

Достоверность результатов можно проверить с помощью существующих программ для расчета балок.

Разработанная программа позволяет рассчитывать на прочность и жесткость одно- и многопролетные статически определимые, а также статически неопределимые балки с любой степенью статической неопределимости и произвольным характером нагружения, в т. ч. с нелинейными распределенными нагрузками, и строить эпюры прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил, возникающих в балке от приложенных внешних нагрузок. Разработанная программа позволяет внедрить сортамент прокатных профилей, с использованием которого можно производить проверку и подбор сечения балок.

В перспективе планируется развитие данной методики на расчет плоских статически определимых и статически неопределимых рамных конструкций и разработка комплекса программ для расчета НДС балочных и рамных систем.

Список цитированных источников

1. Соппротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. – 608 с.
2. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 432 с.

УДК 51-74

Острейко Н.А., Пахомский П.В.

Научные руководители: доцент Кофанов В.А., ст. преподаватель Хомицкая Т.Г.

РАЗРАБОТКА ВСТРОЕННОЙ ФУНКЦИИ МАТНСАД ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕПЛО- И ВЛАГОПЕРЕНОСА

Многие нестационарные физические процессы описываются уравнениями параболического типа. К таким уравнениям относятся и нестационарные уравнения тепловлагопереноса, которые получаются на основании закона Фурье и имеют для одномерных задач следующий вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{dH}{dt} \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \nabla \left(\lambda \cdot \nabla t \right) + h_v \cdot \nabla \left(\frac{\delta}{\mu_R} \cdot \nabla \varphi \cdot p_{sat} \right) \\ \frac{dw}{d\varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} = \nabla \left(D_\varphi \cdot \nabla \varphi + \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \nabla \varphi \cdot p_{sat} \right), \end{cases} \quad (1)$$

где H — энтальпия влажного материала, Дж·м⁻³;

t — температура, °С;

τ — время, с;

λ — коэффициент теплопроводности, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

h_v — удельная теплота парообразования, Дж·кг⁻¹;

δ — коэффициент диффузии пара в воздухе, кг·м·с⁻¹·Па⁻¹;

μ_R — коэффициент сопротивления;

φ — относительная влажность воздуха;

p_{sat} — давление пара, Па;

w — влагосодержание, кг·м⁻³;

D_φ — коэффициент диффузионной проводимости, кг·м·с⁻¹.

К сожалению, аналитическое решение уравнений математической физики возможно лишь для весьма ограниченного круга задач. В большинстве случаев решение дифференциальных уравнений (1) в частных производных возможно только с использованием численных итерационных методов.

Суть данных методов состоит в дискретизации дифференциальных уравнений, то есть представлении всех или части производных в виде приближенных выражений (конечных разностей), что позволяет преобразовать дифференциальные уравнения в системы алгебраических уравнений. Для этого рассматриваемая область покрывается координатной сеткой, а все переменные заменяются сеточными функциями. Причем при решении нестационарных задач помимо координатной сетки вводится сетка времени.

$$\begin{cases} c \cdot \rho \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{\lambda \cdot \Delta t}{\Delta h} + h_v \cdot \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \frac{\Delta \varphi \cdot p_{sat}}{\Delta h} \\ w'(\varphi) \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau} = D_w \cdot w'(\varphi) \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta h} + \frac{\delta}{\mu_R} \cdot \frac{\Delta \varphi \cdot p_{sat}}{\Delta h}, \end{cases} \quad (2)$$

где c — теплоемкость материала, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

ρ — плотность материала, кг·м⁻³;

h — шаг сетки, м;

$w'(\varphi)$ — относительная пароемкость материала, кг·м⁻³;

D_w — коэффициент переноса жидкой влаги, м²·с⁻¹.

Дискретизация по времени может быть выполнена по явной или неявной схеме. В случае явной схемы, переменные в новой точке во времени определяются исключительно из значений, уже известных в данный момент времени. Однако устойчивость такого способа зависит от определенных условий, которые в случае малого шага сетки приводят к очень малому шагу по времени. В общем случае, вычислительные усилия, направленные на решение задачи с малым промежутком времени, намного превышают усилия, направленные на более сложные вычислительные процедуры по неявной схеме. Использование неявной схемы сводит задачу к матричному уравнению, так как все переменные должны быть определены одновременно в новый момент времени. Число алгебраических уравнений в полученной системе определяется произведением числа точек координатной сетки на количество независимых переменных в исходных дифференциальных уравнениях. Тем не менее, этот способ устойчив в течение всего промежутка времени.

Для решения конечно-разностных уравнений по неявной схеме можно использовать систему компьютерной математики mathcad. Преимущество данной системы в сравнении со средами, использующими языки программирования, заключается в том, что часть сложных процедур уже реализовано. Такими процедурами, например, являются интерполяция кубическими сплайнами, определение производной функции, решение систем уравнений с помощью обратной матрицы, операции с массивами данных и т. п. Также mathcad позволяет сократить время на разработку и кодирование интерфейса будущей программы.

