

- массива: Автореф. дис. докт. техн. наук: Национальный горный университет. - Днепропетровск, 2008. - 31 с.
2. Левит В.В. Геомеханические основы разработки и выбора комбинированных способов крепления вертикальных стволов в структурно неоднородных породах: Автореф. докт. техн. наук. Днепропетровск. 1999. - 36 с.
 3. Сыркин П.С., Ягодкин Ф.И., Мартыненко И.А., Нечаенко В.И. Технология строительства вертикальных стволов. — М.: Недра, 1997. - 456 с.
 4. Меренкова Н.В. Обоснование технологии возведения бетонной крепи вертикальных стволов с отставанием от забоя большими заходками: Автореф. дис. на соис. уч. степ. канд. техн. наук: Новочеркасск 2011. - 16 с.
 5. СНиП П-94-80. Подземные горные выработки / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1982. - 31 с.
 6. Вяльцев М.М. Прогноз и регулирование термонапряженного состояния горных выработок. - М., Недра, 1988. - 200 с.

УДК 666.972

КОМПЛЕКСНАЯ АКТИВАЦИЯ ВЯЖУЩЕГО И РАСТВОРНОЙ СМЕСИ В ТЕХНОЛОГИИ

Елькин В.В., Мартынов В.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Проведен анализ влияния комплексной активации вяжущего и растворной смеси на свойства неавтоклавного пенобетона. Выявлено, что изменяя рецептурно-технологические параметры, виды активации, можно управлять водопотребностью растворной смеси, тем самым изменяя свойства пенобетона.

Введение. В последнее время в строительстве начали широко применять конструкции и изделия из ячеистых бетонов, в том числе и из пенобетона. К преимуществам пенобетонных конструкций по сравнению с обычными железобетонными конструкциями можно отнести их небольшой вес и хорошие теплофизические характеристики.

Однако в технологии пенобетона остается достаточно много неизученных вопросов. В работах [1, 2] показано, что на начальной стадии структурообразования материалы плотной и пористой структуры ведут себя по-разному, что отражается на изменении характера влияния различных факторов на их свойства. Например, при плотности пенобетона 500 - 600 кг/м³ повышение водотвердого отношения (водоцементного), в отличие от материалов плотной строения, не приводит к снижению прочности. Причиной подобного поведения является различие в условиях формирования структуры, и как следствие в характере распределения твердой составляющей. На изменение водопотребности растворной смеси также оказывают влияние применение пластифицирующих добавок, механохимиче-

ской активации сырьевых материалов и растворной смеси [3 - 5] и, как следствие, на физико-механические свойства материала.

В связи с этим была проведена серия экспериментов, в которых изучалось влияние "внутренней" и "внешней" [6] активации на изменение водопотребности растворной смеси и основных свойств пенобетона.

Материалы и методики проведения исследований. В качестве вяжущего, при проведении экспериментов, был использован бездобавочный цемент ДО марки М500. В виде наполнителя использовался карбонатный и кварцевый песок. Соотношение между цементом и наполнителем было постоянным и составляло 70 и 30 % соответственно. Пластифицирующей добавкой служил Sika® ViscoCrete®225. В качестве активной минеральной добавки использовали высокодисперсный микрокремнезем. Экспериментальные работы проводили в два этапа. На первом – подбирали состав вяжущего для пенобетона. Для этого вначале приготавливали сухие компоненты, в соответствии с требуемым составом. Активацию сухих компонентов смеси производили в быстроходном активаторе непрерывного действия. Затем полученную смесь затворяли водой и активировали в скоростном смесителе. Полученную растворную смесь использовали для формования балочек размерами 40x40x160 мм. После приобретения разопалубочной прочности образцы извлекали из форм и помещали в камеру нормального твердения. Параметры среды – температура 20 ± 2 °С и влажность – 98 %. После 28 суток твердения образцы испытывали.

