

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЄКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ "НДІБМВ"

ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ САНІТАРНОЇ ТЕХНІКИ І ОБЛАДНАННЯ
БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД "ДНДІСТ"

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

Засновано у 1978 р. Постановою ВАК України від 11 жовтня 2000 р. № 1-03/8 збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (бюлетень ВАК України, № 6, 2000 р.)

ВИПУСК 32

Товариство "Знання" України

2009 р.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка

Науково-технічний збірник. – Випуск 32. – 2009 р.

У збірнику представлено матеріали, що висвітлюють питання теорії та практик досліджень, виробництва і застосування традиційних та нових будівельних матеріалів і виробів, результати науково-дослідних робіт в галузі розробки, промислового виробництва та застосування виробів з ніздрюватих бетонів, в'язучих, добавок, кераміки, сухих будівельних сумішей, теплоізоляційних матеріалів, полімерних матеріалів, виробів на основі гіпсу.

Призначається для спеціалістів науково-дослідних та проектних інститутів, вищих освітніх закладів, інженерно-технічних працівників будівельної галузі.

Співзасновники:

Державне підприємство "Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів "НДЦБМВ"

Державний науково-дослідний інститут санітарної техніки і обладнання будівель і споруд "ДНДІСТ"

Головний редактор: Сай В.І. – канд. техн. наук.

Редакційна колегія: Дудніков А.П. – канд. техн. наук, Крупа А.А. – доктор техн. наук, Лаповська С.Д. – канд. техн. наук, Макаров А.С. (заст. головного редактора) – канд. техн. наук, Націєвський Ю.Д. – канд. техн. наук, Олійник О.Я. – доктор техн. наук, Рудницький А.І. – канд. техн. наук, Рунова Р.Ф. – доктор техн. наук, Свідерський В.А. – доктор техн. наук, Свечук М.П. – канд. техн. наук, Сербін В.П. – доктор техн. наук, Сердюк В.Р. – доктор техн. наук, Худзівко А.А. – доктор техн. наук, Червяков Ю.М. – канд. техн. наук, Черняк Л.П. – доктор техн. наук, Чистяков В.В. – доктор техн. наук.

Відповідальний секретар: Палієнко О.О. – канд. техн. наук

Збірник зареєстровано Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України КВ № 4126 від 27.03.2000 р.

Збірник розглянуто на засіданнях вченої ради НДЦБМВ, схвалено та рекомендовано до друку, протокол № 2 від 15 квітня 2009 р.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за достовірність приведених відомостей, точність даних з цитованої літератури та відсутність у статтях даних, що не підлягають до відкритої публікації.

Адреса редакції: 04080, Україна, м. Київ-80, вул. Костянтинівська, 68
Тел. +38(044) 417 72 57, 417 07 15, 417 80 85

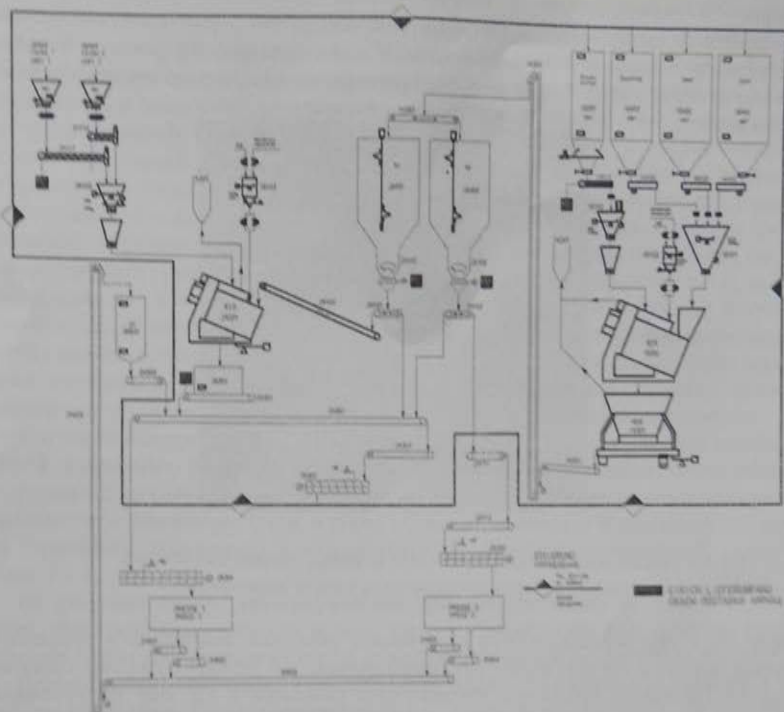
Видавець: Інформаційно-видавничий центр Товариство "Знання" України,

