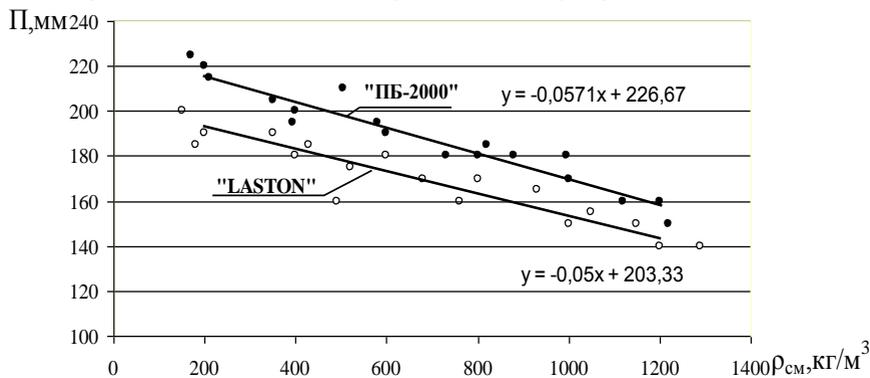


Рисунок 1. Зависимость изменения подвижности от плотности пенобетонной смеси

Из данных, приведенных на рисунке, следует, что подвижность пенобетонных смесей изменяется по одинаковому линейному закону в зависимости от плотности смеси, а значит данная закономерность будет присутствовать при выборе любого типа пенообразователя с единственной особенностью в том, что изначальная гидрофобизирующая способность каждой пенообразующей добавки будет различной.

Результаты данных исследований указывают на то, что белковый пенообразователь образует более вязкие системы, в отличие от синтетических, что в свою очередь является положительным фактором

при становлении устойчивой во времени структуры пенобетона до конца схватывания цементного теста [7,10].

В этой связи наиболее важным является определение сроков схватывания цементного теста с применением различного типа пенообразователей. Исследование сроков схватывания вели с применением стандартной методики проведения испытаний в соответствии с [2]. Для обеспечения наибольшей “чистоты” эксперимента применяли бездобавочный цемент марки М500-Д0 производства Белорусского Цементного Завода (г. Костюковичи). Количество пенообразователя подбирали в процентном соотношении из расчета расхода цемента на создание пенобетона со средней плотностью D200-D1000 в пересчете требуемое количество цемента для определения сроков схватывания. Помимо этого пенообразователи не вспенивали, т.к. это могло привести к поризации цементного теста и снижению его плотности. Снижение плотности цементного теста не позволило бы получить данные начала и конца схватывания, т.к. игла прибора Вика погружалась бы минимум до конца схватывания до самой нижней позиции. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние типа образователя на сроки схватывания цементного теста

Тип Пенообразователя (ПО)	Сроки схватывания, ч.-мин	Расход ПО от массы цемента для различных марок по средней плотности, %					
		0 (контр.)	1,8 (D200)	0,85 (D400)	0,5 (D600)	0,35 (D800)	0,25 (D1000)
ПБ-2000 (синтет.)	начало	2-50	3-40	3-20	3-15	3-10	3-10
	конец	4-15	4-50	4-40	4-40	4-30	4-30
Laston (белков.)	начало	2-50	3-20	3-10	3-00	2-50	2-50
	конец	4-15	4-25	4-15	4-15	4-15	4-15

Из данных, приведенных в таблице, следует, что и синтетический и белковый пенообразователь способствуют увеличению сроков схватывания, однако если синтетический пенообразователь увеличивает как начало схватывания, так и его конец, то белковый пенообразователь конец схватывания увеличивает не значительно и только при максимальных дозировках (1,8% от массы цемента). Таким образом, можно сделать вывод, что использование синтетического пенообразователя для изготовления пенобетона низкой сред-

ней плотности (D200-D400) без использования ускорителей твердения является затруднительным, т.к. схватывания цементной матрицы происходит позже начало оседания пены, что приведет к повышению усадки и уплотнению пенобетона.

С целью выявления возможных деструктивных явлений, связанных с увеличением сроков схватывания, произведена оценка прочности пенобетона на сжатие, изготовленного с применением данных видов пенообразователей (рисунок 2).

