

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ

Мартынова Е.А., *мл.науч.сотр.*, **Мартынов В.И.**, *к.т.н., доц.*,
Выровой В.Н., *д.т.н., проф.*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

С каждым днем информационные технологии занимают все большее место в жизни современного человека. Однако в современных программных пакетах очень сложно найти программное обеспечение, которые бы удовлетворяло все нужды научного работника. Поэтому остро стоит проблема развития прикладного программирования. Программы, разработанные для конкретных задач, позволяют более гибко находить решения. В статье рассмотрены некоторые прикладные программы, созданные для исследования структурных характеристик ячеистых бетонов.

Впервые взаимосвязь между пористостью и физико-механическими свойствами ячеистого бетона была замечена А.А. Брюшковым в первой половине XX века. В своих работах он указывал на влияние распределение и форм пор на характеристики ячеистого бетона. Спустя некоторое время Меркин А.П. [1] в своей работе определил, что важную роль играет не только распределение и форма пор, но и модальность.

Свойства композиционных строительных материалов в т.ч. ячеистых бетонов определяются их структурой. В [2] приведены результаты эксперимента, который свидетельствует, что за счет изменения структуры пенобетона его прочность может изменяться в несколько раз. В связи с этим был проведен ряд экспериментальных работ [3, 4], в которых было предложено использовать в качестве количественной оценки этих параметров фрактальную размерность.

Расчет фрактальной размерности производился с помощью специально разработанного программного обеспечения (рис. 1).

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 внутренних поверхностей раздела фаз. 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, фрактальная размерность определяется как угловой коэффициент графика $\ln N(\delta)$ как функции $\ln \delta$:

$$L(\delta) = \alpha \delta^{1-D}.$$

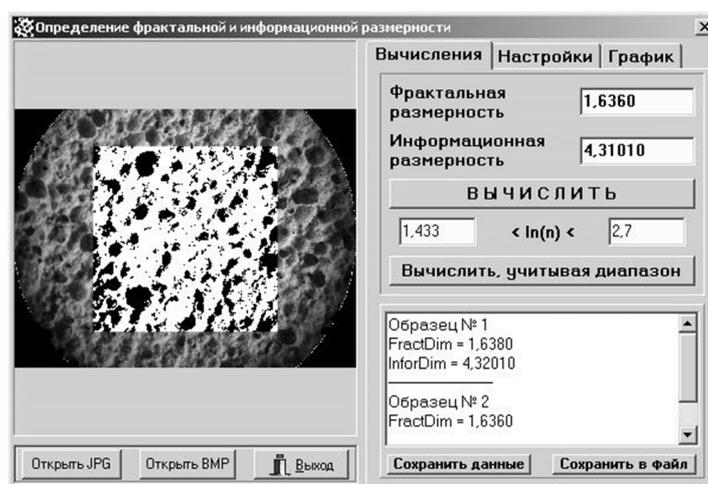


Рис. 1. Внешний вид рабочей панели компьютерной программы для расчета фрактальной и информационной размерности

Достоинство данной методики заключается в простоте ее использования. Полученные с помощью цифровой фотокамеры снимки обрабатываются с помощью данного программного обеспечения и позволяют быстро оценивать характер структуры, а в последствие, определять значения пористости и плотности.

В работе [5] высказана гипотеза, что свойства строительных композитов макропористой структуры

определяются характером распределений твердой составляющей. Поскольку визуализировать характер структуры цементного камня, а тем более ячеистого бетона, достаточно сложно в подобных случаях целесообразно обращаться к моделированию.

Исследование характера распределения твердой фазы проводили на физических моделях, выполненных из водоглинянной суспензии с имитаторами пор различной геометрии. Под характером распределения твердой составляющей подразумевается: толщина межпоровых перегородок, конфигурация и общая протяженность внутренних поверхностей раздела межпоровых перегородок. Исследования проводили на моделях с кубической и гексагональной упаковкой пор (рис. 2).