04080, м. Київ, вул. Фрунзе, 86
ТОВ "ЗАДРУГА"
Тел. +38(044) 239-19-77

<i>Лаповська С.Д., Волошина Т.М.</i> НІЗДРЮВАТІ ФІБРОБЕТОНИ – КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА	75
<i>Левченко В.М.</i> АСОЦІАЦІЯ ВИРОБНИКІВ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ РОСІЇ: ОБ'ЄДНАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ГАЛУЗІ	78
<i>Маркус Вальтер</i> СУЧАСНЕ ВИГОТОВЛЕННЯ СИЛКАТНОЇ МАСИ	80
<i>Мартинюк В.І., Вировой В.М., Мартинюк Є.В., Ветях О.М., Бойко Т.В.</i> АНАЛІЗ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ, СТРУКТУРИ ТА ВЛАСИВОСТЕЙ ПОРИСТИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ	82
<i>Паплавскис Я. М.</i> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ВЛАСИВОСТІ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ	88
<i>Прахов С.Б.</i> СПЕЦІАЛІЗОВАНІ АЛЮМІНІЄВІ ГАЗОУТВОРЮВАЧІ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	94
<i>Рудченко Д.Г.</i> ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕКОНОМІЇ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ ВИРОБІВ З НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ НА ЗАВОДАХ АЕРОК	97
<i>Сажисев М.П., Сажисев М.М.</i> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА УДАРНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА НІЗДРЮВАТОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ	102
<i>Сахаров Г.П.</i> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ «РИНКОВИЙ» НІЗДРЮВАТИЙ БЕТОН	107
<i>Сердюк В.Р., Міщенко О.О.</i> СИРОВИННА БАЗА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ	110
<i>Страшук С.В., Багасва Т.Ю., Щепашенко Т.А.</i> ГАЗОБЕТОН НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ – ТЕХНОЛОГІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ	115
<i>Філатов А.М., Вудгуд Т.М., Іваненко В.О.</i> ПРО ПОРИЗАЦІЮ СИРОВИННОЇ СУМІШІ В ТЕХНОЛОГІЇ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ	120
<i>Червяков Ю.М.</i> ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА НІЗДРЮВАТОБЕТОННИХ ВИРОБІВ В УКРАЇНІ	126
<i>Якимечко Я., Петровська Н., Страшук С., Мельник А.</i> ПРО РОЛЬ ВАПНА В ФОРМУВАННІ СТРУКТУРИ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ	128

В'язучі, важкі бетони

<i>Гасан Ю.Г., Червенко Є.М.</i> ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ГПСОВМІЩУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЗДОБЛЕННЯ ФАСАДІВ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ САДОВО-ПАРКОВОЇ АРХІТЕКТУРИ	132
--	-----



УДК 666.973.6

Мартынов В.И., начальник НИЧ,
 Выровой В.Н., зав. кафедрой ПСК,
 Мартынов Е.В., Ветох А.М., Бойко Т.В., ассистенты
 ОГАСА, г. Одесса

АНАЛИЗ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Для анализа структуры и свойств ячеистых строительных композитов их целесообразно представить в виде открытых сложных динамических систем [1]. Такое представление позволяет выделить отдельные подсистемы и структурные элементы, оценить и описать механизмы взаимодействий отдельных подсистем на всех уровнях структурных неоднородностей, выявить условия формирования свойств всей системы с учетом эффектов эмерджентности [2].

В работах [3, 4] композиционные строительные материалы (КСМ), представленные в виде сложноорганизованной открытой системы иерархического строения (полиструктурная теория). В рамках этой теории впервые определены структурообразующие факторы для каждого структурного уровня и получены, количественные зависимости свойств бетонов от

этих факторов.

В цементном камне выделены структурные блоки, по форме приближающиеся к шестигранникам в сечении и взаимодействующие через поверхности раздела. Эти блоки скомпонованы из структурных блоков меньшего размера, которые, в свою очередь, состоят из блоков более низкого структурного уровня (блоки в блоках) (рис. 1).

