



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Омской области «Омский колледж отраслевых технологий
строительства и транспорта»**

Медникова Л.А., Иняев С.В.

**Методические указания по теме:
«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
EXCEL ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО
ФИЗИКЕ»**

Медникова Л.А., Иняев С.В., Методические указания по теме: «Использование возможностей Excel для решения задач по физике». - Омск: БПОУ ОО «ОКОТСиТ», 2018. – 15 с.

Методические указания для обучающихся по использованию электронных таблиц Excel для решения физических задач на занятиях по физике. В нем представлены физические задачи по кинематике, рассмотрены методы их решения в таблицах Excel.

Методические указания являются частью программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих и программ подготовки специалистов среднего звена БПОУ ОО «ОКОТСиТ» для всех специальностей. Методические указания содержат большое количество примеров, которые позволяют обучающимся самостоятельно научиться создавать математические и компьютерные модели, выполнять вычислительные эксперименты.

Оглавление

Методы решения задач в электронных таблицах	4
1. Кинематика точки: одномерное движение	7
2. Кинематика точки: двумерное движение	10
Литература:.....	15

Методы решения задач в электронных таблицах

Для решения задач в табличном процессоре Excel будем использовать два способа. Первый способ предполагает табулирование функций и построение графиков без использования макросов. Например, для расчета движения камня, брошенного под углом к горизонту, в столбец A вводят значения времени 0, 0,1, 0,2, 0,3 и т. д., в столбцы B и C вводят формулы для расчета координат материальной точки $x = v \cos \alpha \cdot t$, $y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$, закодированные соответствующим образом, и копируют их в ячейки, расположенные ниже. Используется относительная адресация, формулы вводятся в виде “=6+8*SIN(0,87)*A3–9,8*A3*A3/2”. При их копировании изменяются адреса ячеек. Параметры системы и начальные условия записываются в специальные ячейки электронной таблицы, при этом в использующих их формулах применяется абсолютная адресация: \$E\$2, \$F\$3 и т. д. На основе получающейся таблицы стандартными средствами Excel строят графики исследуемых функций.

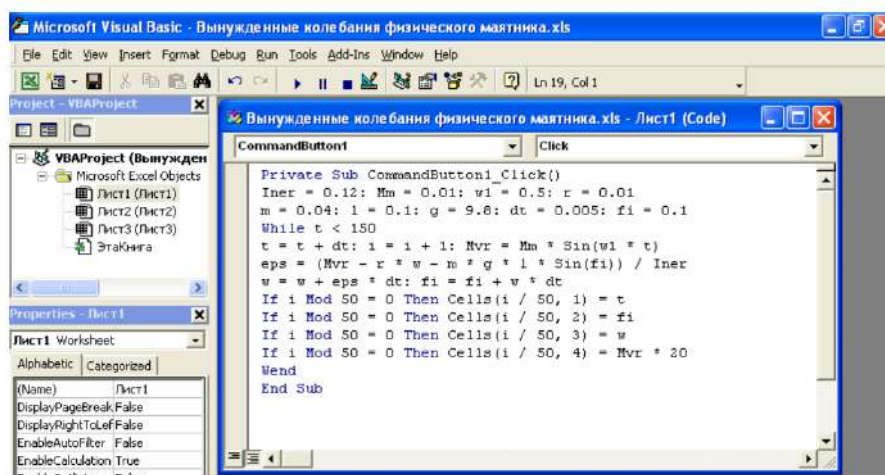


Рис. 1. Создание макроса для моделирования вынужденных колебаний.

Для решения более сложных задач следует применять второй способ, предусматривающий написание макроса – небольшой программы, создаваемой пользователем в специальном блоке. Макрос пишется на языке Visual Basic и может содержать цикл по времени, координате, использоваться для нахождения интеграла, производной, многократном пересчете элементов массива и т. д. В некоторых задачах с помощью программ VBA (Visual Basic Application) рассчитываются координаты движущихся частиц, решается соответствующее уравнение в частных производных,

