

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВОВ ПЕНОБЕТОНА С УЧЕТОМ ЯВЛЕНИЙ САМООРГАНИЗАЦИИ

**Бойко Т.В., ассистент, Мартынов В.И., к.т.н., доц.,
Садовский Г.П., к.т.н., доц., Мартынов А.В., аспирант**

(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Одним из важнейших этапов в создании многокомпонентных композиционных материалов, в том числе и строительных, является этап подбора исходных сырьевых материалов и их соотношений. От подбора состава будущего материала зависят его конечные качественные и экономические показатели. В технологии строительных материалов разработано достаточно большое количество различных методов и способов подбора составов. Обобщая, их можно разделить на два вида – расчетно-экспериментальные и экспериментально-расчетные методы. Так, например, основной метод проектирования составов тяжелого бетона – метод абсолютных объемов носит расчетно-экспериментальный характер [1]. По этому методу вначале используют исходные предпосылки, выраженные в математической форме, а также различную эмпирическую информацию, обобщенную в виде таблиц, графиков и номограмм рассчитывается предварительный состав компонентов. Затем на основании этого состава приготавливаются по соответствующей технологии лабораторные образцы, которые испытываются в соответствующем возрасте и определяются требуемые характеристики. После этого сравниваются полученные показатели с требуемыми по проекту. В случае совпадения этих показателей состав рекомендуется к применению в производстве изделий. Если показатели не совпадают, производится повторный цикл. Вновь рассчитывается или корректируется предыдущий состав, изготавливаются и испытываются образцы до тех пор, пока не будет достигнут требуемый результат. Как видно из описания, этот метод достаточно длительный и трудоёмкий. Кроме того, методика не учитывает особенностей структурообразования материала. Экспериментально-расчетные методы назначения составов предусматривают на первой стадии проведение многофакторного эксперимента по получению модели будущего материала с использованием исходных сырьевых материалов с известными физико-механическими свойствами. Модели материалов, как правило, изготавливаются в виде образцов, размерами, утвержденными стандартами. В ряде случаев изготавливают модели в виде конструкции или уменьшенной копии изделия. Эксперимент проводят по стандартным двух- или трехуровневым планам [1]. Изменяемые в эксперименте факторы назначают на основании априорной информации. Влияние остальных многочисленных факторов стараются свести к минимуму, проводя эксперимент в неизменных условиях. После получения модельных образцов и их затвердевания в соответствующем возрасте производят их испытания, определяя требуемые физико-механические характеристики. Полученные физико-механические характеристики служат основанием для расчета по соответствующим алгоритмам и программам математических моделей исследуемых свойств. По полученным моделям строятся различные виды графических зависимостей свойств от исследуемых факторов. Модели также служат основанием для назначения составов с необходимыми физико-механическими и реологическими (если они исследовались) характеристиками. Для окончательной рекомендации составов в производство материала или изделия требуется дополнительная их проверка непосредственно в условиях производства. Только после этого, если результаты совпадают, производят окончательную рекомендацию этих составов в производство.

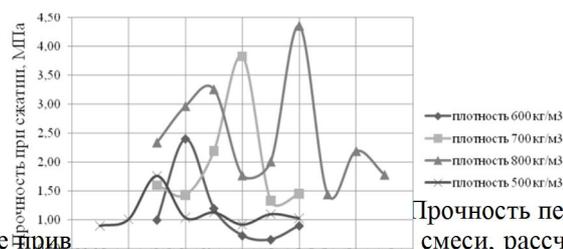
Экспериментально-расчетные методы подбора составов бетона также имеют ряд недостатков. Это и достаточно длительный период в получении конечного результата, высокая трудоёмкость. Кроме того, результаты распространяются только для бетонов, полученных на материалах с теми же характеристиками, что и в эксперименте. Неизвестно влияние, так называемых, неконтролируемых факторов («уровень шума»). В ряде случаев их влияние может быть достаточно значительным. Кроме того, подобный метод заранее предусматривает, что влияние факторов на исследуемые свойства имеет непрерывный и монотонный характер. Т.е. функция описывается либо линейным, полиномиальным либо логарифмическим уравнением. В работе [2] показано, что данное предположение не всегда справедливо. Этот метод также не учитывает особенностей структурообразования и структуры материала.

Проектирование составов ячеистых бетонов еще более затруднительно, ввиду того, что наряду с прочностью необходимо также (даже в первую очередь) получить материал с необходимой плотностью. В учебной и технической литературе приводится один метод проектирования составов ячеистых бетонов. Метод носит расчетно-экспериментальный характер [3]. При расчете используется достаточно много различных коэффициентов, а также эмпирических табличных данных. Метод предусматривает расчет состава ячеистого бетона, обеспечивающего необходимую его плотность. При этом подразумевается, что требуемая прочность будет достигнута, на практике же этого добиться достаточно сложно. Поэтому процесс подбора составов ячеистого бетона может содержать несколько циклов расчета и корректировки.