На втором этапе изучалось влияние рецептурно-технологических факторов на изменение физико-механических свойств пенобетона. При приготовлении пенобетона необходимое количество воды, перемешивали с компонентами сухой смеси. Водопотребность смеси контролировали по показателю диаметра расплыва раствора по вискозиметру Суттарда. Полученную смесь активировали в трибоактиваторе и вновь определяли изменение диаметра расплыва раствора. После этого в лабораторном пеногенераторе механического действия – диспергационным способом получали техническую пену, плотностью 65 ± 5 кг/м³. Затем пену добавляли в растворную смесь, до получения пенобетонной смеси плотностью 780 ± 10 кг/м³, что обеспечивает получение пенобетона марки D600. После приобретения разопалубочной прочности образцы извлекали из форм и помещали в камеру нормального твердения и испытывали на 28-е сутки твердения. При обработке результатов экспериментов на ЭВМ использовали расчетно-графическую систему COMPEX, а для построения однофакторных зависимостей расчетно-графическую программу EXEL.

Контролируемые параметры растворной смеси: водопотребность растворной смеси по В/Т (водотвердое отношение), прочность на растяжение при изгибе и сжатии на 28-е сутки твердения.

На первом этапе исследований изучалось влияние пластифицирующей добавки, способов активации сухих компонентов и растворной смеси на ее водопотребность, а также на прочность в затвердевшем состоянии. Было проведено два эксперимента: на карбонатном и кварцевом наполнителях. Составы, условия и результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Графическая интерпретация результатов изображена на рис. 1 и 2.

График, приведенный на рис. 1, свидетельствует, что механоактивация, как в скоростном смесителе, мокрым способом, так и активация в активаторе для сухих смесей, а так же применение пластифицирующей добавки влияет на изменение водопотребности растворной смеси.

Таблица 1.

№	Пластифицирующая добавка % от вяжущего	Активация в быстросходном активаторе непрерывного действия	Активация в скоростном смесителе	Водо-твердое отношение	Прочность МПа	
					На изгиб	На сжатие
1	0,1			0,35	1,15	29,1
				0,41	1,1	25,8
2	0,1			0,22	1,2	38
				0,28	1,15	31,6
3		+		0,40	1,22	42,2
				0,41	1,18	38,1
4	0,1	+		0,3	1,3	47,2
				0,37	1,2	44,3
5			+	0,37	1,27	48,1
				0,43	1,2	45,3
6	0,1		+	0,24	1,36	52,5
				0,3	1,24	49,6
7		+	+	0,42	1,3	57,8
				0,48	1,25	51,1
8	0,1	+	+	0,34	1,42	69,1
				0,4	1,3	60,7

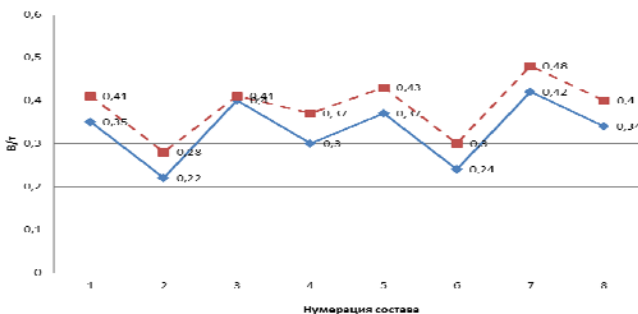


Рис. 1. Водотвердое отношение растворной смеси.
 Кварцевый наполнитель – сплошная линия.
 Карбонатный наполнитель – пунктирная линия

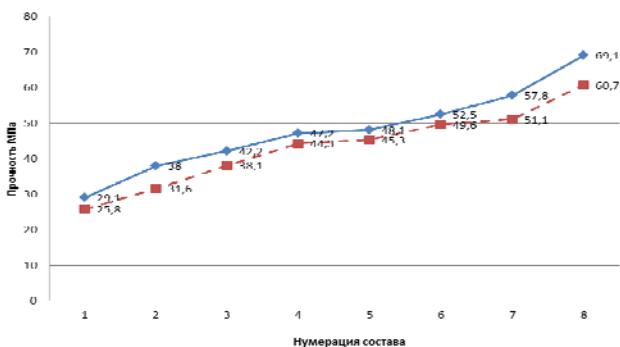


Рис. 2. Прочность при сжатии затвердевшей растворной смеси.
 Кварцевый наполнитель – сплошная линия.
 Карбонатный наполнитель – пунктирная линия.

