Литература

1. Mendez-Otero, M. M. High order dark spatial solitons in photorefractive $Bi_{12}TiO_{20}$ crystal / M. M. Mendez-Otero [et al.] // Opt. Commun. – 2001. – Vol. 193. – P. 277–282.
2. Iturbe Castillo, M. D. (1+1)-Dimension dark spatial solitons un photorefractive $Bi_{12}TiO_{20}$ crystal / M.D. Iturbe Castillo [et al.] // Opt. Commun. – 1995. – Vol. 118. – P. 515–519.
3. Шепелевич, В. В. Взаимодействие экранирующих солитонов в кубических оптичесик активных фоторефрактивных кристаллах / В. В. Шепелевич [и др.] // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 33. № 4. – С. 351–355.
4. Chen, Z. Sequential formation of multiple dark photorefractive spatial solitons: experiments and theory / Z. Chen [et al.] // J. Opt. Soc. Am. B. – 1997. – Vol. 14, No. 6. – P. 1407–1417.

В.С. Коржов (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)
Науч. рук. **О.М. Дерюжкова**, к.ф.-м.н., доцент

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЁТЫ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ MATLAB

MathWorks MATLAB представляет собой основу всего семейства продуктов MathWorks и является главным инструментом для решения широкого спектра научных и прикладных задач, в таких областях как: моделирование объектов и разработка систем управления, проектирование коммуникационных систем, обработка сигналов, изображений и экспериментальных данных, измерение сигналов и тестирование, финансовое моделирование и другие. Кроме того, среда MATLAB может оказать заметную помощь студенту в изучении физики, так как позволяет освоить методы создания и исследования моделей физических явлений. При желании среда MATLAB тесно интегрируется с вычислительной средой Simulink, образуя мощную систему инженерных расчётов любого уровня сложности. Регулярно выпускаются обновления, а также разрабатываются так называемые тулбоксы (*Toolboxes*) и блоксеты (*Blocksets*), позволяющие упростить и повысить эффективность проведения расчетов для разнообразных систем и их компонент.

Тулбоксы и блоксеты – результат многолетнего развития продукта MATLAB, в процессе которого разработчики ориентировались на различных пользователей. Тулбоксы представляют собой набор М-файлов

(*Model Files*), т.е. функций в системе MATLAB, под частные классы задач: обработка сигналов, моделирование, построение фильтра калмана [1]. М-файлы, в свою очередь, представляют собой набор обыкновенных текстовых файлов с расширением *.m, код которых выполняется в командном окне (*Command Window*) MATLAB. Таким образом, пользователь имеет возможность использовать одинаковые функции в различных проектах, не отвлекаясь на детали и экономя значительную часть своего времени. М-файлы можно условно разделить на файлы-программы (*Script M-Files*) и файлы-функции (*Function M-Files*), создание которых осуществляется в контекстном меню программы (см. рисунок 1).

