УДК 519.876.5

В.Г. КАМБУРГ, Н.В. МАЛЬКИНА
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ РАСТВОРОМ ПОРИСТОГО ИСКУССТВЕННОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Представлено модель нестационарного процесса насыщения раствором пористого искусственного заполнителя легких бетонов. В среде Mathematica 7.0 реализован алгоритм численного решения соответствующей нестационарной задачи.

There has been represented a model of non-stationary process of saturating with blend the porous artificial filler for the light oncretes. Within the environment Mathematica 7.0 there has been realized the algorithm of the numerical solution of the corresponding non-stationary problem.

Ключові слова: моделювання, виготовлення легких бетонів.

Одной из главных задач описания и изучения закономерностей процессов приготовления лёгких бетонов на основе искусственных пористых заполнителей является нестационарная задача процесса насыщения водно-цементным раствором элемента пористого керамзитового заполнителя. В работах авторов [1] – [4] получены основные математические модели процессов приготовления и укладки крупнопористого керамзитобетона (КПКБ), заполнителем которого являются зерна в виде твёрдых керамзитовых пористых шаров с заданным предельным отклонением δR от стандартного размера радиуса R, и дана их технологическая интерпретация**.** Установлено [4], что оценкой относительной глубины насыщения по нормативным требованиям [6] минимальной прочности КПКБ для распространенных видов марок цемента и керамзита служит $0,02 \le \frac{dR}{R} \le 0,1$.

В настоящей работе рассматривается задача численного решения одномерного уравнения вынужденной диффузии водно-цементного раствора, заполняющего пространство между зернами ПЭ, внутрь шара в радиальном направлении в сферической системе координат [1]:

$$\alpha E_k \cdot \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{D}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\frac{\partial u}{\partial r}) + \frac{k}{\eta}\frac{\partial u}{\partial r}\frac{\partial P}{\partial r} + f(u), \tag{1}$$

где $u = u(r,t)$ – степень насыщения раствором, t – время, r – приведенная радиальная координата. Граничные и начальные условия определяются физическим смыслом моделируемых задач [1], $E\kappa$ – удельная эффективная пористость зерна, D – коэффициент диффузии раствора в зерне, k – проницаемость керамзита, η – вязкость раствора, P- внутрижидкостное давление. Вид функции $f(u)$ определяется, как правило, физико-химическими, механическими и др. процессами, протекающими в описываемой системе. Например, для рассматриваемых далее задач это – экспоненциальные, логарифмические зависимости или их комбинации; α – выравнивающий размерность временной коэффициент.

Сложность решения подобных задач состоит в нелинейности функции $f(u)$**,** поэтому общеизвестные методы решения, как правило, неработоспособны, а для каждого её вида необходим особый подход, учитывающий физическое содержание процесса, и разработки специальных алгоритмов и программ.

Решение данной задачи производилось следующим образом. Выбирался постоянный шаг по времени $\tau = \Delta t$,частную производную $\frac{\partial u}{\partial t}$ приближали конечной разностью второго порядка точности по времени $\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u^{k+1} - u^k}{\tau/2}$ [5]. Заменой $u = \frac{V}{r}$ конечно-разностный аналог задачи (1) представляется в следующем виде:

$$D \cdot \frac{d^2V^{k+1/2}}{dr^2} - W\frac{dV^{k+1/2}}{dr} - \frac{1}{r}\cdot\left(W + \frac{dW}{dr}\right)\cdot V^{k+1/2} + r\cdot f\left(\frac{V^{k+1/2}}{r}\right) - \alpha E_k \cdot \frac{2}{\tau}\cdot V^{k+1/2} + \alpha E_k \cdot \frac{2}{\tau}\cdot V^k = 0\,, \tag{2}$$

где $V^{k+\frac{1}{2}} = \frac{V^{k+1}+V^k}{2}$ некоторое промежуточное значение искомой функции между $k+1$ и k-м временными слоями, $W = \gamma\cdot e^{-\mu\cdot r}$ или $W = \gamma\cdot r + \mu$, $\mu = W(0,x) = \mu_0$, γ – линейная скорость протока раствора под вынужденной диффузией от внешних механических воздействий и химических превращений. Начальное условие $V^0{}_1(r,0) = r\cdot u^0 = r\cdot u(r,0)$. Граничные условия:

$$\left[\alpha_1 \cdot \frac{dV^{k+\frac{1}{2}}}{dr} + (\beta_1 - \frac{\alpha_1}{r}) \cdot V^{k+\frac{1}{2}}\right]_{r=1} = \beta_1 \cdot V^k{}_1, \tag{3}$$

$$\left[\frac{dV^{k+\frac{1}{2}}}{dr}\right]_{r=\delta} = 0, \tag{4}$$

где $\delta = 1 - \frac{dR}{R}$, $0 \le \delta < 1$, а для рассматриваемой задачи: $0,9 \le \delta \le 0,98$.