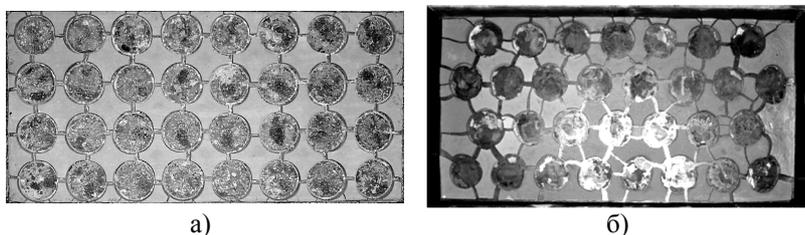


Рис. 2. Физические модели трещинообразования в макропористых структурах с кубической (а) и гексагональной (б) упаковкой.

Для исследования протяженности внутренних поверхностей раздела была написана программа (рис. 3), алгоритм которой состоит в следующем: на первом этапе цифровая фотография глиняной модели переводится в 3х цветное изображение. На полученном изображении программным путем выделяются внутренние поверхности раздела, при этом толщина наносимой ВПР составляет 1 пиксель, что в дальнейшем позволяет определить их протяженность. Также определяется площадь всех поверхностей раздела, что позволяет определить среднюю ширину раскрытия трещин. Также производится расчет площадей твердой фазы и пор.

Для исследования характера структуры цементного камня в настоящее время используется графоаналитический метод, разработанный В.Н. Выровым. Сущность графо-аналитического метода изучения распределения деформаций твердеющего матричного материала состоит в предположении, что каждая точка матрицы взаимодействует со всеми точками, принадлежащими поверхности раздела «матричный материал - наполнитель». При всей своей эффективности данный метод крайне трудоемок.

Для снижения трудоемкости построений разработано компьютерное программное обеспечение моделирования трещинообразования в макропористых структурах (рис. 4). В ходе решения задачи о моделировании силовых полей был применен междисциплинарный подход и выдвинута гипотеза о тождественности силовых полей различного происхождения. Известно, что пузырек воздуха в пенобетонной смеси представляет собой сфероид, окруженный водной пленкой, которая удерживается за счет мономолекулярного слоя поверхностно-активного вещества, молекулы которого строго ориентированы по отношению к водной среде. Исходя из этого, пузырьки воздуха были представлены как заряженные частицы с одноименными зарядами. Для моделирования силовых линий и полей применен закон Кулона. Для построения силовых линий использовалась формула: $E = -\frac{q}{R^2}$. Для построения силовых полей использовалась формула:

$F = \frac{q}{R}$. Принцип суперпозиции определяет силовые линии и поля:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \text{ и } F = F_1 + F_2 + \dots + F_n.$$

Силовые линии и поля связаны между собой: $E = -\text{grad } F$.

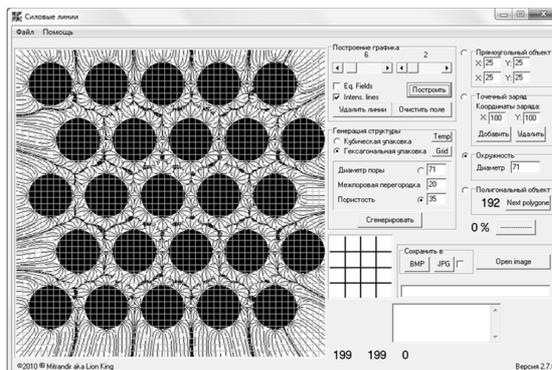


Рис. 3. Программа для определения протяженности внутренней поверхности раздела фаз

При этом программа позволяет работать не только с правильными геометрическими фигурами, но и полигональными объектами, а также моделировать различные упаковки. Возможности программы позволяют получать модели как с нанесенными силовыми линиями (рис. 5.а), так и эквипотенциальными полями (рис. 5.б).

