

Способы учета источников и стоков при расчете тепловлажностного режима ограждающих конструкций методом конечных элементов

Лешкевич В.В., Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Совместный перенос тепла и влаги в ограждающих конструкциях описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$c_T \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda_T \nabla T) + \varepsilon_T \rho c_\theta \frac{\partial \theta}{\partial \tau} \quad (1) \quad c_\theta \rho \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda_\theta \nabla \theta) + \operatorname{div}(\lambda_\theta \delta_\theta \nabla T) \quad (2)$$

Решение указанной системы уравнений с помощью метода конечных элементов требует приведения их к виду $k_1 \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} = \operatorname{div}(k_2 \nabla \varphi) + Q$.

Соответственно, для решения задачи тепломассопереноса необходимо на каждом временном шаге вторые слагаемые в правых частях уравнений (1) и (2) представлять в виде константы.

В практических расчетах второе слагаемое правой части уравнения (1) можно принять равным нулю исходя из следующих соображений:

- комплексный критерий $\left(\frac{t_0}{2(t_{n2} - t_{n1})} \varepsilon K i_m Lu K o \right)$ большинства строительных материалов значительно меньше единицы [1];
- в расчетах применяются теплофизические характеристики материалов с влажностью, близкой к эксплуатационной [2];
- скорость изменений поля температуры значительно более высокая по сравнению с полем влажности [2].

При использовании в методе конечных элементов линейных базисных функций вычисление дивергенции градиента не представляется возможным. Выходом из ситуации в данном случае является применение теории сопряженных аппроксимаций Дж.Одена [3], что позволяет по градиенту температуры внутри конечного элемента получить значения его в узлах, после чего вычисление дивергенции полученного векторного поля не вызывает затруднений.

Литература:

1. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: Издательство АН БССР, 1961. – 519 с.
2. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С.В. Александровский. – Москва: НИИ строительной физики РААСН, 2003. – 332 с.
3. Оден, Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред/ Дж. Оден; Перевод с английского под ред. Э.И. Григолюка. – Москва: Мир, 1976. – 464 с.