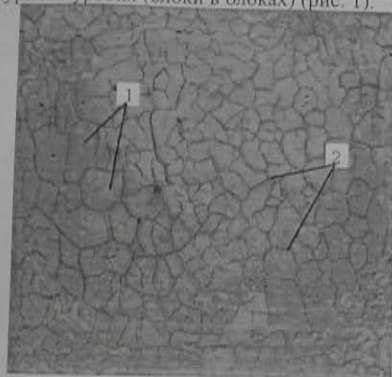


Рис. 1 Структура цементного камня: 1 – структурные элементы (блоки); 2 – границы (внутренние поверхности) раздела между элементами.

Такие структуры образуются в результате объемных изменений в процессе их формирования, причиной которых являются химические реакции, дегидратация, температурные и влажностные градиенты, градиенты концентраций реагентов и пр. Все это приводит к нарушению сплошности объекта и расчленению материала на отдельные структурные элементы, что позволяет нам рассматривать объект исследований как систему. Где под системой подразумевается совокупность взаимосвязанных структурных элементов, объединенных в единое целое и имеющих общее функциональное предназначение. Это позволяет также отождествлять понятия «структура» и «система» и применить общесистемные закономерности для объяснения некоторых явлений и процессов, сопровождающих структурообразование КСМ и наметить возможные пути управления их физико-механическими свойствами. Представление объекта исследований в виде системы, состоящей из взаимосвязанных в единое целое отдельных структурных элементов, позволяет увязать его свойства с:

- количеством и размерами структурных элементов.
- протяженностью границ раздела между элементами.
- силами сцепления между элементами.

В таком представлении логично предположить, что разрушение материалов будет происходить по границам раздела, которые образовались на последней стадии структурной организации. Для разрушения материала необходимо затратить определенное количество энергии. Количество этой энергии будет зависеть от площади контактов между структурными элементами, а она, в свою очередь, от размеров самих элементов, т.е. чем меньше размер элементов (большее их количество) тем больше силы трения между элементами или большей прочностью будет обладать материал.

Таким образом, для повышения прочности КСМ необходимо стремиться к получению структур с как можно большим количеством структурных элементов (малых размеров). Другой путь улучшения физико-механических свойств материалов связан с раскрытием механизмов взаимодействия структурных блоков через внутренние поверхности раздела (характер связей системы).

Однако, прежде, чем организоваться в хорошо организованную систему реализуется причинно-следственная последовательность различных процессов. В соответствии с обобщенной теорией твердения цемента [5] на начальной стадии, после затворения цемента водой начинают осуществляться противоположно направленные процессы диффузии воды внутрь цемента, а продуктов гидратации в раствор. В этот период система находится в виде плохо организованной или диффузной системы. В дальнейшем с ростом концентрации гидратных образований система переходит в самоорганизующуюся систему с указанными выше признаками. Подобные системы получили также название диссипативных структур [6]. При достижении определенной концентрации (накопления количества) в системе происходят качественные преобразования. По-видимому, в этот период происходит переход системы на иной качественный уровень – из сплошной непрерывной среды образуются дискретные элементы (единство и борьба противоположностей, по типу: «волна-частица»). В этот период система находится в неравновесном, неустойчивом состоянии, характерном для диссипативных структур с наличием точек бифуркаций. Особенностью этих точек является то, что воздействие внешних источников энергии, даже в очень малых количествах, способно приводить к организации спонтанных структур с различными качественными характеристиками.

Другой особенностью саморазвивающихся структур является наличие колебательных движений, вызванных флуктуациями (автоколебания). Для выявления автоколебаний был проведен ряд экспериментов. В частности определяли изменение электрического сопротивления затвердевающего цементного теста, а также объемные изменения твердеющей пенобетонной смеси. Фрагменты, полученных в экспериментах графических зависимостей, приведены на рисунках 2 и 3.

Из рисунков видно, что графические зависимости имеют не линейный, волновой характер, что свидетельствует, что в этот период в затвердевающих системах происходят сложные процессы организации структур со всеми признаками диссипативных структур.

В другом эксперименте изучалось влияние воздействия колебаний различной частоты на свойства пенобетона. Генератором колебаний служила звуковая энергия, как разновидность механической. Для этого образцы с приготовленной пенобетонной смесью, заформовывали в полиуретановые формы и помещали в акустическую камеру, представляющую собой закрытую и изолированную снаружи пенопластом емкость

