

УДК 378.14

ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MATHCAD ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ»

Л.С. Турищев

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: l.turichev@psu.by

Учебный курс занимает важное место при формировании базы знаний в области проектирования, возведения и эксплуатации зданий и строительных сооружений. Целью курса является освоение студентами алгоритмов базовых численных методов, встречающихся в проектно-конструкторской и организационно-управленческой деятельности инженера-строителя. Основной упор делается на объяснение сути численных методов и изложение их алгоритмов, позволяющих решать инженерные задачи. Показывается возможность простой и эффективной реализации, рассмотренных на лекциях численных методов и их алгоритмов, с помощью математического пакета Mathcad.

Ключевые слова: *Mathcad, система линейных алгебраических уравнений, собственные значения, собственные векторы, нелинейное уравнение, системы нелинейных уравнений, матрица Якоби, обыкновенное дифференциальное уравнение, начальная задача, граничная задача, линейное программирование.*

ABOUT THE EXPERIENCE OF USING THE MATHCAD PACKAGE WHEN STUDYING COURSE “NUMERICAL METHODS FOR SOLVING PROBLEMS”

L. Turichev

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: l.turichev@psu.by

The training course occupies an important place in the formation of a knowledge base in the field of design, construction and operation of buildings and construction structures. The goal of the course is for students to master the algorithms of basic numerical methods encountered in the design and organizational and management activities of a civil engineer. The main emphasis is on explaining the essence of numerical methods and presenting their algorithms for solving engineering problems. The possibility of a simple and effective implementation of the numerical methods and their algorithms discussed in lectures using the Mathcad mathematical package is shown.

Keywords: *Mathcad, system of linear algebraic equations, eigenvalues, eigenvectors, nonlinear equation, systems of nonlinear equations, Jacobi matrix, ordinary differential equation, initial value problem, boundary value problem, linear programming.*

Курс «Численные методы решения задач» читается для студентов 2 курса специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» и включает в себя 16 часов лекций и 34 часа практических занятий. Данный курс относится к модулю учебного плана «Информационные технологии 1» и занимает важное место при формировании базы знаний в области проектирования, возведения и эксплуатации зданий и строительных сооружений. Без использования арсенала численных методов расчета, реализуемых на ЭВМ, невозможна подготовка современного инженера-строителя. По данному курсу написан и издан учебно-методический комплекс [1].

Основной целью курса является освоение студентами алгоритмов базовых численных методов, встречающихся в проектно-конструкторской и организационно-управленческой деятельности инженера-строителя. Кроме того, надлежащее понимание и усвоение численных методов решения задач является необходимым условием успешного выполнения расчетно-проектировочных работ, курсовых проектов при изучении дисциплин, связанных как с расчетом и конструированием несущих конструкций строительных сооружений, так и с организацией, планированием и управлением строительного производства.

Лекционная часть курса посвящена изложению следующих базовых тем.

1. Введение в численные методы решения задач.
2. Основные понятия и правила приближенных вычислений.
3. Численные методы решения задач линейной алгебры.
4. Численные методы решения нелинейных уравнений и их систем.
5. Численные методы решения линейных обыкновенных дифференциальных уравнений.
6. Численные методы оптимизации.

Учитывая небольшой объем часов, выделяемых по учебному плану на изучаемый курс, и то, что он предназначается для студентов строительной специальности, при изложении лекционного материала практически не затрагиваются вопросы строгого математического обоснования рассматриваемых численных методов. Основной упор делается на объяснение сути численных методов и изложение их алгоритмов, позволяющих решать инженерные задачи.

На практических занятиях курса, которые проводятся в компьютерном классе, показывается возможность простой и эффективной реализации, рассмотренных на лекциях численных методов и их алгоритмов, с помощью математического пакета Mathcad. Этот пакет не требует знания языков программирования и составления специальных программ для решения задач на ЭВМ. В тоже время его использование развивает навыки к алгоритмического мышления и прививает умения осуществлять численную реализацию алгоритмов решения различных задач. Практические занятия курса посвящены приобретению студентами навыков:

- основ вычислений в математическом пакете Mathcad;
- численного решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ);
- вычисления собственных значений и собственных векторов матрицы;
- численного решения нелинейных уравнений;
- численного решения систем нелинейных уравнений;
- численного решения начальной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений;
- численного решения граничной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений;
- численного решения задачи линейного программирования.

