МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Кафедра информатики и прикладной математики

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению *курсовой работы* по дисциплине **«Информатика»**
на тему

«ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ИЗГИБ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ ДЛИНЫ L С ЖЕСТКОСТЬЮ EJ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ Q(X)»

для студентов специальностей
70 02 01 *«Промышленное и гражданское строительство»*,
70 03 01 *«Автомобильные дороги»*
заочной формы обучения

БРЕСТ – 2007

УДК 681.3

Методические рекомендации содержат сведения о требованиях к содержанию, структуре и оформлению курсовой работы, базовых алгоритмах программирования, примеры решения типовой задачи и стандартные процедуры, приведенные для выполнения в среде EXCEL + VBA, системе компьютерной математики MATHCAD.

Предназначены для студентов первого и второго курсов специальностей «*Промышленное и гражданское строительство*», «*Автомобильные дороги*» по дисциплине «Информатика» заочной формы обучения и имеют целью оказать помощь студентам в подготовке и оформлении курсовых работ по названной дисциплине.

В основу методических рекомендаций положены разработки кандидата физико-математических наук, доцента В.Г. Афонина.

Составили: Хомицкая Т.Г., ст. преподаватель

Рецензент: С.А. Тузик, к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой математического моделирования Учреждения образования «Брестский государственный уни-

ОГЛАВЛЕНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое пособие предназначено для студентов заочной формы обучения инженерно-технических специальностей, выполняющих курсовую работу по дисциплине «*Информатика*». Предполагается, что студенты владеют основами работы с операционной системой WINDOWS, табличным процессором EXCEL и владеют навыками программирования на языке программирования BASIC в среде VISUAL BASIC FOR APPLICATION (VBA).

Методические материалы, связанные с написанием курсовой работы, находятся в локальной вычислительной сети БрГТУ в папке:

U:\ VT&PM \ ZAOCH_F \ Информатика Стр \ Курсовая работа

В методическом пособии рассматривается одна из основных задач курса сопротивления материалов – *расчет на изгиб шарнирно опертой балки под воздействием произвольного количества прямоугольных (равномерно распределенных) нагрузок.*

При этом используется чисто математический подход – приближенное решение краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка аналитическим методом Бубнова – Галёркина. Этот метод достаточно широко распространен в вычислительной практике и может эффективно использоваться для решения гораздо более сложных задач.

В основу настоящих методических рекомендаций положены следующие разработки кандидата физико-математических наук, доцента В.Г. Афонина:

- постановка исходной задачи;
- получение расчетных формул методом Бубнова – Галёркина для одной прямоугольной нагрузки и методика получения расчетных формул для произвольного числа таких нагрузок;
- постановка и решение задачи аппроксимации полученного решения методом наименьших квадратов со специальным выбором эмпирической функции на базе вычислительной надстройки EXCEL Поиск *решения*;
- реализация в EXCEL+VBA и MATHCAD всех вышеперечисленных расчетов в виде соответствующих файлов.

Кроме того, доцентом В.Г. Афониным получены расчетные формулы метода Бубнова – Галёркина для трапецеидальной и параболической нагрузки, что позволит проводить реальные расчеты для однородных балок. Эти формулы будут рассмотрены при изучении курса «*Численные методы решения задач*», который читается для студентов заочной формы обучения в 6-м семестре.

Соответствующие файлы с примерами расчетов по вышеперечисленным задачам, а также описание метода Бубнова – Галёркина находятся в локальной вычислительной сети БрГТУ в папке:

U:\ VT&PM \ ZAOCH_F \ ЧисленныеМетоды \ Примеры

Привлечение среды EXCEL + VBA для выполнения курсовой работы позволяет существенно расширить круг решаемых задач:

- табулирование функции одной переменной на данном отрезке и построение графика функции;
- использование надстройки *Поиск решения* для отыскания корней и поиска экстремальных значений;
- аппроксимация методом наименьших квадратов (МНК) функции изгиба с помощью минимизации суммы квадратов отклонений и решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Поскольку в последнее время широко используются системы компьютерной математики (СКМ), то в данном пособии рассматривается решение указанных задач в СКМ MATHCAD.

Таким образом, студент, выполняя данную курсовую работу, получает практически важные инструменты для решения математических и прикладных задач. Кроме того, студент приобретает знания, умения и навыки в работе с самой распространенной вычислительной системой общего назначения – EXCEL и средой программирования VBA.

Методическое пособие состоит из четырех разделов. В *первом разделе* приводится постановка задачи. *Второй раздел* содержит рекомендации по выполнению курсовой работы в среде EXCEL + VBA, в *третьем разделе* приведен пример реализации типовой задачи в СКМ MATHCAD. В *четвертом разделе* указаны темы рефератов, а в *пятом разделе* сформулированы требования к содержанию и оформлению курсовой работы. В *приложениях* представлены тексты программ, экранные копии распечаток для примера, рассматриваемого в пособии.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Функция прогиба y(x) балки длиной L, покоящейся на двух опорах, удовлетворяет дифференциальному уравнению четвертого порядка

$$y^{IV}(x)=\frac{q(x)}{EJ} \qquad (1.1)$$

с граничными условиями

$$y(0)=0,\ \ y(L)=0,\ \ y''(0)=0,\ \ y''(L)=0. \qquad (1.2)$$

Здесь q(x) – функция нагрузки балки, EJ – жесткость балки.

В курсовой работе необходимо для <u>задач 1 и 2</u>:

1) получить приближенное решение y(x) краевой задачи (1.1), (1.2);
2) исследовать решение y(x);
3) МНК аппроксимировать решение y(x) в виде

$$\tilde{y}(x)=(a\cdot x^4+b\cdot x^3+c\cdot x^2+d\cdot x)\cdot(L-x)$$

с помощью

- решения СЛАУ (используя матричные функции EXCEL);
- минимизации суммы квадратов отклонений (используя надстройку *Поиск решения*).