строится сечение Пуанкаре, проводится серия испытаний и т. д. Для написания макроса достаточно выбрать: Вид → Панели инструментов → Элементы управления → Кнопка [2; 3]. Необходимо кнопку Command Button1 перенести на таблицу и дважды кликнуть по ней. В появившееся окно следует ввести или скопировать текст программы, которая будет исполняться после запуска. Макрос считывает данные из указанных в нем ячеек электронной таблицы и, произведя расчеты, создает таблицу результатов вычислений. На основе этой таблицы строится график изучаемой зависимости. Макрос может быть составлен так, что при повторном нажатии на кнопку программа увеличивает время на заданное время Δt , повторяет расчеты и строит новый график. В некоторых задачах физические величины измеряются в условных единицах. На рис. 1 рассмотрен пример макроса, моделирующего вынужденные колебания физического маятника. После запуска программы получаются таблицы результатов решения соответствующего дифференциального уравнения второго порядка: $\phi \phi \phi \omega \tau \max I \&\& + r \& + mg \sin = M \sin$, где τ – время (рис. 2). В столбцы A, B, C, D выводятся время, угол отклонения, угловая скорость маятника и внешний вращающий момент, вызывающий его колебания. На основе полученной таблицы строят графики $\phi(\tau)$, $\omega(\tau)$ и $M(\tau)$. При этом используют мастер диаграмм, выбирают опцию “точечная диаграмма со значениями, соединенными сглаживающими линиями”.

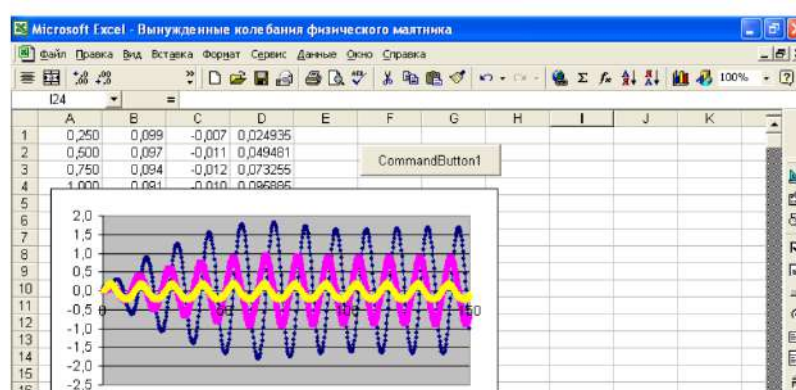


Рис. 2. Результаты моделирования вынужденных колебаний

Настоящее учебное пособие может использоваться на практических занятиях по компьютерному моделированию и методам решения физических задач на компьютере. Занятия проводятся в компьютерном классе. Студенты загружают на компьютеры электронное пособие, преподаватель сообщает номера задач, которые

следует решить. Студенты решают задачи самостоятельно, либо опираясь на примеры, проанализированные в учебном пособии.

1. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ: ОДНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

1.1. Точка движется вдоль оси Ox , ее скорость изменяется по закону: $v(t) = 1,0 + 3,0t + 2,0t^2 - 1,0t^3$ (м/с). Постройте графики зависимости $x(t)$ и $v(t)$. Найдите координату и скорость точки в момент $t = 3,2$ с, а также среднюю скорость за первую и третью секунды движения.

Запишем формулы: $\Delta x = v(t) \Delta t$, $x = \int v(t) dt + x_0$. Координата x находится как интеграл от скорости по времени, для ее вычисления применяется метод прямоугольников. Шаг по времени $\Delta t = 0,1$ помещают в ячейку $E1$. В ячейку $A1$ таблицы вводят время $t = 0$, в ячейку $A2$ – $=A1 + \$E\1 , затем эту формулу копируют вниз. Высота таблицы 50 строк. В ячейку $B1$ вводят формулу для расчета скорости точки $=0,1 + 0,3 * A1 + 0,2 * A1^2 - 0,1 * A1^3$, а затем ее копируют вниз. В ячейку $C1$ записывают формулу $=B1 * \$E\1 , а в ячейку $C2$ помещают формулу $=C1 + B2 * \$E\1 , которую также копируют вниз. В ячейках столбца C вычисляется приращение координаты за время Δt и складывается с координатой точки в предыдущий момент времени. На основе таблицы строят графики $x(t)$ и $v(t)$.

1.2. Поезд выехал из A в B со скоростью 70 км/ч. Через 3 часа после начала движения из B вышел второй поезд, движущийся со скоростью 80 км/ч по направлению к A . Расстояние от A до B 1560 км. Где и когда поезда встретятся? Постройте графики движения () 1 $x(t)$ и () 2 $x(t)$.

