

Численное исследование модели испарения влаги в пористых материалах¹

И.В. Амирханов, Т.П. Пузынина, И.В. Пузынин, И. Сархадов

Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ

Э. Павлушова, М. Павлуш

Технический университет, Кошице, Словакия

Проникновение и перенос влаги приводят к химическим и физическим повреждениям строительных материалов. Поэтому изучение этих процессов в пористых строительных материалах важно для оценки долговечности строительных сооружений, использующих эти материалы.

Феноменологически перенос влаги описывается уравнением диффузии с использованием коэффициента переноса влаги, который зависит от количества влаги.

В работе [1] предложен метод анализа количества влаги в строительных материалах, основанный на облучении нейтронами образца строительного материала, не разрушающем его, и регистрации сигналов от не поглощенных образцом нейтронов. Коэффициент влагопереноса в образце эмпирически представлен в виде полинома третьей степени $D(w) = D_0 + D_1w + D_2w^2 + D_3w^3$ от концентрации влаги w . Коэффициенты полинома вычислялись из условия минимума квадратичного функционала

$$S(D) = \sum_{j=1}^M \int_0^1 [w(x, t_j) - w_e(x, t_j)]^2 dx, \quad (1)$$

где M – количество дней, в которые проводились измерения концентрации влаги, $w_e(x, t_j)$ – профиль экспериментальных данных t_j -го дня, $w(x, t)$ – решение задачи нелинейного уравнения диффузии

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(w) \frac{\partial w}{\partial x} \right], \quad t > 0, \quad 0 < x < 1, \quad (2)$$

с определенными начальными и граничными условиями [1].

В работе [2] в качестве экспериментальных данных берется решение модельной задачи. Используя подход, предложенный в [1], проведено изучение свойств модели в зависимости от степени полинома, набора его коэффициентов и количества используемых экспериментальных данных.

Результаты численных экспериментов работы [2] позволяют сделать следующие выводы:

1. Точность воспроизведения профилей влажности слабо зависит от количества временных данных, используемых в минимизации функционала, из чего можно сделать практический вывод о возможности уменьшения выборки по времени экспериментальных данных.

2. Точность воспроизведения профилей влажности зависит от того, сколько и какие коэффициенты D_i в полиноме $D(w)$ используются. Лучшие результаты получаются при использовании всех коэффициентов кубической параболы [2].

Эта же задача исследовалась градиентным методом в работе [3].

¹Работа поддержана РФФИ, гранты № 03-01-00657, № 05-01-00645-а.

В работе [4] в отличие от работ [1-3] предполагается явная зависимость коэффициента влагопереноса от времени:

$$D(w, t) = p_0 w^{p(t)} + A \exp[-\mu(w - v_0)], \quad p(t) = e_0 + \frac{e_1 - e_0}{1 + (e_1/e_0 - 1) \exp[B(t - t_0)]}. \quad (3)$$

Здесь μ , A , B , v_0 заданные параметры, а параметры p_0 , e_0 , e_1 , t_0 определяются из минимизации функционала по этим параметрам с использованием реальных экспериментальных данных профилей влажности, взятых из работы [1]. Полученные параметры обеспечивают хорошее совпадение полученных профилей концентрации влаги с соответствующими экспериментальными данными.

Список литературы

- [1] H. Pleinert, H. Sadouki, and F.H. Wittman. Determination of moisture distribution in porous building materials by neutron transmission analysis, *Materials and Structures*, Vol. 31, May 1998, pp. 218–224.
- [2] И.В. Амирханов, Э. Павлушова, М. Павлуш, Т.П. Пузынина, И.В. Пузынин, И. Сархадов. Численное исследование модели испарения влаги в строительных материалах, *Вестник РУДН, Серия Прикладная и компьютерная математика*, том IV, №1, 2005, стр. 96-106.
- [3] I.V. Amirkhanov, E. Pavlušova, M.Pavluš, T.P. Puzynina, I.V. Puzynin, I. Sarhadov. Application of gradient method to a moisture evaporation model. 10th Scientific Conference Rzeszow-Lviv-Kosice, 11-13 September, 2005, pp. 6.
- [4] И.В. Амирханов, Э. Павлушова, М. Павлуш, Т.П. Пузынина, И.В. Пузынин, И. Сархадов. Численное моделирование обратной задачи диффузии для коэффициента переноса влаги в пористых материалах (Доложена на семинаре и готова к публикации).