<u>Задача 1:</u>

Исследовать базовую задачу (рис. 1.1), где функция нагрузки q(x) определена следующим образом:

$$q(x)=\begin{cases} q_1, & \text{если } x_1-w_1\le x\le x_1+w_1;\\ q_2, & \text{если } x_2-w_2\le x\le x_2+w_2;\\ 0 & \text{в остальных случаях.}\end{cases}$$

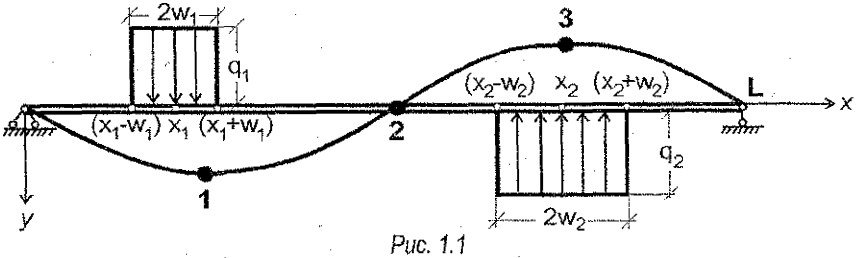


Рис. 1.1

Обозначения на рисунке: **1** – точка максимального положительного прогиба; **2** – точка нулевого прогиба; **3** – точка максимального отрицательного прогиба; q_1 и q_2 интенсивность верхней и нижней равномерно распределенной нагрузки соответственно. Единицы измерения подобраны таким образом, чтобы прогиб получался в м при условии, что $[q]$ = кН/м.

Приближенное решение задачи (1.1), (1.2) осуществляется методом Бубнова – Галёркина – одним из самых распространенных методов решения краевых задач для дифференциальных уравнений.

Параметры задачи EJ, L, q_1, x_1, w_1, q_2, x_2, w_2, m (количество базисных функций в методе Бубнова – Галёркина) и N (число делений отрезка $[0, L]$ при табулировании функции прогиба) выдаются преподавателем в соответствии с индивидуальным вариантом.

Задача 2:

К базовому варианту (две нагрузки) следует добавить еще 3 (три) нагрузки такого же типа – по усмотрению студента. Параметры этих нагрузок подобрать таким образом, чтобы наибольший по модулю суммарный прогиб был предельно большим, но при этом удовлетворял соотношению $\frac{|y_{max}|}{L} \le \frac{1}{500}$ (если такое соотношение не выполняется, то нагрузка считается недопустимо большой).

Основные понятия и задачи, на которых базируется курсовая работа

а) Математические основы:

- Базовые понятия в исследовании функции одной переменной на заданном отрезке: корни, локальные и глобальные экстремумы, простейшие методы их поиска.
- Базовые понятия в решении обыкновенных дифференциальных уравнений: решение краевых задач для уравнений вида $y^{(n)}(x) = q$, где q – константа, n = 1,2,3,4.
- Метод Бубнова - Галёркина для решения краевых задач вида (1.1), (1.2).
- МНК для аппроксимации функции, представленной в табличном виде степенным многочленом специального вида.
- Отыскание величин отклонения одной функции от другой на заданном отрезке

б) Алгоритмические и компьютерные основы:

- Алгоритмы и VB - процедуры, а также встроенные возможности EXCEL для реализации математических методов, указанных в (а).
- Табличный процессор EXCEL с надстройкой *Поиск решения* и встроенной средой программирования VBA.
- Система компьютерной математики MATHCAD.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ

В основу приближенного решения краевой задачи (1.1), (1.2) заложены *принцип суперпозиции* и *метод Бубнова – Галёркина*.

2.1.1. Принцип суперпозиции

Прогиб от суммы нагрузок равен сумме прогибов от отдельных нагрузок.

Т.е. для отыскания суммарного прогиба y(x) вычисляются прогибы $y_1(x)$, $y_2(x)$, ..., $y_p(x)$ от отдельных нагрузок $q_1(x)$, $q_2(x)$, ..., $q_p(x)$, а затем эти прогибы суммируются:

$$y(x) = y_1(x) + y_2(x) + \ldots + y_p(x).$$

2.1.2. Метод Бубнова – Галёркина

Краевая задача (1.1), (1.2) является математической моделью физической задачи, рассматриваемой в курсе сопротивления материалов. Для решения задачи (1.1), (1.2) используем один из наиболее эффективных методов решения краевых задач для дифференциальных уравнений – метод Бубнова – Галёркина.

Рассмотрим задачу (1.1), (1.2) с заданной постоянной нагрузкой q на отрезке [xl, xp] (рис. 2.1), т.е.

$$q(x) = \begin{cases} q, & \text{если } xl \le x \le xp; \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \qquad (2.1)$$

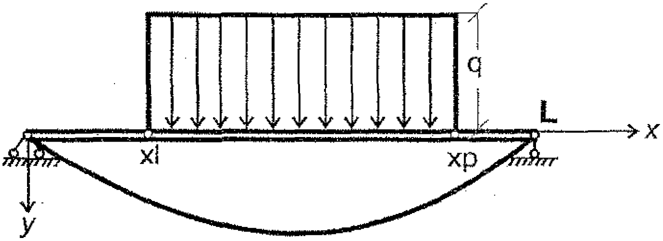


Рис. 2.1

Функция прогиба балки y(x), полученная решением поставленной задачи методом Бубнова – Галёркина, может быть записана в аналитической форме:

$$y(x) = \frac{1}{EJ} ym(x) = \frac{1}{EJ} \sum_{k=1}^{m} \alpha_k \varphi_k(x), \qquad (2.2)$$

где $\varphi_k(x) = sin\left(\frac{k\pi}{L} x\right)$, $k = \overline{1, m}$, – заданные базисные функции

α_k, $k = \overline{1, m}$, – неизвестные коэффициенты.

Отметим, что базисные функции удовлетворяют «нулевым» граничным условиям (1.2), т.е. $\varphi_k(0) = \varphi_k(L) = 0$ и $\varphi_k''(0) = \varphi_k''(L) = 0$, k = 1, 2, ..., m. В силу этого приближенное решение y(x) удовлетворяет граничным условиям (1.2) при любых значениях α_1, α_2, ..., α_m.

