

УДК 666.973.6

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СТУПЕНЧАТОЙ АКТИВАЦИИ
В ПРИГОТОВЛЕНИИ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

Ветох А.М., к.т.н., доцент,
Елькин В.В.,
Зелинский Д.В.,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
vetoh.ogasa@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты и анализ экспериментов, в которых было изучено влияние различных способов активации сырья и смеси на свойства пенобетона, а также предложена технологическая линия производства неавтоклавного пенобетона с различными способами активации.

Ключевые слова: пенобетон неавтоклавного твердения, внешняя активация, внутренняя активация, комплексная активация, наполнитель, прочность пенобетона.

**ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СТУПІНЧАТОЇ АКТИВАЦІЇ
ПІД ЧАС ПРИГОТУВАННЯ ПІНОБЕТОНУ НЕВТОКЛАВНОГО ТВЕРДІННЯ**

Ветох О.М., к.т.н., доцент,
Єлькін В.В.,
Зелінський Д.В.,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
vetoh.ogasa@gmail.com

Анотація. У статті наведені результати та аналіз експериментів, в яких було вивчено вплив різних способів активації сировини і суміші на властивості пінобетону, а також запропонована технологічна лінія виробництва неавтоклавного пінобетону з різними способами активації.

Ключові слова: пінобетон неавтоклавного твердіння, зовнішня активація, внутрішня активація, комплексна активація, наповнювач, міцність пінобетону.

**THE USE OF COMPLEX ACTIVATION STEP IN THE PREPARATION
OF FOAM CONCRETE NON-AUTOCCLAVE CURING**

Vetokh A.M., PhD., Assistant Professor
Elkin V.V.,
Zelinsky D.V.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
vetoh.ogasa@gmail.com

Abstract. The results of the analysis and experiments are shown in the article in which the influence of a complex activation was investigated, and the influence of carbonate and quartz – filled fuse on properties of foam concrete. This test measured the compressive strength of the foam in the dried state in the twenty-eighth day of the normally moisture curing. The experiment showed that the combined effect of external factors (mechanochemical activation of dry and mortar mixes)

and internal factors (the use of micro silica and plasticizer) provides medium density foam in dry strength 600 kg / m³ strength - 3.4 MPa.

The recommendations on the production of non-autoclave foam concrete hardening with pre-activation of the mortar mix were developed the technical and economic indicators are given and the results of the production implementation are shown.

The technological scheme is shown and the process of foam production with pre-activation is narrowly described.

Keywords: foam non-autoclave curing, external activation, the internal activation, the activation of complex, filler, the strength of foam concrete.

Введение. Пенобетон неавтоклавного твердения по сравнению с ячеистыми бетонами автоклавного твердения обладает невысокой прочностью и большой влажностной усадкой. Прочность строительных композитов на основе минеральных вяжущих, как правило, повышают за счет повышения активности вяжущего. Одним из наиболее эффективных способов повышения активности вяжущего является их 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). Кроме того, известны способы повышения химической активности уже измельченных вяжущих и наполнителей их обработкой в электрическом поле. А. Хинтом [1] предложен способ активации известково-кремнеземной смеси в механических устройствах-дезинтеграторах. Введение определенных химических добавок при помоле позволяет снизить затраты энергии на измельчение, а также придать впоследствии растворной смеси или готовому материалу определенные свойства. Наиболее распространение получили добавки ПАВ, а также добавки различного функционального назначения (регуляторы схватывания и твердения, морозостойкости и пр.).

Также применяются различные способы активации как жидкости затворения так и непосредственно строительных растворов. Известны способы омагничивания воды [2, 3], или обработки ее в постоянном электрическом поле. 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. Используется не только для уплотнения смеси, но и как элемент управления структурой материала (повторное вибрирование). Также для управления структурой и свойствами КСМ применяются и другие методы активации, основанные на различных физических явлениях – ультразвуковая, электроразогрев и пароразогрев. В работе [4] приводятся результаты исследования влияния аэрогидродинамического, электрогидравлического, термически-электрических воздействий на растворные смеси.

Достаточно эффективным способом является активация 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.

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.

Цели и задачи исследования. Повышение эффективности производства пенобетона неавтоклавного твердения за счет ступенчатой активации на различных стадиях его приготовления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– Изучить влияние различных способов активации и подобрать состав вяжущего для

пенобетона;

- изучить влияние видов наполнителей и добавок на свойства активированного неавтоклавного пенобетона;
- рассчитать технико-экономические показатели производства активированного неавтоклавного пенобетона;
- предложить технологические методы производства неавтоклавного пенобетона.