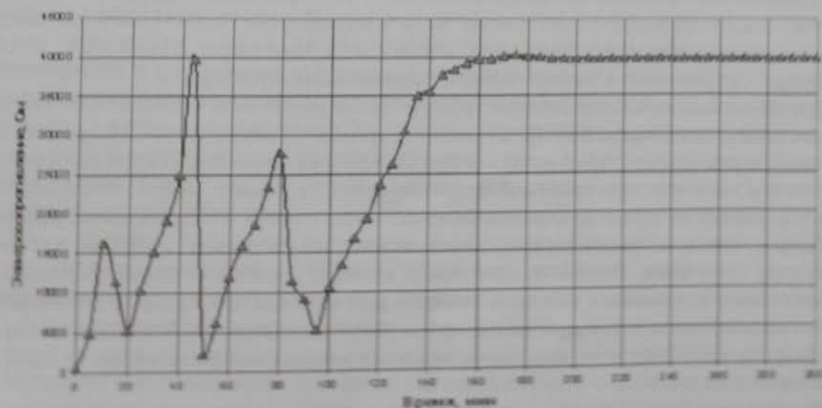


Рис. 2 Электрическое сопротивление цементного теста

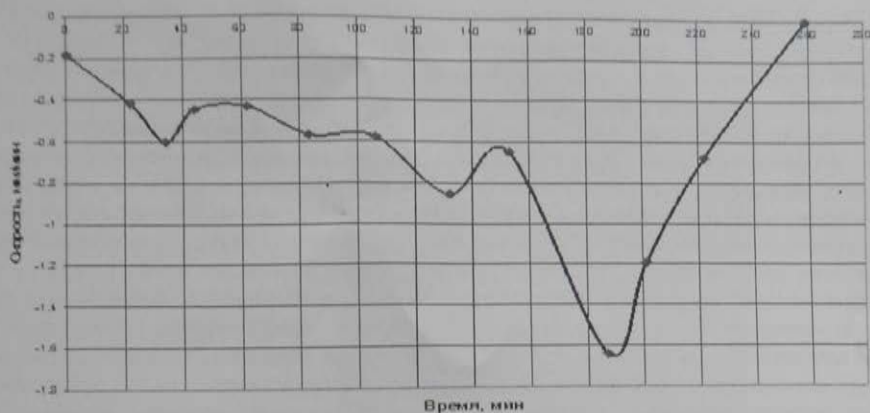


Рис.3 Скорость изменения объема, затвердевающей пенобетонной смеси

В акустическую камеру были вмонтированы звуковые колонки, и с их помощью от CD-плеера, пенобетонная смесь в течение 60 минут подвергалась воздействию звуковой энергией, отличающейся частотой колебаний. В первом случае максимальная частота колебаний достигала 12000 Гц, во втором 21735 Гц. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица Результаты эксперимента

Мах. частота колебаний, Гц	Плотность, кг/м ³	Влажность %	Прочность МПа на:	
			14-е сутки	28-е сутки
12000	620	28,1	1,2	1,3
21735	580	33,8	0,6	0,7
0 (контрольный)	620	28,1	1,0	1,4

Приведенные результаты свидетельствуют, что физико-механические свойства пенобетона имеют причинно-следственную связь с параметрами акустической активации, или возможности управления характером структуры и свойствами пенобетона за счет энергетических воздействий в ранние периоды формирования структуры.

Другой возможностью управления структурой КСМ может быть использование явления т.н. «структурной самоорганизации». По мнению Э. Сорокко: «...структурная самоорганизация обеспечивает структурную стабильность системы, поиск соразмерности, самосогласованности, гармоничности состава противоречивых, различающихся между собой компонентов». Гармония в отличие от красоты, является явлением объективным и подразумевает единство многообразия, согласия разногласного, соотношения частей между собой и целым в определенных сочетаниях. Подобное сочетание и является принципом кратных отношений, более известном под названием «золотого сечения» или «золотой пропорции» [7]. В ячеистых бетонах в качестве противоречивых компонентов могут рассматриваться твердая, жидкая и газовая фаза. На основании этого выдвинута гипотеза о влиянии соотношений фаз на свойства пенобетона.

На рисунке 4 приводятся результаты эксперимента, в котором ставилась задача определения влияния соотношений фаз на разных стадиях структурообразования пенобетона на его прочностные свойства.