Используя метод Бубнова – Галёркина, определим значения α_k:

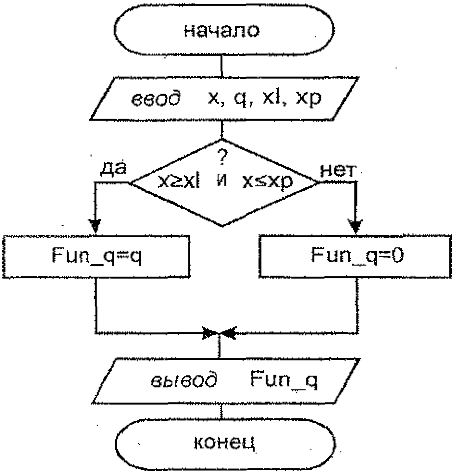
$$\alpha_k = q \frac{2}{k\pi} \left(\frac{L}{k\pi}\right)^4 \left(cos\left(\frac{k\pi}{L} xl\right) - cos\left(\frac{k\pi}{L} xp\right)\right), \; k = \overline{1, m}, \text{ – коэффициенты.}$$

Замечание: более подробную информацию о методе Бубнова – Галёркина для решения дифференциальных уравнений см. в [2 - 4].

2.1.3. Программная реализация

1. *Определение функции нагрузки*

Очевидно, что алгоритм определения функции нагрузки q(x), заданной соотношением (2.1), относится к *разветвляющимся алгоритмам*:



Поскольку результатом является одно значение, то для записи программы используем процедуру типа *Function*:

```
Function Fun_q(x, q, xl, xp)
 If x >= xl And x <= xp Then
  Fun_q = q
 Else
  Fun_q = 0
 End If
End Function
```

Замечание: параметры задачи EJ, L, q_1, x_1, w_1, q_2, x_2, w_2, m и N можно определить в начале модуля VBA как *константы* (в разделе объявлений – *Declarations*).

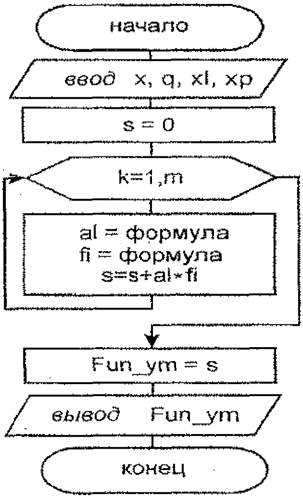
Например,

```
Const q = 6.1
```

2. *Определение функции прогиба*

Замечание: значения функции y(x), заданной соотношением (2.2), очень малы, поэтому будем работать с функцией ym(x).

Задание функции прогиба y(x) представляет собой вычисление суммы, т.е. используется «накопительный» принцип. Следовательно, алгоритм определения функции прогиба y(x) относится к *циклическим алгоритмам*:



Поскольку результатом является одно значение, то для записи программы используем процедуру типа *Function*:

```
Function Fun_ym(x, q, xl, xp)
 Pi = 4 * Atn(1)
 s = 0
 For k = 1 To m
  k0 = k * Pi / L
  z1 = Cos(k0 * xl)
  z2 = Cos(k0 * xp)
  z3 = 2 / ((k * Pi) * k0 ^ 4)
  al = q * z3 * (z1 – z2)
  fi = Sin(k0 * x)
  s = s + al * fi
 Next k
 Fun_ym = s
End Function
```

3. *Построение таблицы значений функции прогиба*

Для функций нагрузки $\bar{q}(x)=10\cdot q(x)$, прогиба $\bar{y}m(x)=-ym(x)$, производных функции прогиба $ym'(x)$, $ym''(x)$, $ym'''(x)$ и $\bar{y}m^{IV}(x)=10\cdot ym^{IV}(x)$ необходимо построить в EXCEL таблицу значений и графики указанных функций на отрезке [0, L] при числе разбиений N. Кроме того, следует рассчитать отклонение функции $\bar{y}m^{IV}(x)$ от функции нагрузки $\bar{q}(x)$.

При выполнении этой части задания надо следовать порядку действий, описанных в [14] для задания 2.

2.2. Исследование решения Ym(x)

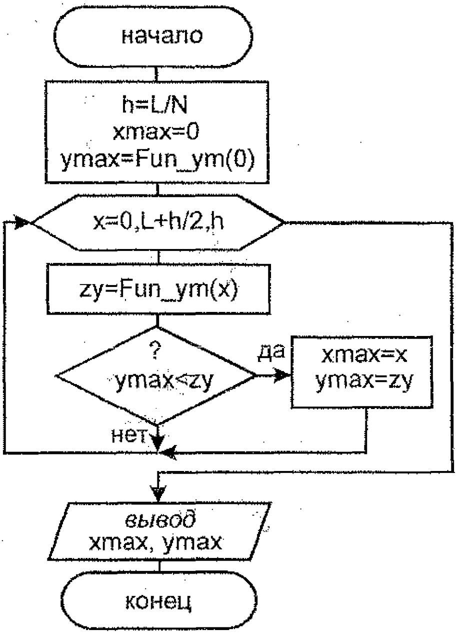
Поиск максимального (минимального) значения y_{max} (y_{min}) функции прогиба балки ym(x) осуществляется в два этапа:

1) определение начального значения;

2) уточнение значения, используя надстройку *Поиск решения*.

2.2.1. Определение начального значения

Начальное значение x_{max}, при котором функция прогиба принимает максимальное значение y_{max}, можно определить, используя типовой алгоритм поиска максимального значения функции на заданном отрезке, в основе которого заложен *циклический алгоритм:*



Поскольку результатом является вывод нескольких значений, то для записи программы используем процедуру типа *Sub*:

```
Sub Max_zn()
  h = L / N
  xmax = 0
  ymax = Fun_ym(0, q, xl, xp)
  For x = 0 To L + h / 2 Step h
    zy = Fun_ym(x, q, xl, xp)
    If ymax < zy Then
      xmax = x : ymax = zy
    End If
  Next x
  Range("D5") = "xmax"
  Range("D6") = xmax
  Range("E5") = "ymax"
  Range("E6") = ymax
End Sub
```

Замечание: *аналогично, для определения начального значения* x_{min}, при котором функция прогиба принимает минимальное значение y_{min}, необходимо составить программу, используя типовой алгоритм поиска минимального значения функции на заданном отрезке.