Практические занятия, посвященные основам вычислений в математическом пакете Mathcad, позволяют студентам приобрести начальные умения:

- основных правил работы с пакетом Mathcad, открытия, сохранения и закрытия создаваемого документа;
- создания вычислительных блоков с помощью операторов (арифметических, логических, математического анализа, матричной алгебры, булевой алгебры, символьных преобразований), данных (числовые константы, простые числовые переменные, дискретные числовые переменные, массивы), встроенных функций, функций пользователя, математических выражений (арифметических, логических);

- построения двумерных графики в декартовой системе координат;
- создания текстовых блоков, позволяющих ввести в MathCAD-документ в необходимом объеме словесное описание сути решаемой задачи, ее алгоритма, полученных результатов, а также отдельные текстовые комментарии, поясняющие формулы, графики и другие элементы, связанные с решением задачи, и расположенные рядом с соответствующими элементами. Это придает законченный вид промежуточным и конечным результатам решенной задачи. Например, при выполнении в MathCAD расчетов строительных конструкций использование текстовых блоков позволит быстро и качественно оформить их в форме пояснительной записки.

Практические занятия, посвященные численному решению СЛАУ, позволяют студентам приобрести начальные умения применения для их решения метода Гаусса по схеме единственного деления, метода простой итерации и инструментария Mathcad для решения СЛАУ. При решении СЛАУ в пакете Mathcad студенты:

- создают массивы данных;
- создают для метода Гаусса вычислительный блоки прямого хода;
- создают для метода Гаусса вычислительный блоки обратного хода;
- создают для метода простой итерации вычислительный блок получения эквивалентной системы уравнений;
- создают для метода простой итерации вычислительный блок осуществления итерационного вычислительного процесса;
- выполняют проверку найденных корней системы с помощью инструментария MathCAD – встроенной функции *Isolve* и вычислительного блока *Given – Find*.

Практические занятия, посвященные вычислению собственных значений и собственных векторов матрицы, позволяют студентам приобрести начальные умения применения для их нахождения методом непосредственного решения однородной СЛАУ и инструментария Mathcad для вычисления собственных значений и собственных векторов. При вычислении собственных значений и собственных векторов в пакете Mathcad студенты:

- создают исходную матрицу;
- получают матрицу коэффициентов однородной СЛАУ;
- получают характеристический многочлен;
- находят собственные значения;
- подставляют найденные собственные значения в однородную СЛАУ и выделяют из неё невырожденную неоднородную СЛАУ;
- находят собственные векторы как решения неоднородной СЛАУ;
- выполняют проверку найденных собственных значений и собственных векторов с помощью инструментария MathCAD – встроенных функций *eigenvals* и *eigenvecs*.

Практические занятия, посвященные численному решению нелинейных уравнений, позволяют студентам приобрести начальные умения решать такие уравнения методом половинного деления, методом простой итерации и с помощью инструментария Mathcad. При решении нелинейного уравнения в пакете Mathcad студенты:

- вводят данные с помощью;
- выполняют графическое отделение корней;
- определяют начальное значение корня;
- создают вычислительный блок уточнения корней методом половинного деления до требуемой точности;

- создают вычислительный блок уточнения корней методом простой итерации до требуемой точности;

- выполняют проверку найденного корня с помощью инструментария MathCAD – встроенных функций *root* и *polyroots*.

Практические занятия, посвященные численному решению систем нелинейных уравнений, позволяют студентам приобрести начальные умения решать такие системы методом Ньютона, методом простой итерации и с помощью инструментария Mathcad. При решении системы двух нелинейных уравнений в пакете Mathcad студенты:

- вводят заданную систему уравнений;
- выполняют графическое отделение корней;
- определяют начальные значения корня;
- формируют матрицу Якоби;
- проверяют условие вырожденности Якобиана;
- создают вычислительный блок уточнения корней методом Ньютона до требуемой точности;

- создают вычислительный блок уточнения корней методом простой итерации до требуемой точности;

- выполняют проверку найденных корне с помощью инструментария MathCAD – вычислительного блока *Given – Find*.