Опираясь на возможности mathcad, алгоритм создания вычислительного документа будет следующим. Вначале определяем все переменные, функции и их производные из уравнений (2). Далее создаем программный модуль, представленный на рисунке 1, в котором текст заменяем на операции по формированию матрицы и вектора, состоящих из коэффициентов при неизвестных (t и φ) и свободных членов системы уравнений, записанных для каждой точки координатной сетки.

```

tab := V ← TФ
      VV ← V
      for j ∈ 1..10
        for k ∈ 1..10
          "коэффициенты для первых двух уравнений"
          for z ∈ 1..n - 1
            "коэф-ты для уравнений"
            "средних точек"
            "коэф-ты для последних двух уравнений"
            V ← M-1·B
          VV ← augment(VV, V)
        TФ ← V
      VV

```

Рисунок 1 – Программный модуль в MathCAD для решения конечно-разностных уравнений по неявной схеме

Полученный в результате работы программного модуля массив содержит значения температуры t и относительной влажности φ в каждый момент времени. Это позволяет построить график изменения влагосодержания w по толщине материала (рисунок 2) в любой расчетный момент времени, а также используя встроенный инструмент «анимация», увидеть изменения этого графика во времени.

При создании расчетов в Mathcad, несмотря на всю его вычислительную мощь и наличие встроенного языка программирования, иногда требуется применение традиционных языков программирования, таких как C++. Необходимость его использования может быть продиктована желанием ускорить расчеты, что связано с тем, что язык программирования Mathcad является интерпретируемым, а не компилируемым, что может привести к снижению скорости расчетов на порядок [2].

Очень удобным и мощным инструментом Mathcad, напрямую связанным с «настоящим» традиционным программированием, является перевод пользовательских функций в разряд встроенных через механизм DLL (Dynamic Link Library). Кроме того, данный инструмент открывает возможность использования в среде Mathcad функций Windows, недоступных напрямую.

Для создания встроенной функции Mathcad на C/C++ требуется выполнить семь шагов:

1. Создать заготовку проекта, в которую в дальнейшем будем вносить изменения.
2. Подключить к проекту специальные заголовочный и библиотечный файлы, идущие в комплекте поставки Mathcad.
3. Создать и заполнить массив (таблицу) сообщений ошибок, могущих возникнуть при вызове встроенной функции.
4. Написать непосредственно код функции по некоторым правилам, определенным в механизме Unified Extensible Firmware Interface (UEFI).
5. Создать и заполнить структуру, описывающую пользовательскую функцию для ее подключения к Mathcad.
6. Написать код регистрации таблицы сообщений об ошибках и встроенной функции.
7. Создать специальный файл с описанием пользовательской функции для отображения информации о ней в диалоговом окне «Вставка функции».

В качестве среды для написания кода на языке программирования C++ использовалась Visual Studio Community (VSC).

Одной из негативных особенностей СКМ Mathcad является то, что она не позволяет для сторонних разработчиков при написании кода на C++ получить доступ к своим функциям. Поэтому процедуру необходимо было дополнить кодами для интерполяции кубическими сплайнами и для решения системы уравнений методом прогонки.

В результате описанных действий в СКМ Mathcad стало возможным подключить функцию, которая позволяет с легкостью получить результаты решения уравнений тепловлагопереса, показанные, например, на рисунке 2.

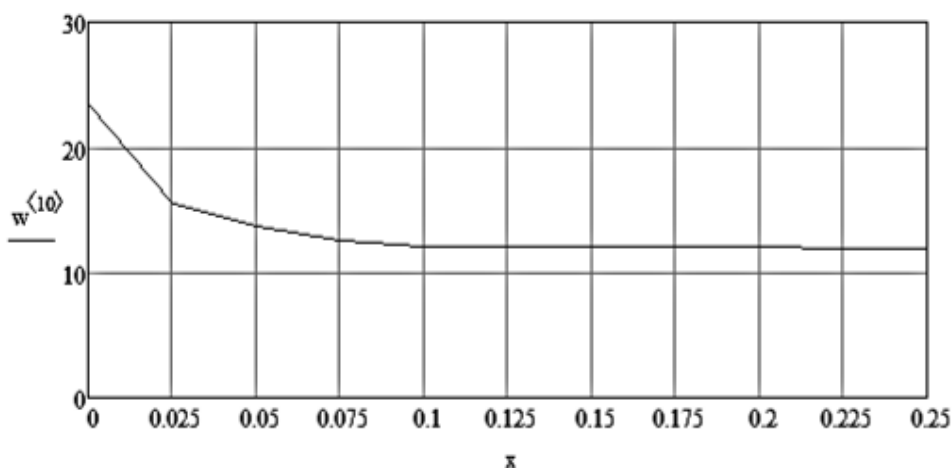


Рисунок 2 – График влагосодержания по толщине материала

Список цитированных источников

1. Kunzel, H.M. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components // H.M. Kunzel, K. Kiessl / Heat mass transfer. – 1997. – V. 40. – № 1. – P. 159–167.
2. Очков, В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия / В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

УДК [69.059:332.6](043.3)

Подлужная А.А.

Научный руководитель: ст.преподаватель Белоглазова О.П.

МЕТОДЫ УЧЕТА ИЗНОСА ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Целью настоящей работы является изучение и анализ существующих методов учета износа при оценке и эксплуатации объектов недвижимости.

Рынок недвижимости — это механизм, обеспечивающий взаимодействие физических или юридических лиц с целью обмена имеющихся прав на недвижимость на деньги либо другие активы. Рынок недвижимости является составной частью рынка инвестиций и представляет его реальный сектор, функционирующий параллельно с сектором финансовых инвестиций [1].

Недвижимость является одним из способов вложения капитала с целью сохранения и/или возрастания его стоимости и получения дохода. Таким образом, сделки с недвижимостью имеют все признаки инвестиционного процесса и, соответственно, требуют определения сроков инвестиций, а также размеров, формы и уровня рисков, связанных с вложением. Риск износа объектов заключается в том, что доходность недвижимости может снизиться за счет физического износа и старения.