2.2.2. Уточнение значения

Для уточнения полученного значения $\{x_{max}, y_{max}\}$ можно использовать надстройку EXCEL *Поиск решения*.

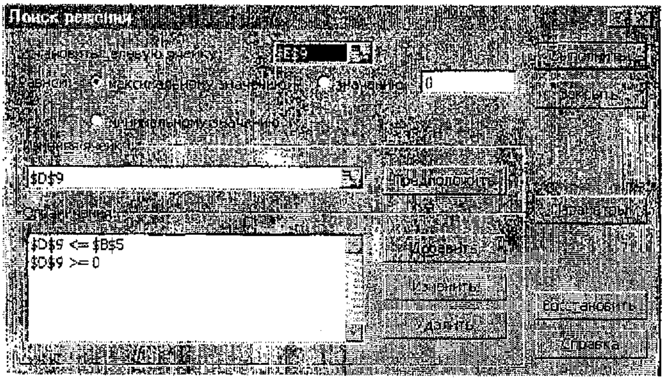
Порядок выполнения задания:

1) вывести начальные значения максимального прогиба на рабочий лист;
2) в соседние ячейки ввести начальное значение x_{max} и формулу для вычисления прогиба в этой точке;

Пример: после выполнения п.п. 1) и 2):

	A	B	C	D	E
2	Исходные данные:			Максимальный прогиб:	
3					
4	EJ=	27000		Начальное значение	
5	L=	8,5		xmax	ymax
6	q=	6,1		4,42	294,544714072983
7	xl=	2,9		Уточненное значение	
8	xp=	7,5		xmax	ymax
9	N=	100		4,42	=Fun_ym(D9;B6;B7;B8)
10	h=	=B5/B9			

3) вызвать надстройку *Сервис → Поиск решения* (если надстройки нет, то надо вызвать *Сервис → Надстройка → ☑ Поиск решений*);
4) в диалоговом окне установить *целевую ячейку* (ячейка, содержащая формулу с функцией прогиба), равную *максимальному значению*, *изменяя ячейки* (ячейка, влияющая на целевую ячейку и содержащая начальное значение); добавить *ограничения* на значение изменяемой ячейки:



Пример: после выполнения указанных действий получили следующие результаты:

	A	B	C	D	E
2	Исходные данные:			Максимальный прогиб:	
3					
4	EJ=	27000		Начальное значение	
5	L=	8,5		xmax	ymax
6	q=	6,1		4,42	294,5447141
7	xl=	2,9		Уточненное значение	
8	xp=	7,5		xmax	ymax
9	N=	100		4,394686437	294,5578743
10	h=	0,085			

Замечание: для уточнения минимального значение при вводе параметров в окно *Поиска решений* необходимо установить «равной *минимальному значению*».

2.3. Аппроксимация решения методом наименьших квадратов

2.3.1. Краткие теоретические сведения

Предположим, что между независимой переменной x и зависимой переменной y имеется некая неизвестная или трудно определяемая функциональная зависимость y = f(x).

Эта зависимость отображается таблицей приближенных значений $y_i \approx f(x_i)$, получаемых в ходе экспериментов, расчетов, наблюдений:

Таблица 2.1

x	x_0	x_2	...	x_i	...	x_N
y	y_0	y_2	...	y_i	...	y_N

Требуется дать приближенное аналитическое описание этой зависимости, то есть подобрать функцию $\tilde{y}(x)$ такую, которая аппроксимировала бы на отрезке $[x_0, x_N]$ заданную отдельными приближенными значениями y_i функцию f(x).

Пусть $\tilde{y}(x)$ – m-параметрическая функция.

Сформулируем задачу: подобрать параметры функции $\tilde{y}(x)$ так, чтобы сумма квадратов отклонений вычисляемых значений $\tilde{y}_i = \tilde{y}(x_i)$ от заданных приближенных значений y_i была минимальной.

При оптимальном наборе параметров такая функция будет наилучшей аппроксимацией f(x) среди функций выбранного семейства m-параметрических функций в смысле МНК.

Число данных приближенных значений в таблице должно быть не меньшим, чем число параметров в подбираемой зависимости $\tilde{y}(x)$. Как правило – N >> m.

Итак, согласно МНК, задаем семейство

$$\tilde{y} = \tilde{y}(x, a_1, a_2, \ldots, a_m)$$

и ищем значения параметров $a_1, a_2, \ldots, a_m$ (где $m \le n-1$), решая экстремальную задачу

$$\tilde{Y}(a_1, a_2, \ldots, a_m) = \sum_{i=0}^{N} (\tilde{y}(x, a_1, a_2, \ldots, a_m) - y_i)^2 \to min. \qquad (2.3)$$

Приравняем к нулю частные производные минимизируемой функции $\tilde{Y}(a_1, a_2, \ldots, a_m)$ по переменным $a_1, a_2, \ldots, a_m$. В результате получим систему:

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=0}^{N} (\tilde{y}(x, a_1, a_2, \ldots, a_m) - y_i) \left.\dfrac{\partial \tilde{y}}{\partial a_1}\right|_{x=x_i} = 0; \\ \sum\limits_{i=0}^{N} (\tilde{y}(x, a_1, a_2, \ldots, a_m) - y_i) \left.\dfrac{\partial \tilde{y}}{\partial a_2}\right|_{x=x_i} = 0; \\ \ldots \\ \sum\limits_{i=0}^{N} (\tilde{y}(x, a_1, a_2, \ldots, a_m) - y_i) \left.\dfrac{\partial \tilde{y}}{\partial a_m}\right|_{x=x_i} = 0. \end{cases} \qquad (2.4)$$

Решив систему (2.4), найдем оптимальный набор параметров $a_1^*, a_2^*, \ldots, a_m^*$.

Рассмотрим пример.