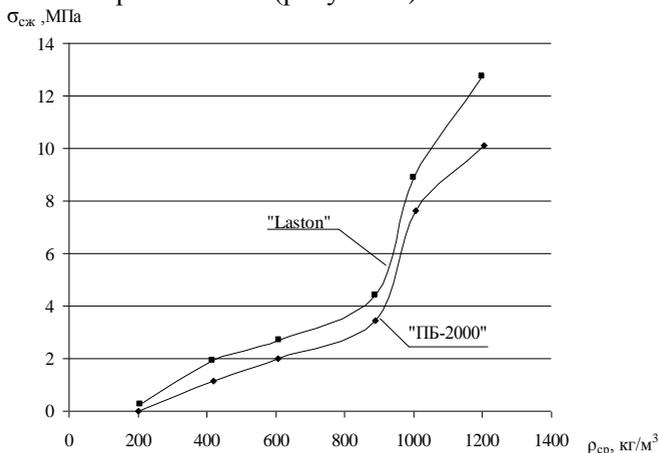


Рисунок 2. Зависимость изменения прочности на сжатие от средней плотности пенобетона.

Данные, приведенные на графике, указывают на то, что белковый пенообразователь способствует повышению прочности пенобетона по сравнению с синтетическим пенообразователем, однако данное явление не значительно, особенно для средних плотностей в пределах 900...1000 кг/м³. Таким образом, негативные факторы, оказывающие влияние на формирование структуры пенобетона при выборе пенообразователя является повышенная подвижность синтетических пенообразователей, что в сочетании с значительно длительными сроками схватывания могут привести к усадке пенобетона в начальные моменты формирования его структуры.

Так как пенообразователи в составе пенобетонных смесей обладают пластифицирующей способностью, однако стандартная подвижность пенобетона не всегда достаточна для обеспечения однородности пенобетона при укладке в форму или конструкцию. В этой

связи в состав пенобетона дополнительно вводят пластифицирующие добавки. Для изучения влияния пластифицирующих добавок на свойства пенобетонных смесей и прочность пенобетона использовались пластификаторы, имеющие различные степени гидрофобизирующего действия. Пенобетонные образцы, изготовленные без применения пластификаторов, приняты как контрольные. В исследуемых составах вводили суперпластификатор “Стахемент - 2010” (РБ, СООО “Стахема-М”) в количестве 0,2% от массы цемента, и суперпластификатор “С-3”(РФ, Иваново) в количестве 2,0% от массы цемента.

Данные расходы пластифицирующих добавок были приняты из условия обеспечения равной подвижности пенобетонных смесей с учетом отсутствия следов расслоения и водоотделения с целью установления влияния пластифицирующих добавок на прочность затвердевшего бетона (см. рисунок 3). В качестве порообразующей добавки использовали белковый пенообразователь.

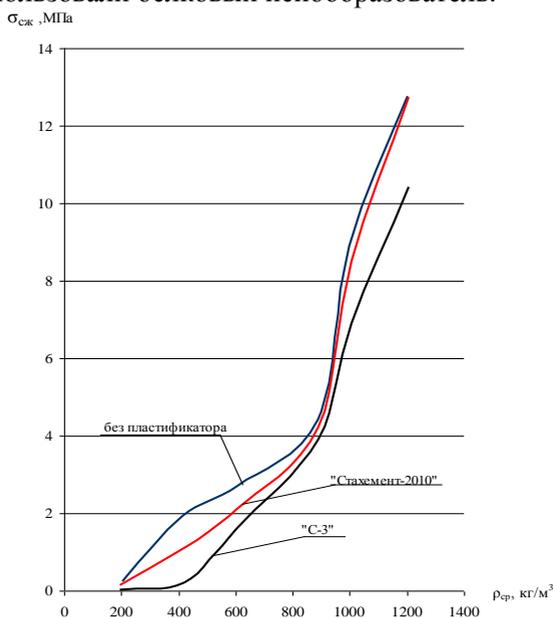


Рисунок 3. Влияние пластифицирующих добавок на прочность пенобетона

Необходимость проведения такого рода исследований обуславливается тем, что пенообразователь и суперпластификатор в составе