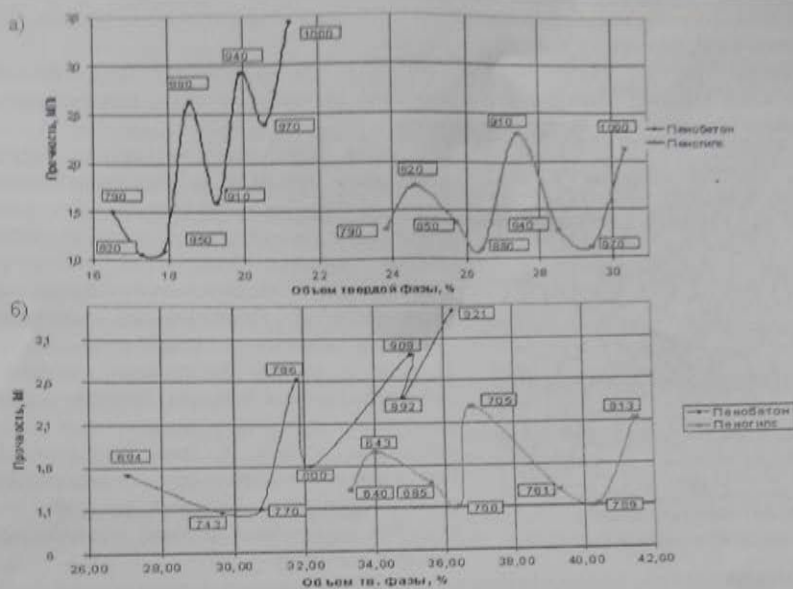


Рис. 4 Влияние содержания твердой фазы на прочность пенобетона и пеногипса в а) пенобетонной смеси, б) пенобетоне

Содержание твердой фазы в пенобетонной (пеногипсовой) смеси и в затвердевшем пенобетоне (пеногипсе) регулировали за счет изменения плотности пенобетонной смеси, которую, в свою очередь, изменяли количеством вводимой в растворную смесь пены. Было приготовлено восемь составов с плотностью пенобетонной смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$: 790, 820, 850, 880, 910, 940, 970, 1000. В начальный период система (строительный раствор) состояла из двух фаз – твердой (цемент, гипс) и жидкой (вода). На этой стадии приготовления пенобетона соотношение между твердым веществом и жидкостью составляло 0,5 по массе. Содержание по объему твердая фаза – 0,392, жидкая – 0,608. После введения в раствор пены система трансформируется в трехфазную, состоящую из твердой, жидкой и газовой фаз. Изменение плотности пенобетонной смеси за счет введения пены и с учетом жидкости, содержащейся в пене, приводит к изменению содержания фаз, а также соотношений между ними. Затвердевший пенобетон (пеногипс) испытывали на прочность при сжатии в высушенном до постоянной массы состоянии. Таким образом, на заключительной стадии эксперимента, пенобетон (пеногипс) представлял собой двухфазную систему, состоящую из твердой и газовой фаз.

Объем твердой фазы вычисляли через экспериментальное определение истинной плотности (прибор Ле-Шателье). Вначале определяли истинную плотность вяжущего. Истинную плотность затвердевшего пенобетона (пеногипса) определяли после испытания его на прочность при сжатии. Для чего отобранные и высушенные до постоянной массы пробы измельчали и просеивали через сито с размером ячейки 1.25 мм.

Результаты свидетельствуют, что при изменении плотности пенобетонной смеси на $210 \text{ кг}/\text{м}^3$ плотность пенобетона в сухом состоянии изменяется на $225 \text{ кг}/\text{м}^3$. В начальный период структурообразования разность в содержании твердой составляющей в пенобетонной смеси составляет 4,7%. В результате процессов, сопровождающих затвердевание пенобетонной смеси происходит перераспределение фаз и в затвердевшем пенобетоне разница в содержании твердой фазы составляет уже 9,7%. Однако, при столь незначительном изменении фазовых

соотношений прочность пенобетона изменяется более чем в три раза (от 1,1 до 3,4 МПа). Такая же тенденция наблюдается и в пеногипсе.

Анализ графиков свидетельствует, что прочность пенобетона носит волновой, колебательный характер. Пиковые точки, отражают состояние системы, при которых она максимально реализует свои внутренние ресурсы.

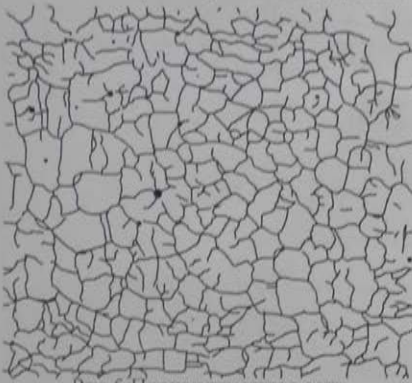


Рис.5 Перколяционная сеть цементного камня

Цементный камень, ячеистые бетоны и другие КСМ являются типичными фрактальными структурами. На рисунке 5 приведена фотофиксация структуры цементного камня (рис.1) после компьютерной обработки.