1.3. Две частицы движутся вдоль оси Ox в соответствии с уравнениями: 1 $x_1 = - + (м)$ и 2 $x_2 = 235 + 4t - 2t^2$ (м). Постройте графики зависимостей координат и скоростей частиц от времени, определите время и место их встречи.

1.4. Точка в течение 2 с двигалась равномерно со скоростью 6 м/с, затем 3,2 с двигалась с ускорением 1,2 м/с². Следующие 4,3 с она двигалась равномерно, а затем 3 – равнозамедленно с ускорением $-1,6$ м/с². Постройте графики зависимостей координаты и скорости точки от времени, определите пройденный путь, вычислите среднюю скорость.

1.5. Точка 5 с движется по закону $v = 1,2 \cdot t$ (м/с), затем 10 с равномерно со скоростью 6 м/с, после чего скорость уменьшается по закону Майера Р. В. Решение физических задач в электронных таблицах Excel 10 $v(t) = 6 - 0,7(t - 15)$ (м/с). Постройте графики зависимости координаты и скорости точки от времени.

Определите скорость и координату точки в моменты 9,3 с и 17,6 с. Вычислите среднюю скорость за первые 14 с.

1.6. Точка движется вдоль оси Ох с начальной скоростью 3 м/с. Ускорение (в м/с²) задано формулой: $a_x = -4,3 + 0,8t + 0,5t^2$, где t – время в секундах. Постройте графики зависимостей $v(t)$ и $x(t)$, если начальная координата $x_0 = 1$ м. Определите координату и скорость точки в момент $t = 9,4$ с, а также среднюю скорость за вторую секунду движения.

1.7. В момент $t = 0$ камень падает без начальной скорости с высоты 23 м. В момент $t = 0,3$ с второй камень бросают вверх со скоростью 8 м/с. Постройте графики зависимостей координат и скоростей тел от времени. Определите момент времени, когда камни окажутся на одной высоте h . Найдите высоту h .

1.8. Дробинка падает в вязком масле так, что ее скорость изменяется по закону $v = 0,7e^{-t}$ (м/с). Постройте графики зависимостей координаты, скорости и ускорения от времени. Определите момент времени, когда скорость дробинки будет равна 8 м/с, а также среднюю скорость за первую и третью секунды движения.

1.9. Точка колеблется по закону $x(t) = 15\sin(4t + 0,1)$ (см). Постройте графики зависимостей координаты, скорости и ускорения точки с течением времени, а также фазовую кривую в осях x и v . Определите координату, скорость и ускорение точки в момент $t = 3,7$ с.

1.10. Точка совершает вынужденные колебания, описываемые уравнением $x = 13\sin(8t + 0,05)$ (см). Постройте графики зависимостей координаты, скорости и ускорения точки с течением времени, а также фазовую кривую в осях x и v . Определите координату, скорость и ускорение точки в момент $t = 4,2$ с.

1.11. Тело совершает затухающие колебания, описываемые уравнением: $x = A e^{-\beta t} \sin(\omega t + \phi_0)$. Постройте графики зависимостей координаты x и проекции скорости v от времени, а также фазовую кривую при различных значениях амплитуды A , частоты ω , начальной фазы ϕ_0 и коэффициента затухания β . Например, $A = 10$ см, $\omega = 5$ рад/с, $\phi_0 = 1,3$ рад, $\beta = 0,1$ с⁻¹.

1.12. В результате сложения двух колебаний в одном направлении точка движется по закону $x(t) = 12\sin(3,3t + 0,6) + 8\sin(3,6t - 0,2)$ (см). Постройте графики

зависимости координаты, скорости и ускорения точки от времени. Определите значения x , v_x и a_x в момент $t = 3,4$ с.

1.13. Точка одновременно участвует в двух колебаниях, происходящих в одном направлении. Их уравнения: $x_1(t) = 12\sin(\omega_1 \cdot t - 3,0)$ и $x_2(t) = 9\sin(\omega_2 \cdot t + 7,1)$. Получите графики результирующих колебаний в следующих случаях: 1) $\omega_1 = 3,4$ рад/с и $\omega_2 = 4,4$ рад/с; 2) $\omega_1 = 3,4$ рад/с и $\omega_2 = 8,4$ рад/с; 3) $\omega_1 = 3,4$ рад/с и $\omega_2 = 3,5$ рад/с. Для каждого случая определите период биений.