На каждом временном слое решалось обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка (2) с граничными условиями (3)- (4). Численное решение этого уравнения находилось в среде *Mathematica 7.0* [7], исходя из литературных рекомендаций и сравнений её работоспособности с ППП *MathCAD* и *MatLab* для решения подобных задач.

Пересчет значений при переходе на очередной, $k+1$ временной слой, осуществлялся по формуле $V_i^{k+1} = 2 \cdot V_i^{k+\frac{1}{2}} - V_i^k$, где $i = 1,..,n$ – номера узлов по координате r, а искомое решение $u_i^{k+1} = \frac{V_i^{k+1}}{r_i}$.

Входные параметры задаются при запуске программы *Mathematica*.

Реализовывается сравнительное решение математической модели по трем параметрам:

1. С различными значениями скорости γ: 1-γ_1=0,8 (верхний), 2-γ_2=1 (средний), 3-γ_3=1,3 (нижний). Задаваемыми параметрами являются: коэффициент диффузии D и эффективная пористость зерна E_k.

2. С различными значениями E_k: E_{k1}=0.4; E_{k2}=0.5; E_{k3}=0.55. Задаваемыми параметрами являются: D и γ.

3. С различными значениями коэффициента D: D_1=0.2; D_2=0.25; D_3=0.35. Задаваемыми параметрами являются: γ, E_k и m – количество временных слоев.

На рис. 1-3 приведены характерные значения расчетов u^k на 4, 7, 10 временных слоях для различных модельных скоростей u^4, из которых можно анализировать динамику выхода процесса на стационар и определять ряд технологических параметров процесса и влияние, в том числе минимальное время насыщения зерна водоцементным раствором заданного $\frac{В}{Ц}$-отношения на необходимую глубину δ, перечисленных параметров E_k, D и временного интервала T. Решение принималось за стационарное, если двух соседних временных слоев max $\frac{\left|u_i^{k+1} - u_i^k\right|}{u_i^k} < \varepsilon$, $i = 1,..,n$. На этом слое расчет заканчивался.

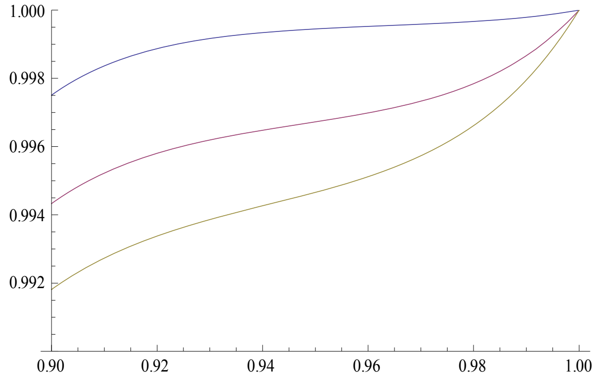

Рис. 1. Значение u^4 (r_i)

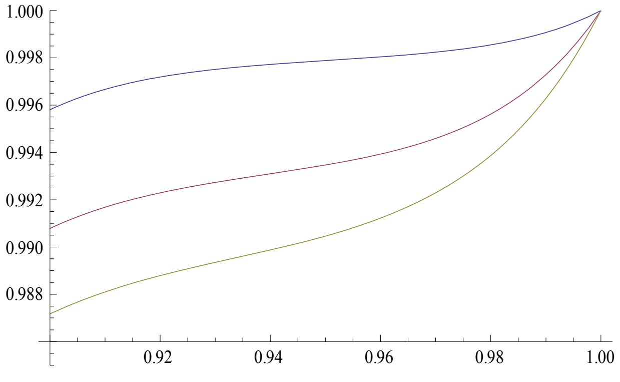

Рис. 2. Значение u^7 (r_i)

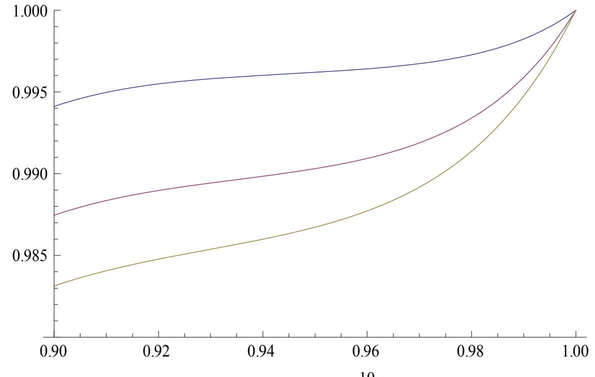

Рис. 3. Значение u^{10} (r_i)

