

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР MATHCAD КАК СРЕДСТВО ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.А. Григорьев

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь, agrig@bsuir.by*

Abstract. MathCad is regarded as advanced application package for technology use in educational process and can be consistently applied in the lecture, laboratory and practical for distance learning courses.

Дистанционное образование предполагает, что различные формы практических работ, включая эксперименты и расчеты при курсовом и дипломном проектировании, могут выполняться в виртуальных лабораториях. В качестве виртуальной лаборатории можно рассматривать программное обеспечение, имитирующее процессы, которые протекают в изучаемых реальных объектах. В виртуальных лабораториях характерно использование программ моделирования процессов в изучаемых или проектируемых объектах, также могут использоваться математические пакеты, программы оптимизации, базы данных и другие компоненты программного и информационного обеспечения. Типичными примерами программного обеспечения для расчетов и анализа процессов в исследуемых системах могут служить математические пакеты типа Mathcad.

Mathcad – система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением. Данная среда математического моделирования используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования, путем использования распределённых вычислений и традиционных языков программирования. Mathcad достаточно удобно использовать для обучения, вычислений как физических, так и инженерных расчетов. Открытая архитектура приложения в сочетании с поддержкой технологий .NET и XML позволяют легко интегрировать Mathcad практически в любые ИТ-структуры и инженерные приложения. Есть возможность создания электронных книг (e-Book).

Рассмотрим применения современных программных средств для создания новых физических моделей, которые могут найти приложения в технологии создания пленочных покрытий в технологиях микроэлектроники. Основным моментом является правильное моделирование диффузионного движения частиц вещества на подложке.

В качестве модели возьмем систему материальных точек, которые располагаются в первой четверти квадратного контура на плоскости в отсутствие внешних и внутренних сил. Стенки контура не являются прозрачными для частиц, столкновения частиц со стенками происходят упруго. После столкновения частица оказывается на противоположной стороне. Между собой частицы не сталкиваются. Целью работы будет являться получение анимационной картины движения частиц как результат численного решения соответствующей системы уравнений, а также исследование функции энтропии данного данной системы частиц.

Зададим число частиц $N = 36$ и пронумеруем их по $i = 0 .. (N - 1)$. Пусть переменная время изменяется дискретно $j = 0 .. t - 1$, где $t = 500$ с. Проекция вектора скорости частицы на координатные оси изменяется в соответствии с законом распределения Максвелла вследствие хаотического движения частиц газа, то есть проекции скорости на оси координат будут случайными числами, определяемыми с помощью функции нормального распределения. Последняя будет функцией массы частицы и температуры подложки, по которой происходит движение частиц.

Определим N -мерный вектор случайных значений проекции скорости i -ой частицы v_{xij} на ось OX в момент времени j с помощью функции нормального распределения, встроенной в MathCad, $v_{xij} = rnorm(N, meanvx, \sigma x)_i$. В силу симметрии задачи аналогично можно определить и проекцию вектора скорости на ось OY v_{yij} . Тогда закон наращивания координат будет иметь следующий вид: $dx_{ij} = v_{xij} \cdot dt$, $dy_{ij} = v_{yij} \cdot dt$. Анимационный график положения частиц во времени строится на плоскости XOY по полученным значениям координат частиц. Средства MathCad позволяют последовательно воспроизводить расположения частиц, то есть получать анимированные графики. В итоге мы наблюдаем, как частицы равномерно заполняют контур, начиная свое движение из его первой четверти, при этом процесс движения необратим. Функция энтропии системы определяется как $Y_j = k \cdot \Omega_j$, где k – постоянная Больцмана, Ω – статистический вес (термодинамическая вероятность) – число различных микросостояний, соответствующих данному. В нашем случае Ω определяется как функция частоты посещения частицами каждой координатной четверти P_j .

В результате численного моделирования получаем вид функции энтропии системы $Y(x)$, где x – время, и вид фитирующей функции $St(z)$ (Рисунок 1.).

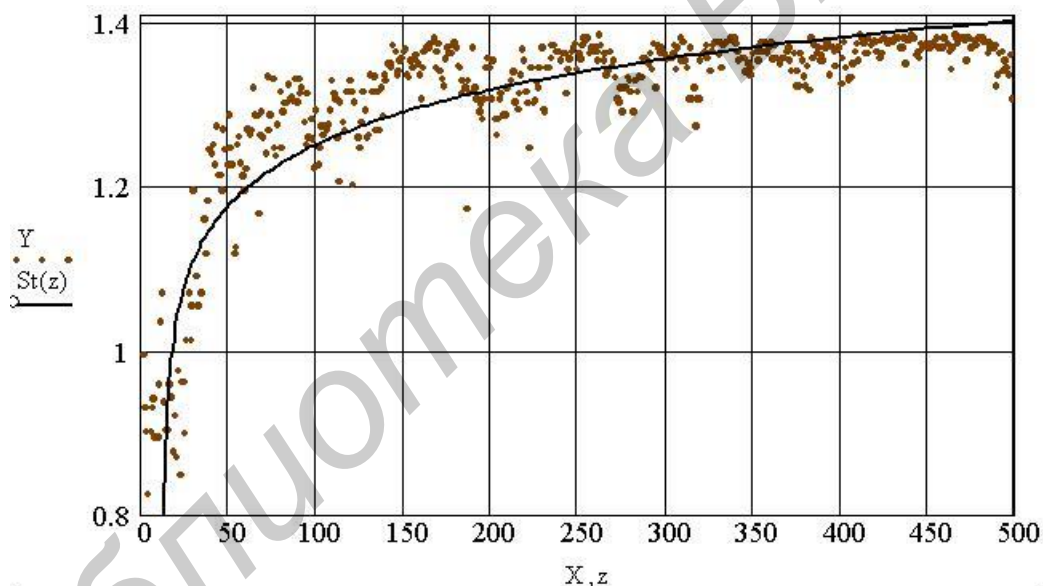


Рисунок 1 – График функции энтропии системы $Y(x)$ и фитирующей функции $St(z)$.

Из графика следует, что значения функции энтропии растут с течением времени, что подтверждает общезначимый закон.

Таким образом, пакет MatCad является удобной, современной интерактивной средой для моделирования физических процессов, приложения которой могут быть использованы в образовательной среде для дистанционной формы обучения.

В качестве виртуальной лаборатории можно рассматривать данное программное обеспечение, так как оно дает возможность студенту самостоятельно выполнять практические задания и общаться с тьютором с помощью интернет-браузера, который встроен в пакет MatCad.