

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

Ветох А.М., ассистент, Мартынов В.И., к.т.н., доц.,
Марчук А.М, Зеленский Д., студенты

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Постановка задачи исследований. В технологии строительных композиционных материалов, в том числе и пенобетона, на определенных стадиях их изготовления используются различные способы активации. На стадии приготовления сырьевых материалов чаще всего применяется механическая активация. Для этого производят помол как отдельных сырьевых материалов (помол песка), так и совместный помол песка с вяжущими в различных помольных агрегатах (шаровые мельницы, вибромельницы, стержневые, струйные мельницы). А.Хинтом предложен способ активации известково-кремнеземной смеси в механических устройствах-дезинтеграторах [5]. Кроме того, известны способы повышения химической активности уже измельченных вяжущих и наполнителей их обработкой в электрическом поле. Введение определенных химических добавок при помоле позволяет снизить затраты энергии на измельчение, а также придать впоследствии растворной смеси или готовому материалу определенные свойства. Наибольшее распространение получили добавки ПАВ, а также добавки различного функционального назначения (регуляторы схватывания и твердения, морозостойкости и пр.) [2,3].

После выбора исходных сырьевых материалов наступает период расчета состава будущего материала. На этом этапе особое значение имеет выбор рационального соотношения между жидкой, твердой и газовой составляющих, при которых создаются наиболее благоприятные условия структурообразования пенобетона. Затем определяется технология, по которой будет производиться материал и осуществляется сам процесс его получения.

На этом этапе, при создании искусственных строительных композитов, обязательна стадия приготовления строительных растворов – смешивание жидкости с твердыми компонентами. Здесь также применяются различные способы активации, как жидкости затворения, так и непосредственно строительных растворов. Известны способы омагни-

чивания воды [4,5], или обработки ее в постоянном электрическом поле [6]. На стадии приготовления строительного раствора в современной технологии широко используют различные химические добавки. Химические добавки вводят чаще всего в виде раствора с жидкостью затворения. Их назначение такое же, как и при введении при помоле, т.е. придать растворной смеси или готовому материалу определенные качества. Следующим видом активации является активация непосредственно растворной смеси или цементного теста. Например, эффект вибрации. Он используется не только для уплотнения смеси, но и как элемент управления структурой материала (повторное вибрирование). Также для управления структурой и свойствами КСМ существуют и другие методы активации, основанные на различных физических явлениях – ультразвуковая обработка, электроразогрев и пароразогрев [7]. Достаточно эффективен способ активации цементного теста или растворной составляющей в быстроходных смесителях. При этом способе увеличивается степень гидратации вяжущих веществ, что приводит к ускоренному росту структурной прочности и повышению марочной прочности бетона [8].

Проведенный анализ свидетельствует, что различные виды активации получили довольно широкое применение в технологии строительных материалов и являются эффективными способами регулирования и управления процессами их структурообразования и свойствами готового продукта.

Одним из главных недостатков неавтоклавного пенобетона является его невысокая механическая прочность. Получать пенобетон неавтоклавного твердения на портландцементе с нормируемыми показателями по прочности без применения интенсификаторов, повышающих скорость и степень гидратации цемента, невозможно.

Задачи исследований. Вследствие вышеизложенного, была поставлена задача - изучить влияние комплексной ступенчатой активации на различных стадиях приготовления пенобетона.

Основной материал. Для решения поставленной задачи был реализован трехфакторный трехуровневый эксперимент по плану Бокса-Бенкина тип В-3. В эксперименте в качестве сырьевых материалов применяли бездобавочный портландцемент М500 Одесского цементного завода, карбонатный наполнитель из добычи известняка-ракушечника, поликарбоксилатный гиперпластификатор (Супер ПК), пенообразователь ПБ-2000. В качестве независимых переменных были выбраны факторы – диаметр распыла раствора по вискозиметру Суттарда, количество гиперпластификатора, время активации растворной смеси в скоростном смесителе. Первый из переменных факторов явля-

ется регулятором реологических условий, в которых формируется первичная структура пенобетона. Принимая во внимание ранее полученные экспериментальные данные, уровни этого фактора назначены в области оптимальных его значений. Второй фактор также влияет на реологические характеристики растворной смеси. Однако главная цель введения гиперпластификатора – это снижение расхода воды, при сохранении требуемой пластичности растворной смеси. Третий фактор и его уровни также назначены, исходя из априорной информации. Нижний уровень второго и третьего факторов выбраны таким образом, чтобы иметь контрольные точки для сравнения свойств пенобетонной смеси и пенобетона активированного и неактивированного. Полные сведения о факторах приведены в таблице.