1.14. Точка колеблется по закону $x(t) = 12\sin(5t - 1,3)$ (см). Определите первые три момента времени, при которых $x = -3,2$ см. Найдите скорость и ускорение точки в эти моменты времени.

1.15. Точка колеблется по закону $x(t) = 23\sin(4,2t - 3,0) + 05,0$ см. Определите первые три момента времени, при которых $x = 8$ см. Найдите скорость и ускорение точки в эти моменты времени.

1.16. Точка колеблется по закону $x(t) = 15\sin(2,3t + 4,0) + 04,0$ см. Определите первые три момента времени, при которых $v_x = -16$ см/с. Найдите координату и ускорение точки в эти моменты времени.

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ: ДВУМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

2.1. Камень брошен со скоростью $v_0 = 17$ м/с под углом α к горизонту. Рассчитайте его координаты x и y , проекции скорости v_x и v_y , модуль скорости v , угол γ между вектором скорости и горизонталью, тангенциальное a_t и нормальное a_n ускорения в момент $\tau = 1,3$ с.

Запишем формулы, позволяющие определить искомые величины:

- $x = v_0 \cos \alpha \cdot \tau$,
- $y = v_0 \sin \alpha \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2}$,
- $v_x = v_0 \cos \alpha$,
- $v_y = v_0 \sin \alpha - g \tau$,
- $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,
- $\gamma = \arctg \frac{v_y}{v_x}$,
- $a_n = g \cos \gamma$,
- $a_t = g \sin \gamma$.

Для того чтобы можно было изменять исходные данные, задаваемые значения начальной скорости v_0 и угла α следует ввести в отдельные ячейки, например М2 и М3. Чтобы перевести градусы в радианы, в ячейку N3 вводят формулу: “=М3*3,1415/180”. Для решения задачи в Excel создается таблица; содержимое ее ячеек представлено в табл.

Получающиеся результаты приведены на рисунке 3

Таблица 2.1

Ячейки	Величина	Содержимое
B1, B2, B3, ...	τ	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2 ...
C3	x	=M\$2*COS(\$N\$3)*B3
D3	y	=M\$2*SIN(\$N\$3)*B3-9,8*B3*B3/2
E3	v_x	=M\$2*COS(\$N\$3)
F3	v_y	=M\$2*SIN(\$N\$3)-9,8*B3
G3	v	=КОРЕНЬ(E3*E3+F3*F3)
H3	γ	=ATAN(F3/E3)*180/3,1415
I3	a_n	=9,8*COS(ATAN(F3/E3))
J3	a_t	=9,8*SIN(ATAN(F3/E3))

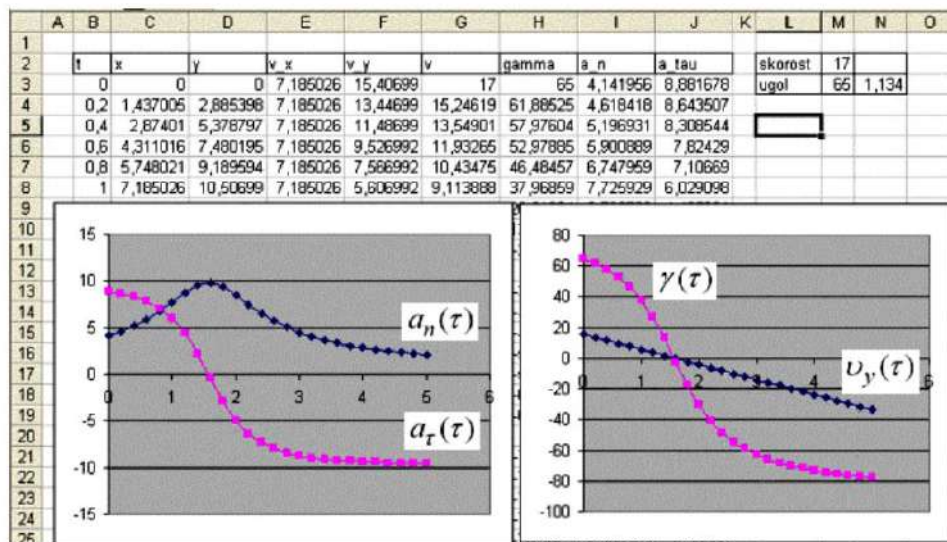


Рис. 3 результаты вычислений

Расчет движения камня, брошенного под углом к горизонту

2.2. Камень брошен со скоростью $v_0 = 13$ м/с под углом $\alpha = 54^\circ$ к горизонту.