Пусть задана таблица данных (табл. 2.1). Необходимо определить параметры кубической зависимости

$$\tilde{y}(x) = (a \cdot x^2 + b \cdot x) \cdot (L - x). \qquad (2.5)$$

Тогда (2.3) примет вид

$$\tilde{Y}(a,b) = \sum_{i=0}^{N} ((a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i) \cdot (L - x_i) - y_i)^2 \to \min$$

Частные производные функции по параметрам:

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial a} = x^2 (L - x); \quad \frac{\partial \tilde{y}}{\partial b} = x(L - x).$$

Составим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^{N} ((a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i) \cdot (L - x_i) - y_i) x_i^2 (L - x_i) = 0; \\ \sum_{i=0}^{n} ((a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i) \cdot (L - x_i) - y_i) x_i (L - x_i) = 0, \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=0}^{N} a x_i^4 (L - x_i)^2 + b x_i^3 (L - x_i)^2 - y_i x_i^2 (L - x_i) = 0; \\ \sum_{i=0}^{N} a x_i^3 (L - x_i)^2 + b x_i^2 (L - x_i)^2 - y_i x_i (L - x_i) = 0, \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a \sum_{i=0}^{N} x_i^4 (L - x_i)^2 + b \sum_{i=0}^{N} x_i^3 (L - x_i)^2 = \sum_{i=0}^{N} y_i x_i^2 (L - x_i); \\ a \sum_{i=0}^{N} x_i^3 (L - x_i)^2 + b \sum_{i=0}^{N} x_i^2 (L - x_i)^2 = \sum_{i=0}^{N} y_i x_i (L - x_i). \end{cases} \qquad (2.6)$$

2.3.2. Решение СЛАУ с использованием матричных функций

1. Операции над матрицами в Excel.

Для ввода формулы или функции массива необходимо:

- выделить диапазон клеток для будущего результата;
- ввести формулу или функцию;
- по окончании ввода нажать комбинацию трех клавиш – Ctrl + Shift + Enter.

Замечание: операции сложения, вычитания, умножения матрицы на число производятся с помощью аналогичных команд с клавиатуры, а остальные – умножение матрицы на матрицу, транспонирование, обращение и т.д. – с помощью матричных функций.

При *сложении* и *вычитании* матриц операция выполняется над соответствующими парами элементов массивов при условии, что исходные матрицы одинаковой размерности. В результате применения формулы массива получается матрица такой же размерности, как и исходные.

Умножение двух матриц возможно, если число столбцов первой матрицы равно числу строк второй. Размерность результата произведения двух матриц определяется по формуле:

$$A_{m \times n} \cdot B_{n \times k} = C_{m \times k}.$$

Для вычисления *произведения* двух матриц в EXCEL:

- выделяют диапазон для результата произведения;
- вызывают встроенную функцию массива МУМНОЖ(*массив1*; *массив2*);
- в качества *массива1* и *массива2* указывают диапазоны перемножаемых матриц;
- ввод формулы обязательно завершают нажатием комбинации трех клавиш Ctrl + Shift + Enter.

Для вычисления *определителя* матрицы в EXCEL предназначена специальная встроенная функция МОПРЕД(*массив*), где *массив* – это диапазон исходной матрицы. Эта функция применима только для квадратных матриц и в результате возвращает одно число.

В EXCEL для вычисления *обратной* матрицы используется функция массива МОБР (*массив*), где *массив* – это диапазон исходной матрицы. Обратная матрица существует только для квадратных матриц с ненулевым определителем.

Для вычисления *транспонированной* матрицы в EXCEL используется встроенная функция массива ТРАНСП(*массив*), где *массив* – это диапазон исходной матрицы. Если размерность исходной матрицы $m \times n$, то транспонированной – $n \times m$.

Замечание: поскольку матричные формулы действуют на все ячейки матрицы, то изменять часть матрицы нельзя. Чтобы выполнить операцию *редактирования матричных формул*, необходимо активизировать любую ячейку в матрице и щелкнуть мышью в строке формул. При этом пропадут фигурные скобки. После этого выполняется редактирование, которое нужно закончить комбинацией клавиш Ctrl + Shift + Enter.

2. Решение СЛАУ в EXCEL.

Матричный метод решения СЛАУ:

- ввести матрицу коэффициентов при неизвестных (M) и вектор свободных коэффициентов (v);
- вычислить определитель матрицы det M;
- вычислить обратную матрицу M^{-1};
- найти вектор-решение x по формуле $x = M^{-1} \cdot v$.

<u>Пример:</u>

Рассмотрим решение системы (2.6) для поиска параметров a и b кубической зависимости (2.6), аппроксимирующей функцию прогиба $\bar{y}m(x)$ при L = 8,5; q = 6,1; x_1 = 2,9; x_2 = 7,5; N = 100; m = 50:

	A	B	C	D	E
1	**Матрица M** (матрица коэффициентов при неизвестных)			**Вектор v** (вектор свободных коэффициентов)	
2		359190,00	73950,88		-1175499,54
3		73950,88	17400,21		-273672,25
4					
5	**Определитель матрицы M**				
6		781247464,41			
7					
8	**Обратная матрица - M^{-1}**			**Параметры зависимости**	
9		2,22723E-05	-9,46574E-05	a=	-0,276009445
10		-9,46574E-05	0,000459766	b=	-14,55506197

Замечание: элементы матрицы M и вектора v можно определить либо используя функции EXCEL, либо программу-процедуру типа *Sub*, записанную в VBA.

2.3.3. Минимизация суммы квадратов отклонений

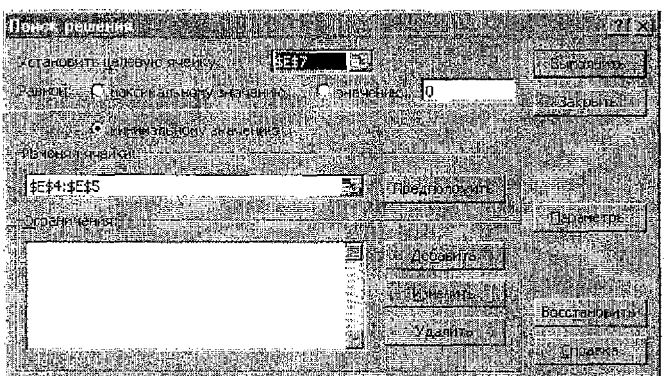
Реализация в EXCEL.

