

# О МЕТОДАХ, УЛУЧШАЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ И СТРУКТУРУ “ЛЕГКИХ” ПЕНОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Сидоренко Ю.В., Стрелкин Е.В.

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара*

Как было отмечено ранее [1-4], в индукционном периоде подготовки “легкой” пенобетонной смеси она представляет собой 3-х фазную гетерогенную систему взаимодействующих континуумов – газового, жидкого и твердого. При плотности менее  $500 \text{ кг/м}^3$  в процессе подготовки смеси система может терять устойчивость, т.е. расслаиваться на отдельные фазы. Причина заключается в наличии свободной жидкости (воды), которая выполняет важную роль в технологическом процессе. Под действием гравитационного синерезиса [5] свободная вода стекает по стохастической системе капилляров. Чем больше стекание, тем система быстрее расслаивается.

В процессе движения свободной воды перемычки между газовыми порами теряют прочность, и происходит объединение пузырей, как на принципах коалесценции, так и коволюции. Имеющиеся мелкие твердые частицы не в состоянии связать всю жидкую фазу, т.к. количество пустот между ними будет ограничено. При уходе воды из перемычки за счет явлений экстракции микрокластеры начнут уплотняться и ослаблять воздушные поры.

В технологии легких пенобетонов предложено немало методов стабилизации структуры – применение пластификаторов, введение армирующих элементов, предварительная гидратация цемента; наиболее эффективным и простым способом является применение микронаполнителей и уменьшение дисперсности твердой фазы, что приводит к повышению упруго-вязких свойств межпоровой перегородки [6, 7, 8 и др.].

Потерю устойчивости легкого пенобетона можно рассматривать на микроуровне, т.е. применительно к отдельной межпоровой перемычке, так и на макроуровне – по отношению к выделенному единичному объему. Решение второй задачи позволило бы, на наш взгляд, определить количественную теоретическую скорость расслоения пенобетонной смеси и выявить влияние на нее различных факторов.

Наш анализ влияния гидродинамических факторов на процесс устойчивости смеси (в индукционном периоде) указывает на малое количество работ в этой области. Трудность моделирования 3-х фазных систем связана с оценкой межфазных взаимодействий по границам фаз. Учитывая это, мы предлагаем рассматривать 2-х фазную модель, состоящую из твердожидкостной несущей фазы и газотвердожидкостной фазы. Действительно, при формировании структуры легкого пенобетона газовая фаза является тем каркасом, на котором концентрируется твердая фаза (явление “бронирования”). Твердая фаза, кроме того, удерживается в области газовой поры связанной водой. Так образуется комбинированный кластер из газовой поры (пузыря), твердых частиц и связанной воды. Подобные кластеры и образуют пористую систему, по каналам Плато которой и будет стекать свободная жидкость на поддон формы.

Присоединение твердых частиц к кластеру будет определяться балансом Ван-дер-ваальсовой, электростатической, расклинивающей составляющими межчастичного взаимодействия, кинетической энергией присоединенной частицы. При значительной кинетической энергии частица может разрушить кластер или под действием свободной воды покинуть его зону. Частицы, не вошедшие в такие кластеры, будут утолщать перемычку, т.е. тем самым способствовать увеличению плотности пенобетона или кольматировать поры. Кстати, правомерность перехода к двухфазной системе находит подтверждение, например, в работах В.Н. Феклистова [9] по оценке формирования пенобетонной структуры различной плотности.

Предложенная схема позволяет применить традиционный подход к разрушению пены – движение фронтов по жидкой и газовой фазам, и сформировать математическую модель процесса для изотермических условий.

Как известно, для повышения устойчивости сложной системы требуется комплекс управляющих воздействий [10]. Отметим, что процессы, происходящие в подобных системах, теоретически изучаются на локальном уровне, по отношению к отдельному капилляру, пленке, пузырю и т.п. Между тем, необходимо рассматривать такую систему как целостную структуру и формировать ее устойчивость, исходя из принципов синергетики. Применение синергетического подхода к пеноминеральным системам (“легкого” пенобетона, в частности) практически не освещалось в технической литературе.

По нашему мнению, синерезис жидкости – это синергетический процесс, связанный с ее переходом через систему разветвляющихся каналов. При нарушении гидростатического равновесия в отдельном канале он становится заполненным жидкостью, и своей гравитационной составляющей приводит к заполнению и соседний канал. Постепенно формируется бесконечный кластер, и при его окончательном заполнении свободная вода начинает стекать на дно формы. Очевидно, на время заполнения бесконечного кластера влияет высота столба пены – чем он больше, тем раньше наступает потеря неустойчивости. Таким образом, начало стока жидкости - это точка перколяции, спонтанный процесс. С увеличением времени мощность перколяционного кластера становится больше, то есть образуются новые параллельные линии стока, и процесс синерезиса ускоряется. Истечение свободной жидкости по бесконечному кластеру приводит к утонению перемычек и образованию фронта разрушения газовых пузырей. Практически необходимо стремиться к тому, чтобы величина  $h_c$  была больше по времени (т.е. столб пены устойчив). Свойства пен и их характеристики необходимо вводить, как технологические параметры, в инженерные расчеты производства “легких” пенобетонных изделий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко Ю.В. О подходах к задаче математического моделирования процессов структурообразования пенобетонов. // Моделирование. Теория, методы и средства: Материалы 5-й Международной научно-практической конференции.- Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2005. – Ч.1.- С. 33-39.
2. Сидоренко Ю.В., Стрелкин Е.В. К вопросу о теоретических основах структурообразования пенобетонов с учетом влияния гидродинамических и поверхностных процессов. // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції “Науковий потенціал світу-2005”. Том 10.– Дніпропетровськ: Наука і освіта. – Україна. – 2005.- С. 21 – 26.
3. Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В. Возможности моделирования поризованных систем // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: Материалы 62-й Всероссийской научно - технической конференции. Самара. 2005. Ч.1. С. 269 - 270.
4. Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В. Моделирование процессов структурообразования пенобетонов // Успехи современного естествознания.- М.: Академия естествознания. -2005. -№ 5.- С. 51 – 52.
5. Канн К.Б. Капиллярная гидродинамика пен. - Новосибирск: Наука, 1989.
6. Власов В.К. Закономерности оптимизации состава бетона с дисперсными минеральными добавками. //Бетон и железобетон. -1993. -№4. -С.10-12.
7. Гусенков С.А., Удачкин В.И., Галкин С.Д. и др. Теплоизоляционные и стеновые изделия из безавтоклавного пенобетона. // Строительные материалы. - 1999. - № 4. - С. 10-11.
8. Красный И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителей. // Бетон и железобетон. -1987. -№5. -С.10-11.
9. Феклистов В.Н. К оценке формирования пенобетонной структуры различной плотности. // Строительные материалы. – 2002.- №10.- С.16.
10. Сидоренко Ю.В. Строительно-технологическая производственная система как объект моделирования. // Фундаментальные исследования. - М.: Академия естествознания. -2006. - № 4. – С. 35-37.