Объекты и методы исследования. Затвердевшая растворная составляющая и неавтоклавный пенобетон на комплексном вяжущем. Физико-механические характеристики исходных сырьевых материалов, а также пенобетона определить стандартными методами, регламентированными ДСТУ 2.7.- 45-96 «Строительные материалы. Бетоны ячеистые. Технические условия». Экспериментальные исследования проводили с применением стандартных методов, и методик. Водопотребность растворной смеси определяли диаметром расплыва раствора по вискозиметру Суттарда. При обработке результатов экспериментов использовали компьютерную расчетно-графическую систему Microsoft Excel.

Результаты исследования. Получение пенобетона неавтоклавного твердения на портландцементе с нормируемыми показателями по прочности без применения интенсификаторов, повышающих скорость и степень гидратации цемента, невозможно. Весьма эффективными интенсификаторами твердения портландцемента являются добавки на поликарбонатной основе и активация сухих компонентов и растворной составляющей пенобетона в скоростном смесителе. Эффективность еще более увеличивается при их взаимодействии, т.е. совместном применении добавки с одновременной активацией раствора, т.е. механохимической активацией.

Для проверки был реализован эксперимент, в котором изучалось влияние пластифицирующей добавки, вида наполнителя, активации растворной смеси в скоростном смесителе. Прочность пенобетона определяли по результатам прочности при сжатии.

На рис. 1 показаны результаты прочности пенобетона на кварцевом и карбонатном наполнителях. В первый состав входят цемент и заполнитель, во второй - цемент, наполнитель и пластифицирующая добавка. Третий состав включает вяжущее и наполнитель с активацией растворной смеси. Четвертый состав отличается от пятого добавлением пластифицирующей добавки. Пятый состав включает цемент и наполнитель и активацию сухой смеси. В шестой состав входит цемент, наполнитель, пластифицирующая добавка, сухая смесь активируется. В седьмом составе по сравнению с шестым производили активацию сухой и растворной составляющей. В восьмой состав входят цемент, наполнитель

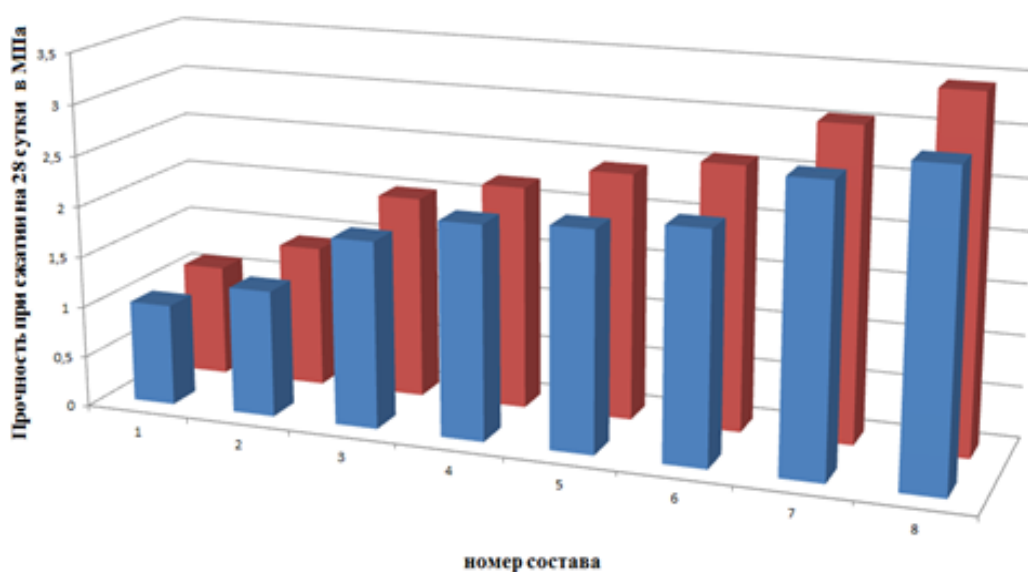


Рис.1. Прочность при сжатии неавтоклавного пенобетона на кварцевом (красный цвет) и карбонатном (синий цвет) наполнителе на 28 суток

и пластифицирующая добавка, эта смесь подвергается активации сухой и растворной составляющей.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что применение активации исходных сырьевых материалов, а также растворной смеси, увеличивает рост прочности неавтоклавного пенобетона. При сравнении прочности пенобетона на 28 сутки на кварцевом наполнителе состава №1 (принятого за базовый и состоящий из цемента и наполнителя), и состава номер 8, состоящего из цемента, наполнителя, пластифицирующей добавки и подвергшийся активации сухой и растворной смеси, прочность последнего увеличилась на 310% по сравнению с базовым составом. При сравнении прочности составов на карбонатном наполнителе, прочность состава №8 на 290% больше, чем прочность состава, взятого как контрольный.

На основании полученных данных экспериментальных работ [5 - 7], была предложена технологическая линия производства неавтоклавного пенобетона с различными способами активации.