пенобетона являются сильно действующими поверхностно-активными веществами (ПАВ), что в свою очередь приводит к капсулированию частиц цемента и снижению прочности даже при ее определении в возрасте 28 суток [1,7,10]. Из результатов экспериментов видно, что прочность пенобетона при введении пластификаторов снижается, а особенно в пенобетоне пониженной средней плотности ($220 - 630 \text{ кг/м}^3$), в них падение прочности на сжатие составляет 30-92%. Затем с увеличением средней плотности падение прочности по сравнению с контрольными образцами менее значительно (не более 18,1%). Данное явление связано со степенью поризации пенобетонов различной средней плотности. Пенобетоны с маркой по средней плотности ниже, чем D600 имеют высокую степень поризации, соответственно и расход пенообразователя в таких бетонах выше (0,5-1,8% от массы цемента). В следствии чего, концентрация ПАВ в таких пенобетонах является запредельной. Эффекты “капсулирования” цемента на разрушенных образцах видны в виде большого количества капсул непрогидротированного цемента. Таким образом, применение пластификаторов в пенобетонах не является рациональным для низких марок по средней плотности и могут использоваться при технологических переделах в тех случаях когда без повышения подвижности не будет обеспечиваться однородность изготавливаемых изделий или монолитных конструкций.

В связи с указанными выше негативными эффектами замедления набора прочности пенобетона необходимы мероприятия по интенсификации твердения. В данной связи проведены исследования влияния ускорителей на изменение прочности пенобетона в различном его возрасте. Базируясь на данных исследований [6,11] в качестве ускорителей твердения приняты сульфат натрия и хлористый кальций в количестве от 1,0 до 3,0% от массы цемента. Однако при введении 3,0% ускорителя твердения на образцах наблюдались значительные усадочные явления. Данный эффект вероятнее всего связан с уменьшением толщины пленки пены при избыточной концентрации ускорителя твердения, что свою очередь приводит к сближению одноименно заряженных составляющих дипольных моментов на наружной и внутренней поверхности пузырьков. Таким образом, происходит отталкивание зарядов с последующим разрушением пузырька и потери устойчивости пены [10].

Последующие исследования велись с использованием данных ускорителей с дозировкой, не превышающей 2% от массы цемента. Оценка эффективности добавок производилась в возрасте 7 и 28 суток по показателю предела прочности на сжатие для различных средних плотностей пенобетона. Данные исследований приведены на рисунках 4.1 и 4.2.

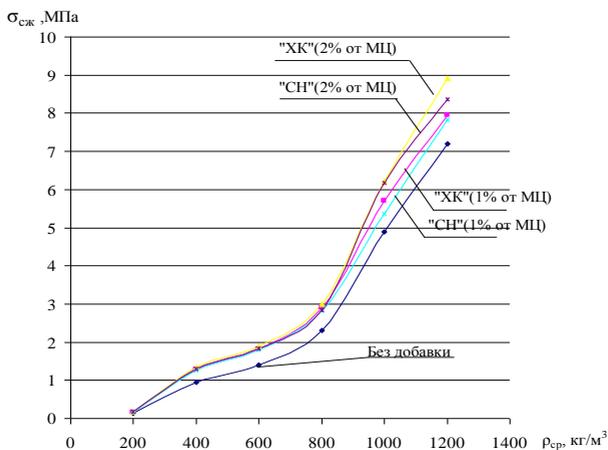


Рисунок 4.1. Прирост прочности пенобетона в возрасте 7 суток при использовании $CaCl_2$ ("ХК") и Na_2SO_4 ("СН")

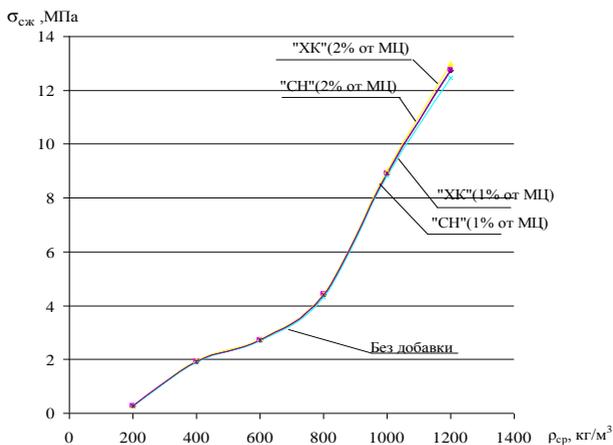


Рисунок 4.2. Прирост прочности пенобетона в возрасте 28 суток при использовании $CaCl_2$ ("ХК") и Na_2SO_4 ("СН")