Таблица 1 . Факторы, уровни и интервалы варьирования

№п/п	Наименование факторов	Уровни фактора			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
1	X ₁ - диаметр расплыва раствора, мм	280	320	360	40
2	X ₂ -количество добавки, мл	0	2,5	5	2,5
3	X ₃ - время активации, сек	0	30	60	30

Постоянные факторы - содержание наполнителя 30% от массы цемента; плотность пенобетонной смеси: 780 ± 10 кг/м³; предварительная активация сухой смеси.

Пенобетон приготавливали в следующей последовательности. Вначале готовили смесь сухих компонентов, состоящую из 70% цемента и 30% карбонатного наполнителя. В эту смесь, в соответствии с матрицей планирования эксперимента, в строках плана, где это предусмотрено, добавляли водный раствор гиперпластификатора. Эту смесь активировали в быстроходном лабораторном активаторе. Он представляет собой агрегат непрерывного действия с парой лопастей, вращающихся навстречу друг другу со скоростью 5500 об/мин. После этого в смесь добавляли воду до пластичности, обеспечивающей необходимый распыл раствора по вискозиметру Суттарда, согласно плану эксперимента. Приготовленную растворную смесь снова активировали, но в

другом, также быстроходном лопастном смесителе. После активации снова измеряли расплыв раствора. Из полученного раствора формовали образцы-призмы, размером 10x10x160 мм для определения активности растворной смеси. Затем в оставшуюся растворную смесь добавляли техническую пену, плотностью $50 \pm 5 \text{ кг/м}^3$ до получения пенобетонной смеси средней плотностью $780 \pm 10 \text{ кг/м}^3$. Пенобетонную смесь помещали в металлические формы-кубы с размером ребра 70 мм. В каждой строке формовали по шесть образцов. После суточной выдержки формы разопалубливали и образцы помещали в камеру нормального твердения. Активность вяжущего определяли по результатам испытаний образцов-призм после 28-ми суток выдержки по прочности на растяжение при изгибе и прочности при сжатии. Прочность пенобетона при сжатии определяли на высушенных до постоянной массы образцах на 7-е и 28-е сутки.

В результате реализации эксперимента были определены следующие свойства растворной и пенобетонной смеси, раствора и пенобетона: диаметр расплыва раствора после активации, активность вяжущего, плотность пенобетона в сухом и естественном состоянии, влажность, прочность при сжатии на 7-е и 28-е сутки. Основные результаты эксперимента приведены в таблице 2. Для всех исследуемых свойств были построены полиномиальные математические модели.

Частичный анализ результатов эксперимента проведем на примере прочности пенобетона на 28-е сутки твердения. В соответствии с поставленной задачей, в первую очередь интересуется влияние активации на прочность пенобетона. Следует отметить, что перед основным экспериментом был проведен предварительный. В нем были изготовлены образцы пенобетона трех составов: первый - без гиперпластификатора и активации сухой смеси; второй - с гиперпластификатором, но без активации и третий - с гиперпластификатором и активацией сухой смеси. Был получен пенобетон со следующими показателями по прочности при сжатии: первый - 0,7 МПа; второй - 1,4 МПа; третий - 2,1 МПа. Сравним эти результаты с результатами основного эксперимента. В частности, с прочностью пенобетона в 1 и 2-й строках плана (отсутствие активации), в 7-й и 8-й (механохимическая активация растворной смеси). При отсутствии активации прочность пенобетона на 28-е сутки твердения составляет 2,2 и 1,7 МПа. Активированный пенобетон имеет прочность, соответственно - 4,1 и 3,8 МПа. Такая же тенденция наблюдается и в ранние сроки твердения (7-е сутки). Таким образом, пенобетон с применением комплексной активации более чем в 5 раз прочнее пенобетона, полученного без применения активации.