Также следует отметить, что при использовании кварцевого наполнителя водопотребность меньше, в сравнении с карбонатным наполнителем. Однако, прочность растворной смеси на кварцевом наполнителе несколько больше, чем на карбонатном (рис. 2.)

На следующем этапе исследований определялись свойства пенобетона. Для этого был реализован трехфакторный эксперимент с применением математико-статистических методов планирования эксперимента. При выборе независимых факторов и уровней их варьирования были учтены результаты первых экспериментов. В качестве таких факторов были выбраны: X_1 – диаметр распыла раствора по вискозиметру Сутгарда; X_2 – содержание пластифицирующей добавки; X_3 – содержание активной минера-

льной добавки. Для первого фактора X_1 – интервал варьирования 280 ± 40 , для второго фактора X_2 – интервал варьирования $0,1 \pm 0,1$. Для третьего фактора X_3 – интервал варьирования 5 ± 5 . После реализации и обработки результатов эксперимента были рассчитаны математические модели водотвердого отношения и прочности при сжатии пенобетона на 28 сутки твердения.

Математическая модель водотвердого отношения пенобетона на кварцевом и на карбонатном наполнителе соответственно:

$$В/т = 0,61 + 0,028x_1 - 0,085x_2 + 0,058x_3 - 0,03x_{33}^2 - 0,25x_{23}$$

$$В/т = 0,65 + 0,043x_1 - 0,099x_2 + 0,103x_3 + 0,019x_{11}^2 + 0,009x_{22}^2 - 0,035x_{23} - 0,023x_{12} + 0,015x_{13}$$

Математическая модель прочности пенобетона на кварцевом и на карбонатном наполнителе соответственно:

$$R_{сж} = 2,964 - 0,196x_1 + 0,195x_2 + 0,418x_3 + 0,2088x_{23} + 0,0787x_{13} - 0,326x_{33}^2 - 0,0713x_{12}^2$$

$$R_{сж} = 2,71 - 0,072x_1 + 0,126x_2 + 0,371x_3 + 0,1x_{23} - 0,076x_{22}^2$$

На основании математических моделей построены графические зависимости.

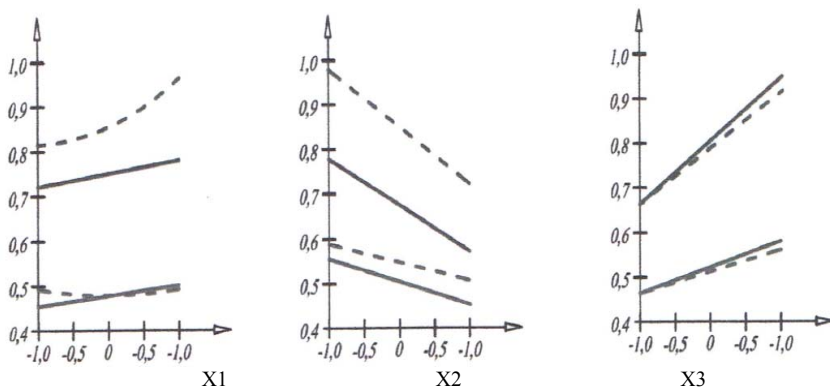


Рис. 3. Однофакторные зависимости водотвердого отношения.

Кварцевый наполнитель – сплошная линия.

Карбонатный наполнитель - пунктирная линия

На приведенном рис. 3 видно, что при увеличении диаметра расплава раствора на кварцевом наполнителе, водотвердое отношение линейно возрастает. При использовании карбонатного наполнителя водотвердое отношение, при минимальных и максимальных значениях, отображается в виде параболы. На графике также видно, что карбонатный наполнитель обладает большей водопотребностью по сравнению с кварцевым наполнителем. Пластифицирующая добавка на поликарбоксилатной основе уменьшает водотвердое отношение растворной смеси, как на кварцевом, так и на карбонатном наполнителях.