1. Внести исходные данные (таблицу значений).
2. Определить начальные значения параметров эмпирической зависимости.
3. Построить ряд значений эмпирической зависимости в заданных точках и ряд отклонений заданных значений и значений эмпирической зависимости.
4. Используя функцию EXCEL СУММКВ(), найти значение функции (2.3).

Пример. Найдем параметры кубической зависимости (2.6), аппроксимирующей функцию прогиба $\overline{y}m(x)$ при L = 8,5; q = 6,1; xl = 2,9; xp = 7,5; N = 100; m = 50:

	A	B	C	D	E
2		Исходные данные:		Параметры зависимости:	
3					
4	EJ=	27000		a=	
5	L=	8,5		b=	
6	q=	6,1			
7	xl=	2,9		S=	=СУММКВ(E13:E113)
8	xp=	7,5			
9	N=	100			
10	h=	=B5/B9			
11					
12	x	q*10	E*J*y	Кубическая зависимость	Отклонение
13	0	=Fun_q(A13;$B$6;$B$7;$B$7)*10	=-Fun_ym(A13;$B$6;$B$7;$B$8)	=($E$4*A13^2+$E$5*A13)*($B$5-A13)	=D13-C13
14	=A13+$B$10	=Fun_q(A14;$B$6;$B$7;$B$7)*10	=-Fun_ym(A14;$B$6;$B$7;$B$8)	=($E$4*A14^2+$E$5*A14)*($B$5-A14)	=D14-C14
15	=A14+$B$10	=Fun_q(A15;$B$6;$B$7;$B$7)*10	=-Fun_ym(A15;$B$6;$B$7;$B$8)	=($E$4*A15^2+$E$5*A15)*($B$5-A15)	=D15-C15
16	=A15+$B$10	=Fun_q(A16;$B$6;$B$7;$B$7)*10	=-Fun_ym(A16;$B$6;$B$7;$B$8)	=($E$4*A16^2+$E$5*A16)*($B$5-A16)	[illegible]
17	=A16+$B$10	=Fun_q(A17;$B$6;$B$7;$B$7)*10	=-Fun_ym(A17;$B$6;$B$7;$B$8)	=($E$4*[illegible]	
18	=A17+[illegible]	=Fun_q(A18;$B$6[illegible])*10	=-Fun[illegible]$B$8)		

5. Открыть *Поиск решений: Сервис → Поиск решений* (если надстройки нет, то надо вызвать *Сервис → Надстройка → ☑ Поиск решений*), где в диалоговом окне указать *целевую ячейку* (ячейку, содержащую значение функции (2.3)), равной *минимальному значению*, и указать *изменяемые ячейки* (ячейки, содержащие параметры зависимости):



В результате получили:

Исходные данные:			Параметры зависимости:	
EJ=	27000		a=	-0,276006955
L=	8,5		b=	-14,555068
q=	6,1			
xl=	2,9		S=	6799,823706
xp=	7,5			
N=	100			
h=	0,085			
x	q*10	E*J*y	Кубическая зависимость	Отклонение
0	0	0	0	0
0,085	0	-8,65216738	-10,42765704	-1,775489656
0,17	0	-17,297646	-20,67787688	-3,380230904
0,255	0	-25,9297441	-30,74964251	-4,[illegible]19898452
0,34	0	-34,54[illegible]	-40,64197[illegible]	[illegible]

Из приведенных экранных копий видно, что параметры кубической зависимости a и b, найденные с помощью решения СЛАУ и с помощью надстройки *Поиск решения*, совпали.

3. О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ В СКМ MATHCAD

Решение задачи в MathCAD рассматривается как усложнение курсовой работы. Для выполнения этой части курсовой работы студенту необходимо изучить лекционный материал и дополнительную литературу.

В данном разделе приводится реализация решения **типовой задачи с одной нагрузкой** и приводятся пояснения к этапам решения задачи:

Исходные данные:

$$EJ := 2.7\cdot 10^{4} \quad L := 8.5 \quad q := 6.1 \quad xl := 2.9 \quad xp := 7.5$$

$$N := 100 \qquad m := 50$$

3.1. Определение функций нагрузки и прогиба, построение графика функций

Несмотря на большое количество встроенных функций в MathCAD, часто возникает необходимость создать свою функцию. Функция пользователя создается следующим образом:

<имя функции> (<аргументы>) := <выражение>

Имена функций пользователя могут иметь любую длину и состоять из символов латинского и греческого алфавитов, арабских цифр, однако первой должна быть буква. Имена функций, как и имена переменных, не должны совпадать с именами встроенных функций и системных переменных.

В скобках указывается список аргументов, используемых в выражении, перечисленных через запятую.

Используется функция пользователя так же, как и встроенная функция.

Для определения функции нагрузки (2.1), которая представляет собой функцию с двумя ветвями, используют функцию If( ), которая является аналогом функции ЕСЛИ( ) в Excel:

Определение функции нагрузки: $F\_q(x) := \text{if}(xl \le x \le xp, q, 0)$

Для определения функции прогиба (2.2) используют две вспомогательные пользовательские функции (определение коэффициентов и базисных функций), а при составлении самой функции (2.2) специальный шаблон для вычисления суммы:

Определение функции прогиба:

коэффициенты -

$$\alpha(q, xl, xp, k) := q\cdot\frac{2}{k\cdot\pi}\cdot\left(\frac{L}{k\cdot\pi}\right)^4\cdot\left(\cos\left(\frac{k\cdot\pi}{L}\cdot xl\right)-\cos\left(\frac{k\cdot\pi}{L}\cdot xp\right)\right)$$

базисные функции - $\phi(x, k) := \sin\left(\frac{k\cdot\pi}{L}\cdot x\right)$

функция прогиба -

$$F\_y(x, q, xl, xp) := \sum_{k=1}^{m}\alpha(q, xl, xp, k)\cdot\phi(x, k)$$

Поскольку для анализа решения – функции прогиба – используются и значения производных полученной функции, то для их определения можно использовать дифференцирование. Например,

