

Рисунок 11 – Зависимость x_3 от x_1

Список цитированных источников

1. Scholz, M., Fraunholz, M., Selbig, J. Nonlinear principal component analysis: neural network models and applications. In book *Principal manifolds for data visualization and dimension reduction*. Springer Berlin Heidelberg, 44-67 (2008).
2. Hinton, G.E., Osindero, S., Teh, Y. A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation*, 18, 1527-1554 (2006)
3. Hinton, G. Training products of experts by minimizing contrastive divergence. *Neural Computation*, 14, 1771-1800 (2002).
4. Hinton, G., Salakhutdinov, R. Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science*, 313 (5786), 504-507 (2006).
5. Hinton, G.E. A practical guide to training restricted Boltzmann machines. (Tech. Rep. 2010-000). Toronto: Machine Learning Group, University of Toronto (2010)
6. Bengio, Y. Learning deep architectures for AI. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 2(1), 1-127 (2009).
7. Bengio, Y., Lamblin, P., Popovici, D., Larochelle, H. Greedy layer-wise training of deep networks. In B. Schölkopf, J. C. Platt, T. Hoffman (Eds.), *Advances in neural information processing systems*, 11, pp. 153-160. MA: MIT Press, Cambridge (2007).
8. Erhan, D., Bengio, Y., Courville, A., Manzagol, P.-A., Vincent, P., Bengio, S. Why does unsupervised pre-training help deep learning? *Journal of Machine Learning Research*, 11:625-660 (2010).
9. Golovko, V., Vaitsekhovich, H., Apanel, E., Mastykin, A. Neural network model for transient ischemic attacks diagnostics. *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*, 21(3), 166-176 (2012).
10. Головкин, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: кн. 4: учеб. пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2001. – 256 с.
11. Golovko V., Kroshchanka F., Rubanau U., Jankowski S. A Learning Technique for Deep Belief Neural Networks. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 2014 (in press).

УДК 519.876:544.77.022:691.32

Дивинец А.А.

Научные руководители: к.т.н. Разумейчик В.С., к.т.н., доцент Дереченник С.С.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНЗИТНОЙ ЗОНЫ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

Гетерогенная система – это система, состоящая из двух или большего числа фаз с сильно развитой поверхностью раздела между ними. Частным случаем гетерогенного объекта является дисперсная система, в которой одна из фаз образует непрерывную дисперсионную среду, в объеме которой распределена дисперсная фаза (или несколько

таких фаз) в виде мелких кристаллов, твердых частиц или пузырьков. Примером дисперсной системы является композиционный материал (композит) – искусственный конструкционный материал, внешне монолитный, но неоднородный по структуре.

Изучение цемента, как разновидности композиционного материала, крайне важно для развития и усовершенствования строительной отрасли. Предлагаемые на сегодняшний день способы исследования базируются в основном на эмпирических данных и не предоставляют возможности проанализировать влияние параметров структуры на общие свойства материала.

Не так давно было установлено, что на прочность и долговечность бетона оказывает существенную роль приконтактная зона, возникающая в области контакта цементного камня с поверхностью заполнителя. Такая зона получила название транзитной, в зарубежной литературе используется сокращение ITZ (Interfacial Transition Zone). Транзитную зону необходимо считать отдельным компонентом в структуре бетона, так как она наделена свойствами, которые коренным образом отличаются от аналогичных свойств однородного цементного камня. Выявлено, в частности, что транзитная зона характеризуется высокой пористостью, что в определенных случаях может негативно влиять на характеристики прочности и долговечности материала. Предельно важно проектировать состав бетона таким образом, чтобы приконтактные зоны не перекрывались, в противном случае эксплуатационные характеристики материала значительно снижаются.

Для исследования и оптимизации состава бетонной смеси предлагается прибегнуть к помощи имитационного моделирования, которое, благодаря мощностям современных компьютеров и новому программному и аппаратному обеспечению, позволяет создавать виртуальные модели гетерогенных систем и в кратчайшие сроки получать все ее будущие характеристики и параметры.