Данные, приведенные в таблице, указывают на то, что прочность пенобетона с маркой по средней плотности D200 не увеличивается при введении ускорителей твердения. Для пенобетонов с маркой по средней плотности D400-D1200 происходит увеличение прочности в возрасте 7 суток на 23-42% по сравнению с контрольными образцами, причем прирост прочности в возрасте 7 суток для марки по средней плотности не превышающей D800 одинаков для данных добавок и не зависит от их расхода. С последующим увеличением средней плотности данная зависимость изменяется. Таким образом, в возрасте 7 суток достигается прочность на сжатие соответствующая 70% проектной в возрасте 28 суток, что достаточно для отпуска изделий с производства.

По результатам исследований технологических свойств пенобетона с различными модифицирующими добавками можно сделать следующие выводы:

1. Пенообразователи для бетона, особенно синтетические, ведут к замедлению сроков схватывания цемента в составе композиции. В этой связи получение низких средних плотностей пенобетона на синтетических пенообразователях является весьма затруднительным;

2. Пластифицирующие добавки для пенобетонов применять не целесообразно для средней плотности, не превышающей 630 кг/м^3 , т.к. повышенное содержание ПАВ приводит к “капсулированию” частиц цемента и падению прочности пенобетона;

3. Ускорители твердения обеспечивают стабильный (“традиционный”) прирост прочности пенобетона в возрасте 7 суток на 23-42%. Исключительной особенностью твердения пенобетона с маркой по средней плотности не более D800 является равнозначный прирост прочности, не зависящий от типа ускорителя твердения и его дозировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусейнова В.В. Модифицирование неавтоклавных пенобетонов одностадийного приготовления суперпластификатором С-3 и электролитами / Автореф диссертации на соискание уч. степени к.т.н // Ростов-на-Дону – 2006 – 18с.

2. ГОСТ 310.3-76 “Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерность изменения объема”

3. Косых А.Н. Керамзитобетон, поризованный добавками из побочных продуктов переработки древесины / Автореф диссертации на соискание уч. степени к.т.н // С-Петербург – 1989 – 25с.

4. Кобидзе Т.Е. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств получаемого пенбетона/ Т.Е. Кобидзе, В.Ф. Коровяков, А.Ю. Киселев, С.В. Листов // Санкт-Петербург: Ячеистые бетоны в строительстве. Приложение к журналу “популярное бетоноведенье” 2007. – С. 178-181.

5. Марчик Е.В. Неавтоклавный пенобетон на синтетических пенообразователях / Е.В. Марчик, М.И. Кузьменков// Сборник научных трудов XVI международного научно-методического семинара, часть 2, Брест- 2009- с.59-63: Химия 1983 – 264с.

6. Миронов А. С. Ускорение твердения бетона. Пропаривание бетона в заводских условиях. // М: Гостройиздат. 1961. 224с.

7. Моргун, В.Н. О взаимосвязи между расходом ПАВ и качеством пенобетонных смесей / Сборник трудов 2-ого международного симпозиума. Проблемы бетона и железобетона – 2009 - Ч.2 – с. 312-319

8. Ружинский С.И. Пенообразователи из природных соединений органического происхождения / Санкт-Петербург: Ячеистые бетоны в строительстве. Приложение к журналу “популярное бетоноведенье” 2007. – С. 246-249.

9. Ружинский С.И. Пенообразователи из нефтяных кислот / Санкт-Петербург: Ячеистые бетоны в строительстве. Приложение к журналу “популярное бетоноведенье” 2007. – С. 240-245.

10. Тихомиров В.Н. Пены. Теория и практика их получения и разрушения/ М

11. Шахова Л. Д., Черноситова Е. С. Ускорение твердения пенобетонов // Строительные материалы 2005, № 5, С. 3 – 7.