Определение первой производной:

$$\phi1(x, k) := \frac{d}{dx}\phi(x, k)$$

$$F\_y1(x, q, xl, xp) := \sum_{k=1}^{m}\alpha(q, xl, xp, k)\cdot\phi1(x, k)$$

Для построения графиков в декартовой системе координат нужно выбрать шаблон двухмерно графика по команде **X-Y Plot** из меню **Вставка / График** или нажать на кнопку , расположенную на панели **Графики.** В появившемся шаблоне в позиции ввода (маленький черный прямоугольник) под горизонтальной осью (*осью X*) указать имя или значение независимой переменной, а в позицию ввода около вертикальной оси (*оси Y*) ввести функцию или значение функции в точке. Если на одном и том же графике необходимо построить несколько функций, то их имена перечисляются через запятую в вышеуказанной позиции.

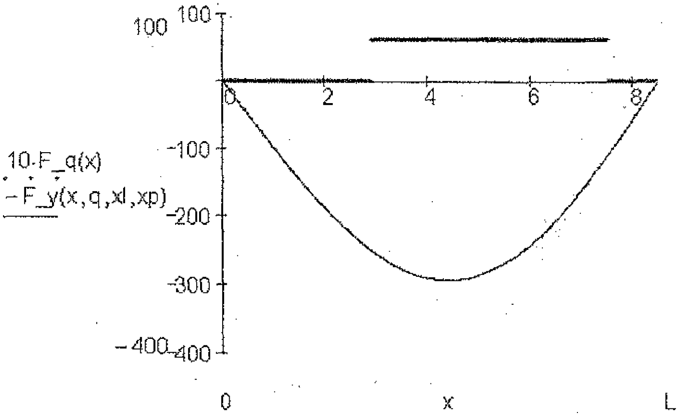
После ввода независимой переменной появятся маленькие черные прямоугольники по обе стороны от указанной переменной. Эти прямоугольники служат для ввода границ значений по оси абсцисс, в пределах которых будет построен график. Если эти поля не заданы, то они автоматически заполнятся значениями от –10 до 10.

Аналогично задав функцию в поле ввода, по обе стороны (сверху и снизу) от имени функции появятся маленькие черные прямоугольники для ввода диапазона изменения функции.

После щелчка левой кнопкой мыши вне графической области график функции будет построен.

Построенный график можно форматировать. Для этого нужно выделить график и выбрать команду **X-Y Plot** из **Формат / График** либо выполнить двойной щелчок левой кнопкой мыши по графику. В результате появится диалоговое окно для задания параметров форматирования выбранного графика.

Пример:



Для построения таблицы значений функций нагрузки, прогиба, производных функции прогиба и вычисление отклонений в соответствующих точках используют стандартный подход построения таблицы значений функции:

Построение таблицы значений функций:

определение шага табулирования - $h := \dfrac{L}{N}$ $\qquad h = 0.085$

определение индексов (ранжированной переменной) -

$i := 0 .. N$

определение точек (значений по оси X) - $zx_i := h \cdot i$

вычисление значений функции нагрузки в точках табулирования - $zq_i := 10 \cdot F\_q(zx_i)$

вычисление значений функции прогиба в точках табулирования - $zy_i := -F\_y(zx_i, q, xl, xp)$

вычисление значений производных функции прогиба -

$$zy1_i := F\_y1(zx_i, q, xl, xp) \qquad zy2_i := F\_y2(zx_i, q, xl, xp)$$

$$zy3_i := F\_y3(zx_i, q, xl, xp) \qquad zy4_i := 10 \cdot F\_y4(zx_i, q, xl, xp)$$

вычисление отклонений - $zy5_i := zy4_i - zy_i$

составление таблицы -

$$zz := \mathrm{augment}(zx, zy, zy1, zy2, zy3, zy4, zy5)$$

выбор результата –

zz =

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	101.803	0	-10.889	0	0
1	0.085	-8.652	101.764	-0.926	-10.894	-0.872	7.78
2	0.17	-17.298	101.646	-1.852	-10.899	0.058	17.356
3	0.255	-25.93	101.449	-2.778	-10.893	0.873	26.802
4	0.34	-34.542	101.174	-3.704	-10.889	-0.117	34.425
5	0.425	-43.127	100.819	-4.63	-10.895	-0.874	42.253
6	0.51	-51.679	100.387	-5.556	-10.899	0.178	51.857
7	0.595	-60.191	99.876	-6.482	-10.893	0.876	61.067
8	0.68	-68.655	99.285	-7.406	-10.889	-0.242	68.413
9	0.765	-77.067	98.616	-8.334	-10.895	-0.879	76.188

Для графического анализа полученного решения можно по построенным значениям также построить графики.

3.2. Исследование функции прогиба

Для поиска экстремумов используются блоки **Given** ... **Maximize** и **Given** ... **Minimize**.

Например, для нахождения максимального значения функции прогиба необходимо выполнить следующие операции:

Определение функции прогиба, которая зависит только от значения x

$$zF(x) := F\_y(x, q, xl, xp)$$

Поиск наибольшего значения функции прогиба:

$xmax := 0$ - *начальное значение переменной*

Given - *задание блока Given ... Maximize*

$0 \le xmax \le L$ - *дополнительное условие*

$xmax := \mathrm{Maximize}(zF, xmax)$ - *получение результата*

$xmax = 4.394686$ - *вывод результата*

$zF(xmax) = 294.557874$

Замечание: по умолчанию при выводе численного значения после десятичной точки выводятся три цифры, однако с помощью команды **Формат / Результат** в соответствующем диалоговом окне можно переопределить не только количество цифр после десятичной точки, но и показательный порог (количество цифр до запятой).

3.3. Аппроксимация решения в MathCAD

Реализация решения задачи отыскания параметров функции (2.6) проводится по математическим выкладкам, изложенным в п. 2.3, но с использованием возможностей MathCAD.