Как уже отмечалось, бетон – это композиционный материал, и его главной особенностью является иерархичность структуры. Это означает, что для различных масштабных уровней (макро-, мезо-, микроуровень) возможно применение единой концепции моделирования. При создании виртуальной модели структуры частицы заполняющего материала заменяются геометрическими элементами. Элементы структуры обладают некоторым распределением размеров, форм и пространственных ориентаций.

В монодисперсных системах, имеющих регулярную решеточную структуру (слоистая решетчатая упаковка, гексагональная плотная упаковка и др.), задачи оценки характеристик и оптимизации состава разрешимы аналитически. Однако необходимы модели, пригодные также и для других структур (например, нерегулярных, полидисперсных).

Ранее нами была предложена новая концепция моделирования структуры бетона с транзитными зонами переменной проницаемости [1] – модель континуальной перколяции сфер с частично перекрывающимися оболочками, отличающая от известных тем, что в ней вероятность возникновения перколяционного кластера зависит не только от доли заполнения системы частицами, но и от толщины транзитной зоны, допустимой величины их перекрытия, удельной площади поверхности дисперсной фазы, а также иных характеристик ее гранулометрического состава.

Одним из важнейших аспектов при оценке характеристик бетонной смеси в случайном размещении сферических частиц является определение такой толщины транзитной зоны, при которой, если и существуют отдельные связи между элементами, но эффект перколяции (сквозной, проникающей связи) отсутствует.

Традиционно порог перколяции рассматривается как доля заполнения модельного объема частицами, при которой вероятность возникновения перколяционного кластера резко возрастает [2]. Выявить зависимости порога перколяции от упомянутых выше факторов можно путем имитационного моделирования, рассматривая при этом порог перколяции в иной трактовке, в том числе в виде комплексного структурно-геометрического показателя.

Исходными данными для модели являются: гранулометрический состав заполнителя (PSD – Particle Size Distribution), объем модельного куба (V), процент заполнения модельного куба сферическими частицами (k). Графическая схема модели представлена на рисунке 1.

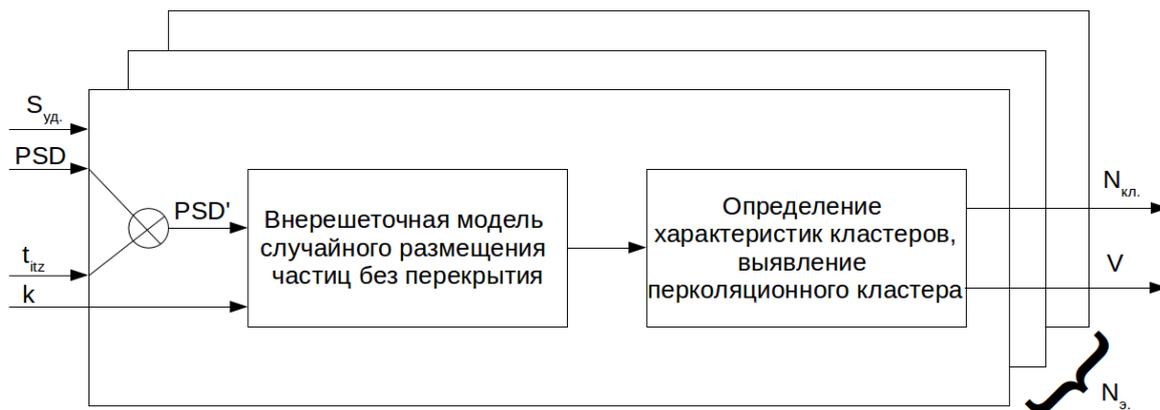


Рисунок 1 – Графическая схема модели

Моделирование осуществляется в несколько этапов. На первом этапе на основе исходных данных происходит заполнение моделируемого объема сферическими частицами с помощью внерешеточной модели случайного размещения частиц без перекрытия [3]. Для адекватности результатов применительно к реально существующим системам следует учитывать полидисперсность заполнителя, задавая его размерный состав в соответствии с эмпирическими данными, например, т.н. «кривыми просева» составляющих фракций.