Практические занятия, посвященные численному решению начальной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, позволяют студентам приобрести начальные умения решать такие уравнения методом Эйлера, методом Рунге-Кутты и с помощью инструментария Mathcad. При решении начальной задачи в пакете Mathcad студенты:

- вводят заданное уравнение;
- задают функцию, стоящей в правой части уравнения;
- задают начальные условия;
- создают вычислительный блок, реализующий алгоритм метода Эйлера;
- находят численное решение на заданном интервале;
- осуществляют визуализацию численного решения;
- создают вычислительный блок, реализующий алгоритм метода Рунге-Кутты четвертого порядка;

- находят численное решение на заданном интервале;
- осуществляют визуализацию численного решения;
- осуществляют решение заданной начальной задачи с помощью инструментария MathCAD – вычислительного блока *Given – Odesolve*.

Практические занятия, посвященные численному решению граничной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, позволяют студентам приобрести начальные умения решать такие уравнения методом конечных разностей и с помощью инструментария Mathcad. При решении граничной задачи в пакете Mathcad студенты:

- вводят заданное уравнение;
- задают граничные условия;
- создают вычислительный блок, реализующий алгоритм метода конечных разностей;
- находят численное решение, соответствующее заданным граничным условиям;
- осуществляют визуализацию численного решения;
- осуществляют решение заданной граничной задачи с помощью инструментария MathCAD – вычислительного блока *Given – Odesolve*.

Практические занятия, посвященные численному решению задачи линейного программирования, позволяют студентам приобрести начальные умения решать такие задачи симплекс-методом и с помощью инструментария Mathcad. При решении задачи линейного программирования в пакете Mathcad студенты:

- вводят линейную целевую функцию с заданными ограничениями на элементы решения;
- формируют симплексную матрицу;
- создают вычислительный блок, реализующий алгоритм получения начального опорного решения;
- создают вычислительный блок, реализующий алгоритм получения оптимального опорного решения;
- осуществляют решение заданной задачи линейного программирования с помощью инструментария MathCAD – встроенных функций *minimize* или *maximize*.

В ходе практических занятий студентам разъясняются следующие особенности использования численных методов решения задач.

Во-первых, приступая к численному решению задачи, описывающей поведение некоторого реального строительного объекта или процесса, нужно отчетливо представлять, что необходимо узнать и будут ли все вычисляемые величины способствовать пониманию поведения исследуемого объекта или процесса. Важно понимать, что количество вычисленных величин не обязательно способствует пониманию сути результатов решаемой задачи.

Во-вторых, понимая цель вычислений и определив их объем, необходимо ясно представлять, какие входные данные или начальные параметры характеризуют решаемую задачу. При этом следует понимать, что используемые входные данные связаны с теми допущениями, которые были введены при формировании содержательной модели исследуемого строительного объекта или процесса, и могут не учитывать некоторую информацию о самом объекте или процессе. Поэтому нужно критически относиться к входным данным и предусматривать возможность включения в вычислительный алгоритм дополнительных начальных параметров для проверки их значимости и влияния на конечные результаты.

В-третьих, после осмысления цели вычислений и ясного понимания, что необходимо учитывать для ее достижения, следует тщательно продумать алгоритм вычислений. Важно предусмотреть в нем процедуры проверок, получаемых промежуточных и конечных результатов. Цель таких проверок – соответствие получаемых результатов исследуемому объекту или процессу.

Таким образом, студентов приучают при решении строительных задач численными методами, руководствоваться двумя принципами, сформулированными известным ученым в области вычислительной математики и теории информации Ричардом Хеммингом. Первый принцип – «Прежде, чем решать задачу, подумай, что делать с её решением» и второй принцип – «Цель расчетов – не числа, а понимание» [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Турищев, Л.С. Численные методы решения задач строительства. Учебно-методический комплекс / Л.С. Турищев. – Новополюцк, 2004. – 139 с.
2. Хемминг, Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров / Р.В. Хемминг. – М.: Изд. «Наука», 1968. – 400 с.