Таблица 2. Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п.п.	Ø	Д	А	Диаметр до акт, мм	Диаметр после акт, мм	Влажность, %		Ср. плотность кг/м ³	Прочность пены, МПа		Прочность раствора, МПа	
						7-е сутки	28-е сутки		7 сутки	28 сутки	при сжатии	при изгибе
1	-	-	-	280	-	19	19,7	642	1,1	2,2	27,8	6,5
2	+	-	-	360	-	30	21,1	598	1,0	1,7	20,6	3,8
3	-	+	-	280	-	22	21,1	662	2,2	3,0	50,3	9,8
4	+	+	-	360	-	19	17,4	681	2,0	3,1	42,2	9,8
5	-	-	+	280	320	24	22,1	583	0,8	1,7	23,3	7,7
6	+	-	+	360	410	21	18,6	579	0,3	0,9	16,3	5,7
7	-	+	+	280	240	27	29,7	635	2,0	4,1	49,2	9,6
8	+	+	+	360	300	29	30,6	635	2,1	3,8	34,9	9,8
9	-	0	0	280	270	23	23,2	650	0,6	1,4	31,5	6,2
10	+	0	0	360	355	27	21,5	624	1,2	1,7	27,9	5,4
11	0	-	0	320	330	26	18,9	583	0,9	1,2	24,4	5,5
12	0	+	0	320	280	25	18,0	656	1,6	2,6	51,5	10,0
13	0	0	-	320	-	22	19,3	648	1,3	2,0	18,1	5,8
14	0	0	+	320	325	23	24,0	603	1,1	2,1	18,1	5,8
15	0	0	0	320	295	24	21,3	659	1,4	2,1	34,3	7,9

Анализ влияния переменных факторов на прочность пенобетона при сжатии проведен по изоповерхностям прочности в области ее максимальных значений (рисунок). Графики свидетельствуют, что все из выбранных переменных факторов оказывают влияние на прочность пенобетона. Наибольшее влияние оказывает совместное влияние добавки гиперпластификатора и активации растворной смеси в скоростном смесителе. С увеличением содержания добавки и продолжительности активации смеси прочность пенобетона повышается. Первый фактор (изменение диаметра распыла раствора) сказывается в меньшей степени. Это объяснимо, поскольку на основании априорной информации уровни изменения этого фактора сознательно были назначены в области оптимальных значений.