Это видно на однофакторных зависимостях, где при минимальных и максимальных значениях водотвердое отношение уменьшается, при использовании обоих наполнителей. Высокоактивная добавка, микрокремнезем, увеличивает водопотребность раствора, как на кварцевом, так и на карбонатном наполнителе.

Общая картина влияния переменных рецептурно-технологических факторов на прочность пенобетона наглядно проиллюстрирована на полях изоповерхностей прочности пенобетона на 28-е сутки (рис. 4, 5).

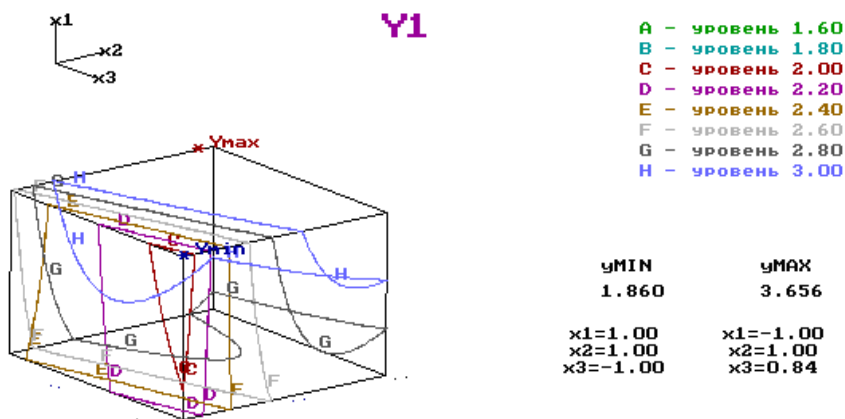


Рис. 4. Изоповерхности прочности пенобетона на кварцевом наполнителе на 28-е сутки

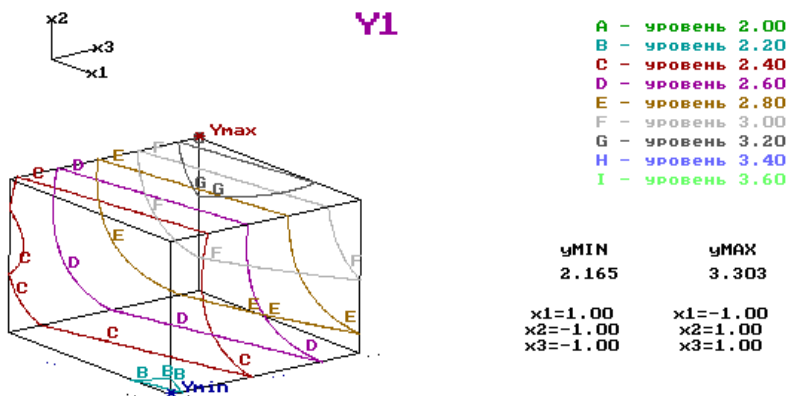


Рис. 5. Иповерхности прочности при сжатии наполнителя пенобетона на карбонатном наполнителе на 28-е сутки

Здесь же приведены условия получения пенобетона с максимальными и минимальными показателями прочности.

Выводы.

1. Результаты эксперимента свидетельствуют, что применение внутренней и внешней активации исходных сырьевых материалов, а также растворной смеси позволяют в значительной мере повысить прочность неавтоклавного пенобетона.

2. В результате реализации эксперимента получен комплекс моделей основных свойств пенобетона на основании которых определены характер и степень влияния переменных факторов на его свойства.

Литература

1. Мартынов В.И., Выровой В.Н., Орлов Д.А. Анализ структурообразования и свойств неавтоклавного пенобетона. М.: Строительные материалы. №1, 2005, с.48-49.
2. Мартынов В.И., Выровой В.Н., Орлов Д.А. Особенности структурообразования и пути улучшения свойств неавтоклавного пенобетона. Киев, Строительные материалы и изделия. №2, 2005, с. 17-21.
3. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.Фиц.-Одесса: Внешрекламсервис, 2004.-271с.
4. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой. – Одесса: Місто майстрів, 1998.-168с.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978.-454с.
6. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. – Одеса: „Астропринт”. – 2002. – 99 с.