В ходе второго этапа происходит распределение сферических частиц по кластерам по результатам анализа связности их оболочек (алгоритм такого анализа приведен в [4]). На третьем этапе определяются характеристики кластеров и выявляется перколяционный кластер, если такой существует. Выходные данные модели – количество кластеров ($N_{кл.}$), объем перколяционного кластера (V).

При проведении достаточного количества экспериментов ($N_{э.}$) могут быть получены:

- а) максимальная толщина оболочек, при которой не возникает связности между сферическими частицами;
- б) максимальная толщина оболочек, при которой существует связность между сферическими частицами, но незначительное увеличение приводит к возникновению перколяции;
- в) вероятность появления перколяционного кластера при различных толщине транзитной зоны, плотности упаковки и гранулометрическом составе заполнителя.

Для проверки работоспособности модели мы провели имитационное моделирование монодисперсных и бидисперсных систем с последующей оценкой результатов. Полученные данные позволили говорить об адекватной работе программного модуля. Следующим этапом стало моделирование более сложных структур – полидисперсных.

Для моделирования полидисперсной системы были использованы реально существующие кривые просеивания заполнителя, полученные экспериментальным путем. В качестве крупного заполнителя был использован щебень, в качестве мелкого – песок. Исследование проводилось на двух структурных уровнях. На макроуровне структура бетона рассматривалась как система частиц крупного заполнителя, размещенных в цементно-песчаном растворе, на мезоуровне проводилось моделирование структуры цементно-песчаной смеси как системы частиц песка, размещенных в матрице цементного камня. Гранулометрический состав заполнителя представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Гранулометрический состав крупного заполнителя (щебень)

R (радиус частиц), мм	1,25-2,5	2,5-5	5-12,5	12,5-20	20-25	Σ
% заполнения	1,82	4,71	23,19	11,93	0,65	42,3

Таблица 2 – Гранулометрический состав мелкого заполнителя (песок)

R (радиус частиц), мкм	0-140	140-315	315-630	630-1250	Σ
% заполнения	7,5	14,69	13,39	8,82	44,4

Было выполнено моделирование более 100 структур для каждого уровня полидисперсной системы. Путем варьирования толщины оболочек на поверхности частиц заполнителя, получены зависимости вероятности возникновения перколяционного кластера от толщины транзитной зоны, представленные на рисунках 2 и 3.

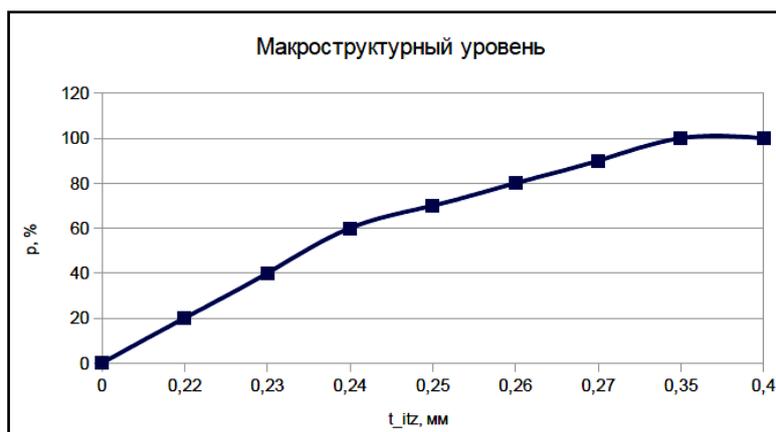


Рисунок 2 – Вероятность возникновения перколяционного кластера в зависимости от толщины транзитной зоны (доля заполнения – 42,3%)