Рассчитайте его координаты x и y , проекции скорости v_x и v_y , модуль скорости v , угол γ между вектором скорости и горизонталью, тангенциальное a_t и нормальное a_n ускорения в моменты времени $\tau = t \cdot \Delta t$, $\Delta t = 0,2$ с, $t = 1, 2, 3, \dots$

2.3. Камень брошен горизонтально со скоростью $v_0 = 14$ м/с с башни высотой 23 м. Рассчитайте его координаты x и y , проекции скорости v_x и v_y , модуль скорости v , угол γ между вектором скорости и горизонталью, тангенциальное a_t и нормальное a_n ускорения в моменты времени $\tau = t \cdot \Delta t$, $\Delta t = 0,2$ с, $t = 1, 2, 3, \dots$

2.4. Стержень ОА длиной 14 см колеблется относительно точки О по закону $\phi(\tau) = 1,5 \sin(2 \cdot \tau)$ рад. Постройте графики зависимости модуля линейной скорости точки А, а также нормального, тангенциального и полного ускорений. Определите значения этих величин в момент, когда: 1) маятник проходит положение равновесия; 2) находится в крайнем положении; 3) отклонен на угол $0,7$ рад. Нарисуйте рисунок, на котором покажите эти вектора в заданные моменты времени.

2.5. Колесо радиусом 17 см вращается с ускорением $\varepsilon = 0,3 + 0,1\tau$ (рад/с²), начальная скорость равна 0. Постройте графики зависимости угловой скорости ω , угла поворота ϕ , тангенциального a_t и нормального a_n ускорений точки А на ободе колеса от времени. Определите момент времени, когда угол между вектором полного ускорения a и радиусом колеса равен 38° .

2.6. Точка одновременно участвует в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях. Амплитуды колебаний A_x , A_y , их частоты ω_x , ω_y и сдвиг фаз $\Delta\phi$ заданы. Необходимо определить траекторию движения точки и ее координаты x , y в произвольный момент τ .

Используемая программа 2.1 содержит цикл по времени; в нем вычисляются координаты $(x, y) = (A_x \cos(\omega_x \tau), A_y \cos(\omega_y \tau + \phi_0))$, а результаты записываются в ячейки таблицы Excel. Значения амплитуд, частот колебаний и сдвига фаз считываются из ячеек H1–H5. Получающаяся таблица и графики представлены на рисунке 4

Программа 2.1

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
Ax = Cells(1, 8): Ay = Cells(2, 8)
```