Заметим, что строгого доказательства счетной устойчивости предложенного алгоритма в настоящей работе нет, хотя проведенные модельные численные эксперименты для реальных физических значений констант модели указывали на сходимость. Кроме того, в (2)- (4) используется неявная по времени разностная схема, что исходя их общей теории устойчивости разностных схем, позволяет надеется на устойчивость предложенного численного метода. Данный вопрос является предметом дальнейших исследований.

Основные выводы

Рассмотрена задача моделирования нестационарного процесса насыщения водно-цементным раствором элемента пористого искусственного заполнителя на примере керамзитового. В среде Mathematica 7.0 реализован алгоритм численного решения соответствующей нестационарной задачи. По разработанной программе многочисленными расчетами для модельных задач и реальных процессов показана работоспособность предложенного метода.

Разработана база данных в среде MS Access, реализованы запросы на выборку по типу керамзита и его входных характеризующих параметров. Произведено заполнение информационной базы для трех видов керамзитного заполнителя, полученного из глиноземов Пензенской области и тем самым созданы основы информационно моделирующей системы нестационарного процесса насыщения крупнопористого керамзитобетона цементным раствором.

Литература

1. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Ткаченко А.Н. Модельные представления технологии возведения ограждающих конструкций // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура – 2008. – № 2 – С. 78-84.

2. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технология и моделирование процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке // РААСН, ACADEMIA. Архитектура и строительство. – 2008. – № 2 – С. 71-76.

3. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н. Технологические задачи моделирования процесса возведения ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъёмной опалубке // XXVIII Российская школа по проблемам науки и технологий. Наука и технологии. Межрегиональный совет по науке и технологиям – г.Екатеринбург, УрО РАН, 24-26 июня, 2008. – С. 72-75.

4. Ryazanova G.N., Kamburg V.G., Baranova T.I., Tkachenko A.N.. Technological Tasks of Erection Process Modelling of Enclosing Structures Made of High Porous Haydite Concrete in Monolithic Sheathing // The third international forum on strategic technologies- г. Новосибирск, 23-29 июня, 2008. – С. 117-118.

5. Бахвалов Н.С. Численные методы // Изд. «Наука» – М., 1973 – 632 с.

6. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соколова Ю.А., Соломатов В.И. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных композитов // Изд. Саратовского университета, Саратов, 2001 – 262 с.

7. Муравьев В.А., Бурлаков Д.Е. Практическое введение а пакет Mathematica // Изд. Нижегородского университета, Нижний Новгород, 2000 – 124 с.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 389:638.011.54

В.Т. КОНДРАТОВ
Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

ПРИЗНАКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

В работе рассмотрены вопросы фундаментальности физических теорий. Приведены основные правила и признаки фундаментальности, выполнение которых дает возможность объективно оценивать степень фундаментальности той или иной физической теории.

In paper questions of fundamental nature of physical theories are considered. Key rules and the fundamental nature signs which performance gives the chance to estimate objectively degree of fundamental nature of this or that physical theory are resulted.

Ключевые слова: методология, системный подход.

Введение

Наука – одно из высших проявлений человеческих возможностей, показатель того, на что вообще способен наш интеллект. Мы люди, и человеческое в нас – неистребимая радость познания [1].

Наука специализируется на получении, хранении, переработке и распространении знаний. Она вскрывает глубокие, внутренние связи, в которых отражаются устойчивые, повторяющиеся, инвариантные отношения между явлениями. Опираясь на законы, наука получает возможность не только объяснять существующие факты и события, но и предсказывать новые. Предсказывать будущее – прикладная цель науки.

Наука – доказательная форма знания, познания. Только фундаментальные науки связаны с теорией познания. Каж-дая наука состоит из нескольких теорий, находящихся в определенных связях и отношениях между собой, служащих определенной совокупности целей и выступающие как одно целое по отношению к другим наукам.

Теория, с философской точки зрения, – это высшая, обоснованная логически непротиворечивая система научных знаний, дающая целостный взгляд на существенные свойства, закономерности и причинно-следственные связи, определяющие характер функционирования и развития определенной области реальности [2]. Целевое назначение научной теории – дать правильное описание и объяснение явлениям, существующим в