Выделенная структура представлена в виде перколяционного кластера. Теория перколяции (протекания) — теория, описывающая возникновение бесконечных связанных структур (кластеров), состоящих из отдельных элементов. Основные идеи теории были сформулированы Симоном Бродбентом и Джоном Хаммерсли в 1957 г. при изучении ими явлений прохождения газов через угольный фильтр [9]. Перколяционные кластеры представляют собой разветвленные фрактальные структуры.

Расчет фрактальной размерности производился с помощью специально разработанного программного обеспечения. Алгоритм расчета заключался в следующем. Согласно методу определения фрактальной размерности изображение разбивалось на квадраты с гранью определенной длины (первоначальную длину грани и шаг, с которой будет изменяться грань, задавался в программе вручную). Каждый квадрат сканировался на предмет нахождения в нем пикселей определенного цвета. Количество квадратов, в которых находились искомые пиксели, суммировалось. Далее увеличивали грань квадратов и снова разбивали изображение. Уменьшение шага приводит к увеличению числа ячеек, необходимых для покрытия системы структурных элементов материала. Полученные таким образом точки, показывающие число квадратов с искомыми пикселями от длины грани выстраивались в дважды логарифмическом масштабе вдоль прямой линии, угловой коэффициент которой был равен $1-D$, где D — фрактальная размерность. Исходя из этого, фрактальную размерность можно определить, измерив, угловой коэффициент графика $\ln N(\delta)$ как функции $\ln \delta$:

$$L(\delta) = a \delta^{1-D} \quad (1)$$

Значение фрактальной размерности, изображенной структуры цементного камня равно 1,57. Приведенная методика позволяет также определять фрактальную размерность пористых материалов. Это позволяет количественно описывать и сравнивать характер структур строительных композитов, а также оценивать корреляционную связь между характером структуры и физико-механическими свойствами.

Выводы:

1. Представление структуры цементного камня, как матричного материала, позволил выделить структурные параметры изменением геометрии которых можно управлять свойствами строительных композиционных материалов.
2. На примере пенобетона приведены экспериментальные данные, подтверждающие возможность управлять процессом организации структур КСМ и их свойствами.
3. Предложен метод и разработаны алгоритм и программа расчета фрактальной размерности, позволяющих количественно описать характер структур КСМ, а также увязывать их с физико-механическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Берталанфи Л. Общая теория систем: Обзор проблем и результатов // Системные исследования. М., 1969.
2. Праггишвили И.В. «Системный подход и общесистемные закономерности». Изд. «Синтег» М. 2000 – 519 с.
3. В.И. Соломатов, В.Н. Выровой., В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: «Будивольник». – 1991. – 143 с.
4. В.И. Мартынов, В.Н. Выровой, Д.А., Орлов, А.М. Ветех Структурообразование и свойства ячеистых бетонов. Ресурсоэкономні матеріали, конетрукції будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Рівне. 2006. С. 90-96.
5. Волженский А.В., Бурков Ю.С., Колокольчиков В.С. Минеральные вяжущие вещества. М., Стройиздат, 1973, 479 с.
6. Николис Г., Пригожин И., Самоорганизация в неравновесных системах, пер. с англ., М., 1979.
7. Сороко Э.М. Структурная гармония систем. Минск, Наука и техника, 1984, 263 с.
8. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature.- N.Y.: Freeman, 1983.- 480 p.
9. Багнич С.А., Конаш А.В. Влияние неоднородных свойств системы на процесс протекания в двумерном пространстве //В сб. «Физика твердого тела», т. 43, вып. 12. С.-Пб.: изд-во ФТИ им. Иоффе РАН, 2001. – с. 2215-2222.

УДК 666.97

*Паплавскис Я. М., канд. техн. наук,
Действительный член Академии строительства Украины
Aeroc International AS, Эстония*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Начиная с 1 апреля 2007 года в Украине действительны строительные нормы ДБН В.2.6 – 31:2006 «Тепловая защита зданий» взамен СНиП П-3-79.

Этими нормами в отличие от СНиП П-3-79 установлены требования не только к теплоизоляционным свойствам ограждающих конструкций, но и нормативные теплопотери зданий $E_{\text{норм}}$, кВт·ч на 1м² отапливаемой площади в году. При этом для ограждающих конструкций при определении теплопотерь в расчет должны приниматься:

- характеристики теплопроводности,
- влажностной режим наружных ограждений,
- воздухопроницаемость,