```
wx = Cells(3, 8): wy = Cells(4, 8)
```

```
fi = Cells(5, 8): dt = 0.2
```

```
While t < 60
```

```
t = t + dt: i = i + 1
```

```
x = Ax * Cos(wx * t)
```

```
y = Ay * Cos(wy * t + fi)
```

```
Cells(i, 1) = x: Cells(i, 2) = y
```

```
Wend End Sub
```

Программа позволяет промоделировать движение точки при различных амплитудах, частотах и сдвиге фаз. В случае когда частоты кратны целым числам (то есть $\omega_x / \omega_y = n / m$, где $n, m \in \mathbb{Z}$), точка движется по замкнутой кривой, называемой фигурой Лиссажу.

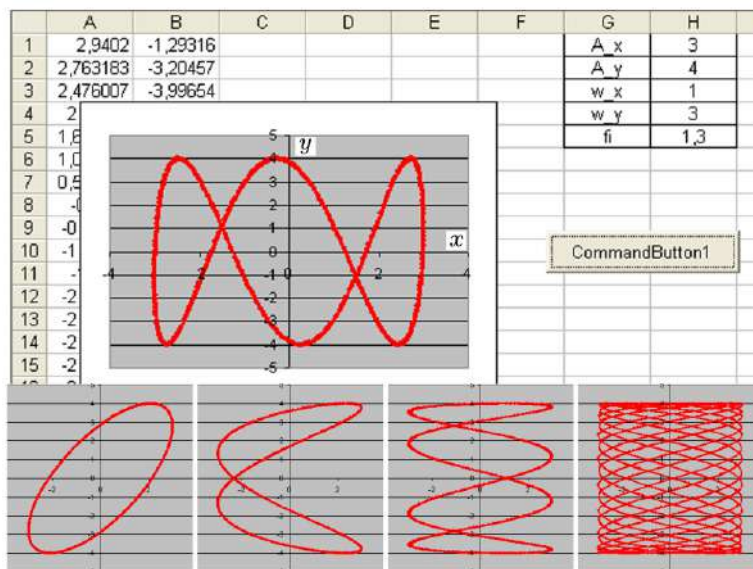


Рис. 4 Движения точки, колеблющейся во взаимно перпендикулярных направлениях при различных отношениях ω_x ω_y /

2.7. Точка одновременно участвует в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях. Уравнения колебаний имеют вид $x(\tau) = 8\sin(3,2 \cdot \tau - 0,3)$ (см) и $y(\tau) = 6\sin(2,8 \cdot \tau + 1,1)$ (см). Найдите модуль скорости точки и угол, который составляет вектор скорости с осью Oх в момент времени 2,8 с.

2.8. Точка движется по закону: $x(\tau) = 5\text{sh}(0,2\tau)$ (м), $y(\tau) = 3\tau$ (м). Постройте траекторию движения, определите скорость точки в момент $\tau = 12,3$ с.

Из определения гиперболического синуса получаем: $2 \exp(2,0) \exp(-2,0) = 5$
 $\tau \tau - - x = , y(\tau) = 3\tau$.

Скорость точки вычисляется по формулам: $v = -\Delta\tau + (/) t I t x x x , v = -\Delta\tau + (/) t I t y y y , 2 2 v = v x + v y$.

Используется программа 2.2. После ее запуска получается таблица из четырех столбцов: t , x , y , v , на основе которой строят траекторию точки и определяют ее скорость v в момент $\tau = 12,3$ с.

Программа 2.2

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
    a = 0.2: b = 0.15: dt = 0.1
```

```
    While t < 20 t = t + dt: i = i + 1
```

```
    x = 5 * (Exp(a * t) - Exp(-a * t)) / 2: y = 3 * t
```

```
    Cells(i, 1) = t: Cells(i, 2) = x: Cells(i, 3) = y
```

$vx = (x - x1) / dt$; $vy = (y - y1) / dt$

$v = \text{Sqr}(vx * vx + vy * vy)$

Cells(i, 4) = v: x1 = x: y1 = y:

Wend

End Sub

2.9. Точка движется по закону: $x(\tau) = 4\text{ch}(0,3\tau)$ (м), $y(\tau) = 2\tau$ (м). Постройте траекторию движения, определите скорость точки в момент $\tau = 13,7$ с.

Задача решается аналогично предыдущей. Формула для гиперболического косинуса имеет вид: $\text{ch}(a\tau) = (\exp(a\tau) + \exp(-a\tau)) / 2$.

Литература:

1. Булавин, Л. А., Выгорницкий, Н. В., Лебовка, Н. И. Компьютерное моделирование физических систем. Долгопрудный: Интеллект, 2016. 352 с.
2. Васильев, А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel. М.: Вильямс, 2014. 512 с.
3. Гельман, В. Я. Решение математических задач средствами Excel: Практикум. СПб.: питер, 2003. 240 с.
4. Гулд, Х., Тобочник, Я. Компьютерное моделирование в физике. В 2 ч. Ч. 2. М.: Мир, 2015. 400 с.
5. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. М.: Наука, . 176 с.
6. Кунин, С. Вычислительная физика. М.: Мир, 1992. 518 с.
7. Майер, Р. В. Задачи, алгоритмы, программы [Электронный ресурс]. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2012. URL: <http://maier-rv.glazov.net>
8. Майер, Р. В. Как стать компьютерным гением, или Книга об информационных системах и технологиях. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2018. 204 с.
9. Майер, Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2016. 112 с.
10. Майер, Р. В. Компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие для студентов педагогических вузов [Электронное учебное издание на компакт-диске]. – Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2015. – 24,3 Мб. URL: <http://maier-rv.glazov.net>
11. Майер, Р. В. Решение физических задач с помощью электронных таблиц MS Excel // International Journal of Open Information Technologies. 2014, vol. 2, no. 9. P. 18–23.
12. Могилев, А. В., Пак, Н. И., Хеннер, Е. К. Информатика: учеб. пособие для студ. пед. вузов. М.: Академия, 2013. 816 с.