Технологическая схема (рис. 2), представляет классический способ получения пенобетона неавтоклавного твердения, которая предусматривает отдельное приготовление цементного раствора и пены с последующим их смешиванием.

Для получения пены используется концентрат пенообразователя, и вода, которые дозируются по объему, затем их смешивают с получением рабочего раствора пенообразователя. Рабочий раствор пенообразователя поступает в пеногенератор, для получения пены. Цемент, песок, микрокремнезем и пластифицирующая добавка, активируются в быстроходном активаторе непрерывного действия с частотой оборотов 10000 об/мин. дозируются по массе, затем сырьевые материалы затворяются водой и из них изготавливают растворную смесь, которую тоже подвергают активации в скоростном смесителе. В пенобетоносмеситель подается пена из пеногенератора и растворная смесь. Далее пенобетонная смесь, приготовленная в пенобетоносмесителе, насосом транспортируется к месту укладки для формирования из нее различных строительных изделий.

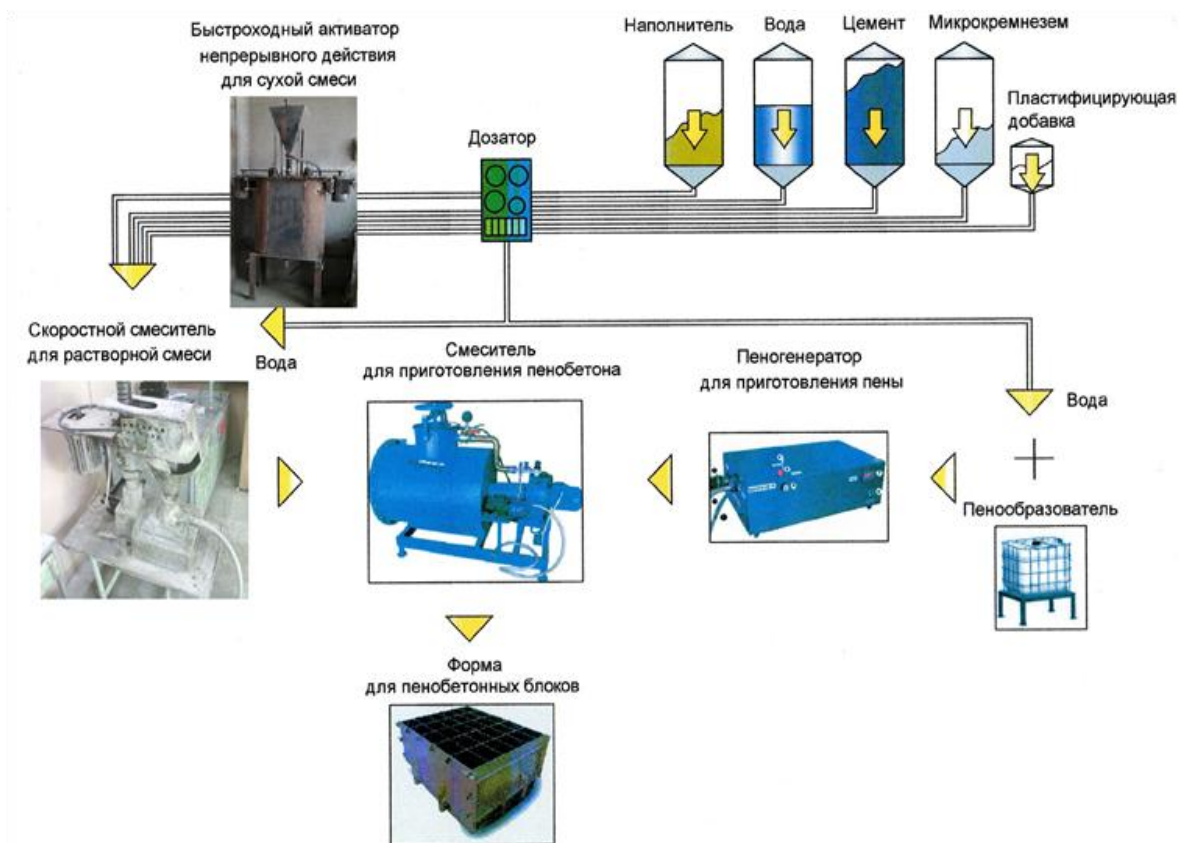


Рис. 2. Технологическая схема производства блоков из неавтоклавного пенобетона

Изменение соотношения компонентов и применение различных видов активации приводит к изменению физико-механических свойств материала и себестоимости продукции. Предложенная технологическая схема производства неавтоклавного пенобетона рассчитана на получение пенобетона плотностью D600 и марочной прочностью 2.8 МПа.