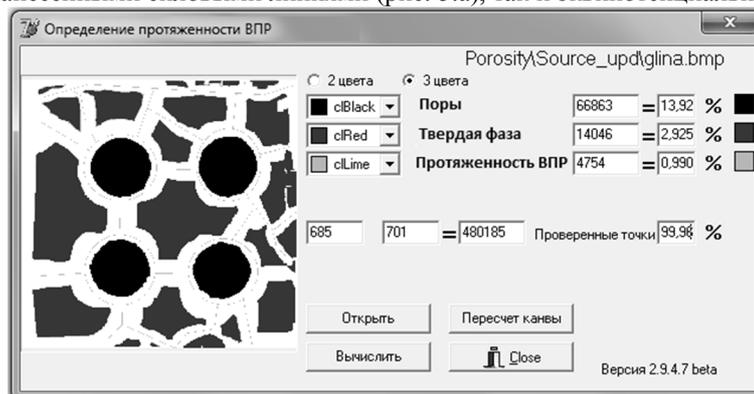


Рис. 4. Фрагмент компьютерной программы для построения силовых линий

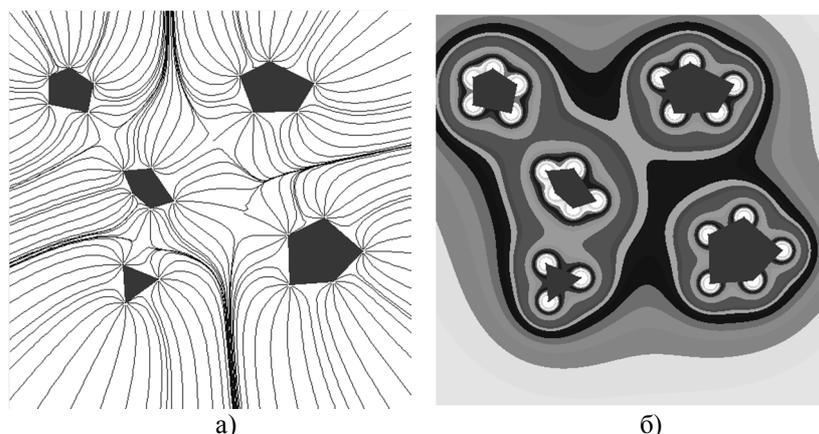


Рис. 5. Пример полигональной модели с нанесенными силовыми линиями (а) и эквипотенциальными полями (б)

Вывод

Приведенные в статье программные продукты разработаны с целью изучения качественной картины и количественного определения параметров структуры строительных композитов, позволяющих выявить их влияние на физико-механические свойства и, в конечном итоге, позволит управлять процессом их структурообразования.

SUMMARY

In article the short review of author's programs - programs by calculation of an internal interface of phases and structural elements, programs by definition fractal dimension on a photo of a surface of cellular concrete and the program for computer modeling crack-creating in macroporous structures.

Литература

1. Меркин А.П., Филин А.П., Земцов Д.Г. Формирование макроструктуры ячеистых бетонов.// в журнале "Строительные материалы" №12, 1963 г. – с. 10-12.
2. Мартынов В.И. Методика изучения и определения структурных параметров твердой составляющей ячеистых бетонов // В сб. „Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури”. – Одеса: „Місто майстрів”. вип. № 20. – 2005. С. 238-243.

3. Мартынов В.И., Орлов Д.А., Мартынов Е.В. Фрактальность, структура и свойства пенобетона // Сб. научн. трудов «Информационные системы и технологии» 4-й семинар, приложение к журналу «Холодильная техника и технология», Одесса, изд-во «Ризограф», 2006. – с. 199-202.
4. Мартынов В.И. Мартынов Е.В. Фрактальная размерность и свойства пенобетона неавтоклавного твердения // Вісник «ДонНАБА», № 1(69), Макіївка: ДонНАБА, 2008. – с. 74-78.
5. Мартынов В.И., Выровой В.Н., Орлов Д.А. Особенности структурообразования и пути улучшения свойств неавтоклавногo пенобетона. Киев.: Строительные материалы и изделия. №2, 2005. с.17-20.