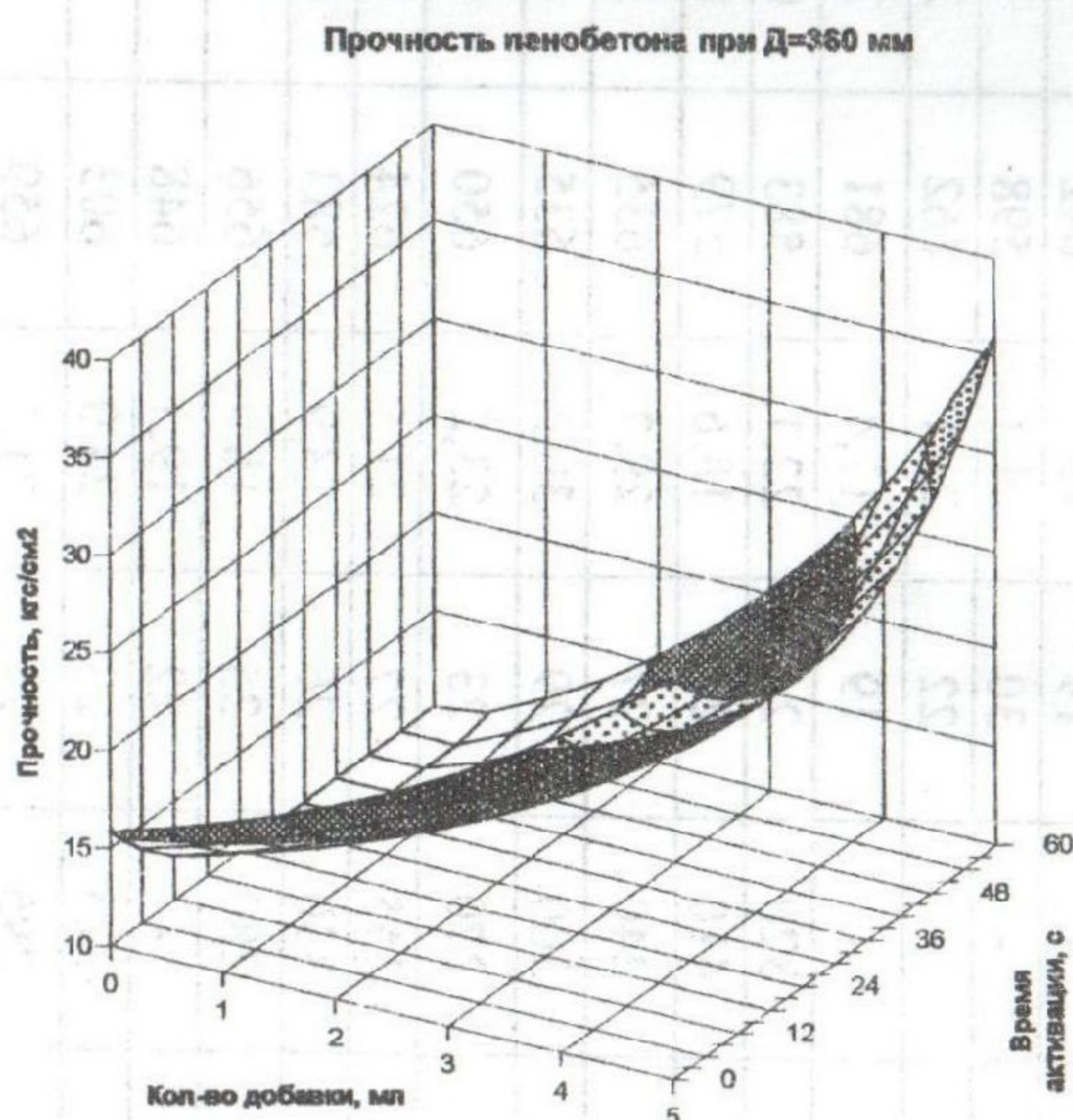


Рисунок. Изоповерхности прочности при сжатии пенобетона.

Выводы

1. Неавтоклавный пенобетон, полученный с применением комплексной активации на различных стадиях его приготовления, по прочностным показателям не уступает ячеистым бетонам автоклавного твердения.

2. Пенобетон с повышенными показателями прочности открывает перспективы:

- снижения его себестоимости за счет замены части цемента более дешевым наполнителем;
- снижения влажностной усадки за счет введения большего количества наполнителя и снижения водопотребности смеси;
- получения пенобетона пониженной плотности.

Summary

Results and the experiment analysis are given in article in which influence of various ways of activation of raw materials and a mixture on properties of foam concrete of a nonautoclave hardenes was studied.

Литература

1. Хинт А.И., Кузьминов В.А. Производство силикальцита и его применение в жилищном строительстве. – Таллинн: ГНТК СМ Эстонской ССР. – 1958. – 216 с.
2. Гранковский И.Г., Структурообразование в минеральных вяжущих системах. – К.: Наукова думка, 1984. – 300с.
3. Теория цемента / Пащенко А.А., Мясникова Е.А., Гумен В.С. и др. // под ред. Пащенко А.А. – К.:Будівельник, 1991. – 168 с.
4. Опекунов В.В. Конструкційно-теплоізоляційні будівельні матеріали на основі активованих сировинних компонентів. К.: Видавництво „Академперіодика”. – 2001. – 215 с.
5. Азелицкая Р.Д., Приходченко Н.А. Повышение прочности изделий за счет применения омагниченной воды // Акустическая и магнитная обработка веществ. – Новочеркасск, 1966. – С.31-36.
6. Королев К.М., Медведев В.М. Магнитная обработка воды в технологии бетона // Бетон и железобетон. – 1971.- № 8.- С.44-45.
7. Акустическая технология бетона // Ахвердов И.Н., Плющ Б.И., Глущенко В.М. и др. – М.: Стройиздат, 1976.-145 с.
8. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. – Одеса: „Астропринт”. – 2002. – 99 с.