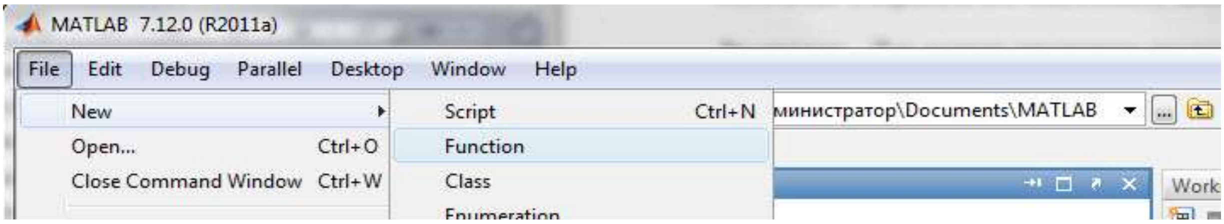
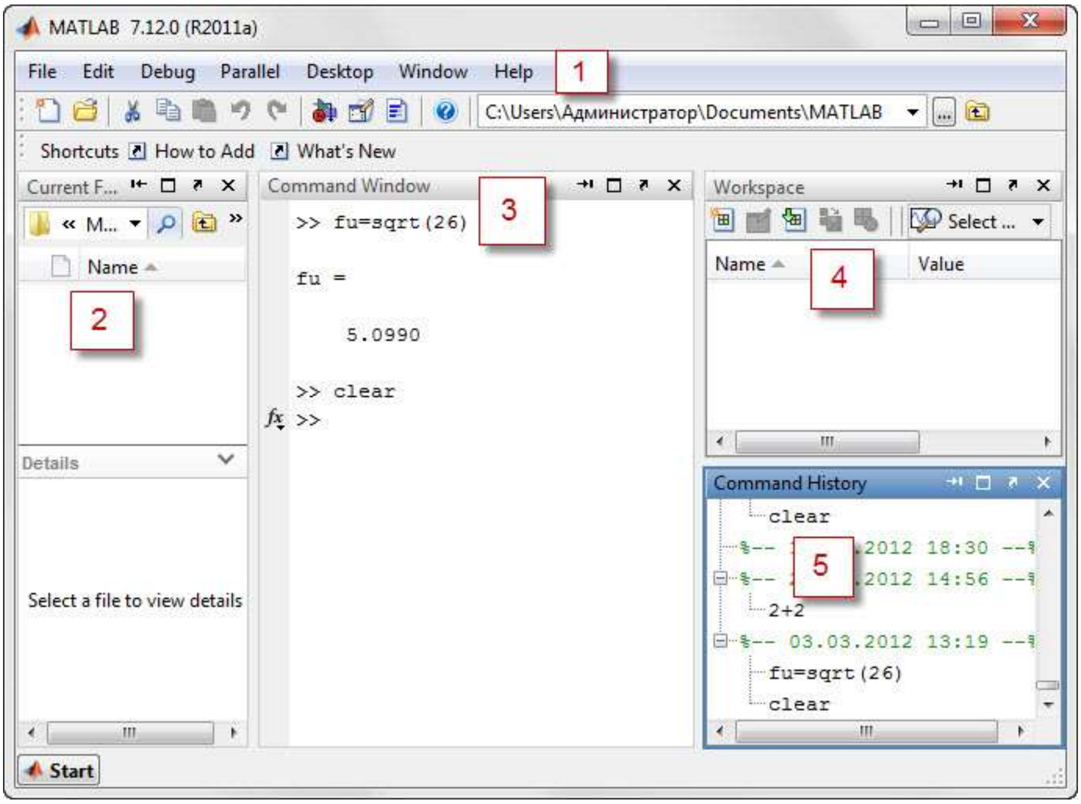


Рисунок 1 – Создание М-файла

Интерфейс программы представлен различными окнами. Стандартный набор показан на рисунке 2.



1 – Контекстное меню; 2 – Current Folder;
3 – Command Window; 4 – Workspace; 5 – Command History

Рисунок 2 – Интерфейс MATLAB

Первое окно представляет собой классическое контекстное меню со стандартным набором основных команд: создание/сохранение фалов, распечатка документа, пошаговое выполнение расчётов, поведение окна MATLAB в операционной оболочке и прочие. К слову, разработчиками заявлена совместимость программы не только с Windows, а также с такими операционными системами, как MacOS или Linux. Окно «Текущая папка» (*Current Folder*) оповещает об M-файлах, найденных в пользовательской папке. Важнейшим окном программной среды можно назвать «Командное окно» (*Command window*). В этом окне вводятся данные, подлежащие расчёту, а также системные команды. Например, команда **clear**, очищающая имена всех заданных переменных в процессе вычислений. Имена этих переменных до очищения накапливаются в окне «Рабочее пространство» (*Workspace*). А окно «История команд» (*Command History*) отображает все вводимые пользователем в среду данные.

Рассмотрим пример численного решения задачи в системе MATLAB. Снаряд вылетает из пушки под углом $\alpha=42^o$ к горизонту с начальной скоростью $v_0 = 350$ м/с. Через какой промежуток времени его расстояние (не проекция) от точки выстрела будет равно 2.75 км? Сопротивление воздуха не учитывать. Пусть s – модуль вектора расстояния, тогда его значение будет равно корню квадратному из суммы квадратов проекций на две оси координат. Решению задачи соответствуют нули функции:

$$F(t) = s - \sqrt{(tv_0 cos\alpha)^2 + (tv_0 sin\alpha - \frac{gt^2}{2})^2} = 0, \quad (1)$$

где t – время полёта, g – ускорение свободного падения.

Для решения подобного рода задач необходимо построить график – средства MATLAB это позволяют (см. рисунок 3):

```
>> clear
>> u=42/180*pi; g=9.81; v0=350; s=2750;
>> t=[0:0.05:30];
>> y1=s-sqrt((v0*cos(u)*t).^2+(v0*sin(u)*t-(g/2)*t.^2).^2);
>> plot(t,y1)
>> grid on
>> title('График зависимости расстояния от времени')
>> xlabel('t, c')
>> ylabel('s, м')
```