В работах [2,4] на примере пенобетона и пеногипса приведены результаты экспериментальных исследований влияния содержания жидкой, твердой и газовой фаз на их прочность. Основанием для исследований послужила гипотеза о возможном наличии таких соотношений фазовых составляющих, при которых в пенобетонной смеси создаются наиболее благоприятные условия для структурообразования.

Подобное явления присуще самоорганизующимся системам и получило название «принципа кратных отношений» [5]. Экспериментальные результаты подтвердили высказанное предположение.

На рисунке 1 приведены графики влияния содержания твердой фазы на прочность пенобетона в зависимости от содержания твердой фазы для различной плотности пенобетона. Графики свидетельствуют, что влияние содержания твердой фазы на прочность пенобетона (для равноплотных бетонов) имеет колебательный характер с ярко выраженными «пиковыми» точками. Причем, что важно, пики носят «плавающий» характер. Для каждой плотности пенобетона существуют такие содержания твердой фазы (соотношение между твердой и жидкой фазами) при которых достигается максимальная прочность. В результате этого было высказано предположение о возможности разработки методики расчета составов пенобетона, учитывающей особенности его структурообразования.



В таблице приведены значения прочности пенобетона смеси, рассчитанные по стандартной методике и по методике, базирующейся на основании зависимости, приведенных на рисунке. В таблице также приведена прочность затвердевшего пенобетона в сухом состоянии на 28-е сутки твердения в нормально-влажностных условиях. Стандартный расчет произведен в соответствии с методикой и формулами, приведенными в разделе 4 СН-277-80 [3]. Расчет состава производили из условия получения пенобетона проектной плотностью в сухом состоянии 600 кг/м³. В качестве вяжущего применялся бездобавочный портландцемент марки 500, кремнеземистый компонент – песок кварцевый. Удельная поверхность песка – 2800 см²/г. Исходные данные для расчета: отношение кремнеземистого компонента к вяжущему из таблицы 2 для безавтоклавного ячеистого бетона составляло 0,75. Водотвердое отношение подбирали экспериментально для обеспечения диаметра расплыва раствора по вискозиметру Суттарда – 260 мм (таблица 3 Инструкции). Формулы для расчета составляющих пенобетонной смеси 5-11.

Таблица. - Составы и свойства пенобетона

Методик а	Расход составляющих, кг/м ³			Диаметр, р, мм	В/Т	Фактическая плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
	Цемент	Песок	Вода				
1*	311	234	174	260	0,32	615	0,7
2	382	163	315	380	0,58	605	1,8

*Примечание: 1- стандартная методика, 2- предложенная методика.

Расчет составов пенобетонной смеси по второй методике базируется на графических зависимостях, приведенных на рисунке. В соответствии с ним максимальна прочность пенобетона плотностью 600 кг/м³ достигается при содержании твердой фазы 0,36. Следует отметить, что содержание твердой фазы рассчитывали по объемным соотношениям компонентов. Общий расход сухих компонентов такой же, как и в стандартном составе. Содержание кремнеземистого компонента назначалось, исходя из предыдущей экспериментальной информации, и составляло 0,3 по массе. Количество пены, плотностью 45 кг/м³, вводили в количестве, обеспечивающее получение пенобетонной смеси плотностью 780 кг/м³.

Результаты по прочности пенобетона, приведенные в таблице, свидетельствуют, что пенобетон, приготовленный из состава по предложенной методике, более чем в два раза превышает пенобетон, состав которого рассчитан по стандартной методике. Кроме того, следует отметить, что во втором случае с первой попытки получен пенобетон, удовлетворяющий требованиям ДСТУ.

Вывод

Предложенная методика расчета составов пенобетона учитывает явления самоорганизации систем. При накоплении достаточного количества информации может быть разработан универсальный метод проектирования составов пористых строительных композитов, позволяющий назначать составы с минимальной затратой временных и материальных ресурсов.

SUMMARY

Substantive provisions of a design procedure of structures of the foam concrete considering the phenomena inherent selforganizing to systems are offered.

Литература

1. Руководство по подбору составов тяжелого бетона // НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Госстройиздат. – 1987. – 101 с.
2. Бойко Т.В., Мартынов В.И., Богацкая А.А., Кшнякин В.С... Исследования влияния соотношений фазовых составляющих на свойства пенобетонов. / В.И. Мартинов, Д.А. Орлов, Т.В. Бойко // 47 Международный семинар по моделированию и оптимизации композитов. – Одеса, квітень, 2008г - С.82-88.
3. СН 277-80. Инструкция по изготовлению ячеистых бетонов(Госстрой СССР). М.: Стройиздат, 1981, 41 С.
4. Бойко Т.В., Мартынов В.И. Влияние соотношений фазовых составляющих на характер распределений твердой фазы и свойства пенобетона. / В.И. Мартинов, Т.В. Бойко // Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: МІСТО МАЙСТРІВ. - 2008. - №31. – с.26-35.
5. Сорокко Э.М. Структурная гармония систем. Минск, Наука и техника, 1984, 263 с.