Неавтоклавный пенобетон является перспективным теплоизоляционным материалом, так как обладает повышенной надежностью и долговечностью, простотой технологических решений, невысоким уровнем производственных затрат при изготовлении.

В ходе проведения экспериментов полученный пенобетон неавтоклавного твердения, обладает рядом свойств, выводящих его на современный рынок теплоизоляционно-конструкционных материалов. Пенобетон, подвергнутый предварительной активации в скоростном смесителе, по физико-механическим показателям превосходит пенобетон, полученный по традиционной технологии. Однако эффективность новых технологических решений определяется не только свойствами материала, но и суммой материальных и энергетических ресурсов, затраченных на получение материала с требуемыми показателями качества.

Расчет сравнительной себестоимости производства базового материала, приготовленного по традиционной технологии, и произведенного с активацией составляющих приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Себестоимость производства 1м³ базового и предлагаемого теплоизоляционно-конструкционного материала при плотности 600 кг/м³

Наименование материалов и статей затрат	Традиционная технология		Механохимическая активация	
	Расходы составляющих, кг	Цена, грн.	Расходы составляющих, кг	Цена, грн.
Цемент	375	524,25	275	384,45
Наполнитель	160	12,09	235	17,75
Добавка	-	-	1,375	19,8
Пенообразователь	0,75	14,25	0,7	13,3
Сумма		550,59		435,3

Прочностные показатели предлагаемого пенобетона выше существующего пенобетона, приготовленного по традиционной технологии.

Расчеты приведены для пенобетона средней плотности 600 кг/м³. В основу расчета заложены следующие цены: цемент – 1398 грн/т., наполнитель – карбонатный – 115 грн/т., кварцевый песок – 125 грн/т., добавка – 14400 грн/т., пенообразователь – 19000 грн/т.

Таким образом, за счет применения комплексной ступенчатой активации составляющих пенобетона, обеспечивается снижение себестоимости 1м³ продукции по сравнению с традиционной технологией на 115,29 грн.

Данные технологии позволяют создать новый строительный материал, обладающий технологическими параметрами, приближенными к классическому пенобетону.

Выводы. Анализ результатов показал, что применения комплексной ступенчатой активации исходных сырьевых материалов, а также растворной смеси, увеличивает рост прочности неавтоклавного пенобетона. Применение пластифицирующей добавки привело к увеличению прочности на 28 сутки по сравнению с базовым составом, как с содержанием

кварцевого, так и карбонатного наполнителя. Карбонатный наполнитель проявил себя как более активный нежели кварцевый. Прочность при сжатии образцов неавтоклавного пенобетона на 28 сутки с использованием кварцевого наполнителя выше, чем соответствующие образцы с содержанием карбонатного наполнителя. Разница составляет 10-20% между соответствующими образцами разных видов наполнителя.

Предложена технологическая линия производства неавтоклавного пенобетона с различными способами активации, а также рассчитан экономический эффект сравнения вариантов традиционной технологии и предлагаемой, который показал, что при применении комплексной ступенчатой активации составляющих пенобетона обеспечивается снижение себестоимости на 1м³ продукции по сравнению с традиционной технологией на 115,29 грн.

Литература

1. Хинт А.И. Производство силикальцита и его применение в жилищном строительстве / А.И. Хинт, В.А. Кузьминов. – Таллинн: ГНТК СМ Эстонской ССР, 1958. – 216 с.
2. Арадовский Я.Л. Свойства бетона на магнитнообработанной воде / Я.Л. Арадовский, Р.Г. Тер-Осипянц, Э.М. Арадовская // Бетон и железобетон. – М.: 1972. – № 4. – С. 32–34.
3. Логанина В.И. Повышение активности воды затворения цементных систем акустическим полем / В.И. Логанина, Г.А. Фокин // Строительные материалы. – М.: 2008. – № 10. – С. 14–15.
4. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. / В.А. Китайцев – М.: Стройиздат, 1970. – 384 с.
5. Мартынов В.И. Возможные пути повышения прочности неавтоклавного пенобетона / В.И. Мартынов, Д.В. Зелинский, В.В. Елькин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: «Зовнішрекламсервіс», 2013. – № 50, ч. 1. – С. 200-210.
6. Мартынов В.И. Управление свойствами пенобетона с учетом процессов активации и самоорганизации / В.И. Мартынов, А.М. Ветох, В.В. Елькин // Разработка эффективных авиационных, промышленных, электротехнических и строительных материалов и исследование их долговечности в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов. Материалы международной научно-технической конференции. – Саранск, Издательство мордовского университета, 2013. – С. 215–219.
7. Мартынов В.И. Комплексная активация вяжущего и растворной смеси в технологии пенобетона / В.И. Мартынов, В.В. Елькин // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики. – Том 2. сб. науч. трудов. – Минск-Тула-Донецк, 2013. – С. 385- 391.