Рисунок 3 – Построение графика в системе MATLAB

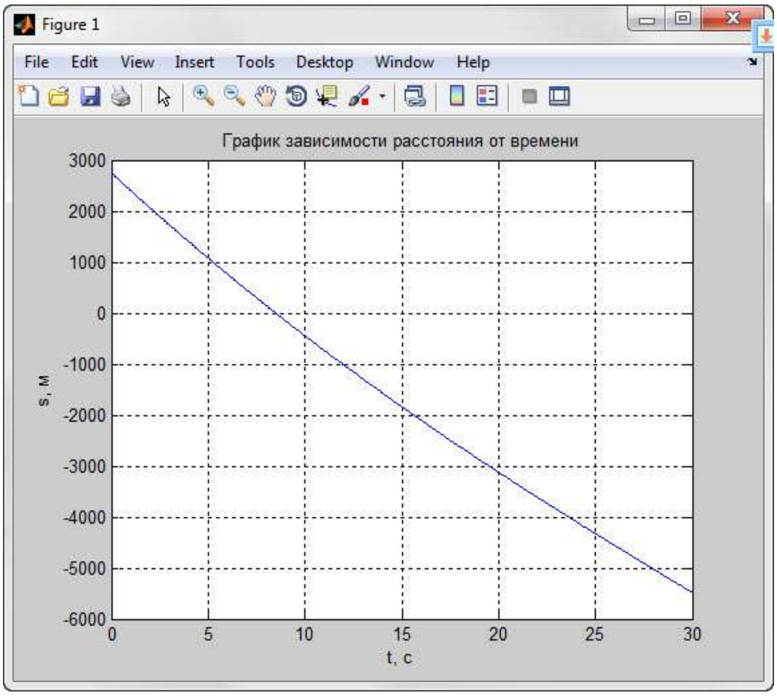


Рисунок 4 – График решения в системе MATLAB

Из графика на рисунке 4 находим, что решение лежит в отрезке [5; 10]. Теперь для решения применим метод половинного деления, сопоставив ему решение, полученное с помощью встроенной функции FZERO системы MATLAB (рисунки 5 и 6).

```
>> t0=5;
t1=10;
err=10^(-5);
while abs(t1-t0)>err,
h=(t0+t1)/2;
if (s-sqrt((t0*v0*cos(u))^2+(t0*v0*sin(u)-g*t0^2/2)^2))*(s-sqrt((h*v0*cos(u))^2+(h*v0*sin(u)-g*h^2/2)^2))<0
t1=h;
else
t0=h;
end
end
t=(t0+t1)/2

t =

    8.4983
```

Рисунок 5 – Метод половинного деления в системе MATLAB

```
>> t=fzero('2750-sqrt((x*350*cos(42/180*pi))^2+(x*350*sin(42/180*pi)-9.81*x^2/2)^2)', 6)

t =

    8.4983
```

Рисунок 6 – Функция FZERO в системе MATLAB

Как мы можем заметить, результаты вычислений совпадают. Действительно, подставив вычисленное значение аргумента в функцию F(t) (уравнение (1)), получаем

$$F(8.4983) = 0.$$

Таким образом, через восемь с половиной секунд ядро окажется на расстоянии более 2750 метров от пушки. Хотелось бы подчеркнуть, что встроенная функция даёт тот же результат, что и метод половинного деления, но уже с меньшими затратами усилий, позволяя пользователю сэкономить своё время для выполнения более серьёзных физических задач.

Использование системы MATLAB позволяет не только освоить методы численной реализации модели, наглядной интерпретации полученных результатов, но и дает углубленное понимание физической природы моделируемого явления.

Литература

1. Кирьянов, Д. В. Mathcad 12. Наиболее полное руководство / Д. В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 566 с.

Д.С. Котов, Е.В. Верхотурова (БГУ, г. Минск)

Науч. рук. **В.А. Саечников**, д.ф.-м.н., профессор

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИМИ ЯДОВИТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Руководствуясь нормативными документами, разработаны теоретические основы расчета зоны заражения экспересс-методом при выбросах и проливе сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ).

Предложено, для описания глубины зоны заражения от эквивалентного количества СДЯВ использовать два полинома:

$$\Gamma = \begin{cases} \sum_{i=1}^{6} a_i Q_э^i, & \text{при} \quad 0{,}01 \le \mathrm{Q}_э \le 3\text{т} \\ \sum_{j=1}^{4} b_j \left(\lg Q_э\right)^j, & \text{при} \quad 3 \le \mathrm{Q}_э \le 20\,m \end{cases}, \qquad (1)$$

где $Q_э$ – эквивалентное количество СДЯВ, a и b – эмпирические коэффициенты.

С помощью метод последовательного исключения переменных выполнено нахождение коэффициентов в полиномах.

Показано, что при четырех знаках после запятой в коэффициенте a_i значение коэффициента дисперсии глубины зоны заражения составляет