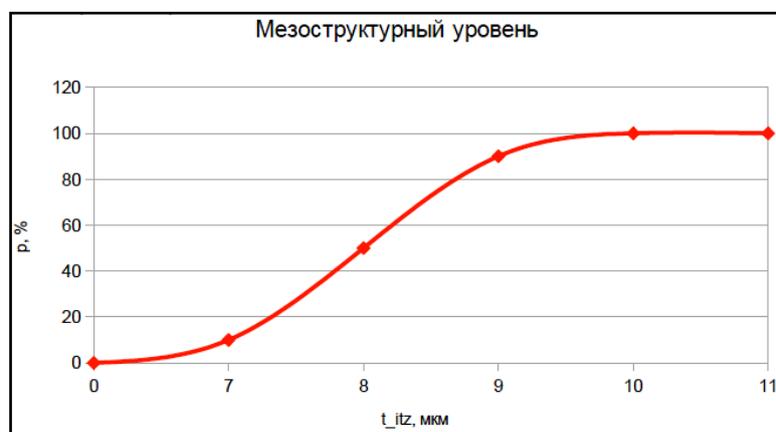


Рисунок 3 – Вероятность возникновения перколяционного кластера в зависимости от толщины транзитной зоны (доля заполнения – 44,4%)

Как видно из графиков, для макроструктурного уровня модели пороговое значение толщины транзитной зоны составляет 235 мкм, для мезоструктурного – 8 мкм.

Предложенная модель позволяет проанализировать влияние транзитной зоны на характеристики гетерогенной системы, найти оптимальную толщину транзитной зоны и определять пороговые значения, при которых эффект перколяции будет возникать с заданной вероятностью.

Список цитированных источников

1. Дивинец, А.А. Модель структуры бетона с транзитными зонами переменной проницаемости / А.А. Дивинец, В.С. Разумейчик, С.С. Дереченник // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы Международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 23 октября 2013 г. – Минск, БГУИР, 2013. – С. 210-211.

2. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 262 с.

3. Разумейчик, В.С. Стохастическая структурно-фазовая модель гидратирующих цементных систем: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.05. – Брест: БрГТУ, 2012. – 25 с.

4. Дивинец, А.А. Анализ связности оболочек в случайном размещении сферических частиц / А.А. Дивинец, В.С. Разумейчик // Современные проблемы математики и вычислительной техники: сборник материалов VIII Республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, БрГТУ, Брест, 21-23 ноября 2013 г. – Брест, БрГТУ, 2013. – С. 20-21.

УДК 004.94

Родцевич П.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЦП/ЦАП ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Введение

ЦАП и АЦП применяются в измерительной технике (цифровые осциллографы, вольтметры, генераторы сигналов и т.д.), в бытовой аппаратуре (телевизоры, музыкальные центры, автомобильная электроника и т.д.), в компьютерной технике (ввод и вывод звука в компьютерах, видеомониторы, принтеры и т.д.), в медицинской технике, в радиолокационных устройствах, в телефонии и во многих других областях. Применение ЦАП и АЦП постоянно расширяется по мере перехода от аналоговых к цифровым устройствам [1,2].

В качестве ЦАП и АЦП обычно применяются специализированные микросхемы, выпускаемые многими отечественными и зарубежными фирмами.

В связи с вышеизложенным все более насущной становится задача программного моделирования подобного рода устройств.

Структура системы

Центральным модулем программы является блок отображения объектов моделирования. Так как в нашем случае ими являются элементы электроники, то будут представлены их электрические схемы. Присутствует необходимость задания входных воздействий, таких как входной и вспомогательный сигналы, и получение выходного сигнала. Для наглядности изменения выходных параметров используются графики, показывающие зависимость выходного сигнала от времени (рисунок 1).