Пример:

1 способ *(решение СЛАУ):*

составим матрицу коэффициентов М и вектор свободных коэффициенте v -

$$M := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N} (zx_i)^4 \cdot (L - zx_i)^2 & \sum_{i=0}^{N} (zx_i)^3 \cdot (L - zx_i)^2 \\ \sum_{i=0}^{N} (zx_i)^3 \cdot (L - zx_i)^2 & \sum_{i=0}^{N} (zx_i)^2 \cdot (L - zx_i)^2 \end{bmatrix}$$

$$v := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{N} zy_i \cdot (zx_i)^2 \cdot (L - zx_i) \\ \sum_{i=0}^{N} zy_i \cdot zx_i \cdot (L - zx_i) \end{bmatrix}$$

вывод полученных матрицы и вектора -

$$M = \begin{pmatrix} 359190.002 & 73950.885 \\ 73950.885 & 17400.208 \end{pmatrix} \qquad v = \begin{pmatrix} -1175499.542 \\ -273672.251 \end{pmatrix}$$

определим параметры искомой зависимости, решив систему, используя встроенную функцию lsolve() -

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \mathrm{lsolve}(M, v)$$

$$a = -0.276009 \qquad b = -14.555062$$

2 способ ***(минимизация суммы квадратов отклонений):***

определим функцию, параметры a и b которой надо найти -

$$Y(x, a, b) := \left(a \cdot x^2 + b \cdot x\right)(L - x)$$

определим функцию - сумму квадратов отклонений -

$$zY(a,b) := \sum_{i=0}^{N} \left(Y\left(zx_i, a, b\right) - zy_i\right)^2$$

значения a и b найдем, используя блок Given ... Minimize -

$a := 0 \qquad b := 0$

Given $\qquad \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \mathrm{Minimize}(zY, a, b)$

$a = -0.276009 \qquad b = -14.555062$

***<u>3 способ</u>** (используя встроенные функции MathCAD):*

определим вектор-фунцию, которая представляет собой коэффициенты при неизвестных в функции Y(x, a, b) -

$$F(x) := \begin{bmatrix} x^2 \cdot (L - x) \\ x \cdot (L - x) \end{bmatrix}$$

с помощью встроенной функции linfit(), предназначенной для поиска параметров функции представляющей собой линейную комбинацию, найдем коэффициенты a и b -

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \mathrm{linfit}(zx, zy, F)$$

$$a = -0.276009 \qquad b = -14.555062$$

Как видно из представленных результатов, значения параметров *a* и *b*, полученные и в EXCEL, и разными способами в MATHCAD, совпадают.

4. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Тема реферата введения выбирается в соответствии с последней цифрой номера варианта.

0. Решение задач линейной алгебры в EXCEL.
1. Решение задач линейной алгебры в MATHCAD.
2. Исследование функций в EXCEL.
3. Решение уравнений и систем уравнений в MATHCAD.
4. Решение задач математического анализа в MATHCAD.
5. Определение параметров линейной зависимости в EXCEL.
6. Решение дифференциальных уравнений в MATHCAD.
7. Исследование функций в MATHCAD.
8. Использование возможностей при EXCEL реализация итерационных алгоритмов.
9. Анализ экспериментальных данных в MATHCAD.

5. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Студент должен выполнить курсовую работу, строго придерживаясь указанных ниже требований. Работа, выполненная без их соблюдения, к защите не допускается и возвращается студенту на доработку.

1. Курсовая работа должна быть выполнена строго по варианту. Курсовая работа, выполненная не по своему варианту, возвращается студенту без проверки и к защите не допускается.
2. Курсовую работу можно выполнять в любой версии ***Microsoft Excel***.
3. Курсовая работа должна быть выполнена и представлена на проверку до начала сессии. Студент обязан учесть все замечания рецензента и, не переписывая работу, внести в нее необходимые исправления.

При условии правильности выполнения курсовая работа должна быть защищена студентом. Защита курсовой работы предполагает ответ на любой вопрос по ходу выполнения работы или выполнение аналогичного задания за компьютером в присутствии преподавателя.

5.1. Содержание курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) к курсовой работе должна состоять из следующих основных частей:

- титульный лист;
- бланк задания;
- содержание;
- введение (реферат);
- постановка задачи;
- описание используемых методов и приемов;

- блок-схемы и описание VB - процедур;
- список используемых операторов;
- литература;
- приложение.

Образец оформления **титульного листа** РПЗ приведен в файле Титульный лист.doc, который содержится в папке, указанной на стр. 3 данных методических указаний.

Бланк задания оформляется в присутствии преподавателя на основе файла Задание на курсовую работу для заочников.doc и должен быть подписан всеми указанными там лицами.

Во **введении** приводится небольшая обзорная информация об использовании компьютеров и компьютерных систем при решении вычислительных задач на ЭВМ (темы см. в п. 4).

В разделе **описание используемых методов и приемов** студент должен привести перечень и краткие теоретические сведения об используемых в курсовой работе методах и их реализации в среде EXCEL + VBA.

В разделе **блок-схемы и описание VB - процедур** студент должен привести блок-схемы программы вычисления прогиба балки (укрупненную и для одной нагрузки). Также в этом разделе необходимо дать краткое и вместе с тем содержательное описание каждого элемента блок-схемы. *При этом мало описать назначение элемента, необходимо объяснить, что и как делается.*

В разделе **список используемых операторов** необходимо дать перечень всех операторов, которые были использованы при разработке программы. Для каждого оператора следует привести его краткое назначение.

Приложение представляет собой набор из распечаток текста программы, полученных результатов и экранных копий в соответствии со следующим перечнем для каждой задачи:

- распечатка текста программы;
- распечатка таблицы значений функции нагрузки $\overline{q}(x)=10\cdot q(x)$, прогиба $\overline{ym}(x)=-ym(x)$, производных функции прогиба
- распечатка графиков функций $\overline{q}(x)$, $ym'(x)$, $ym''(x)$, $ym'''(x)$ и $\overline{ym}^{IV}(x)$;
- распечатка с результатами исследования функции прогиба y(x);
- распечатка решения СЛАУ при поиске параметров аппроксимационной функции $\tilde{y}(x)$ для функции прогиба $\overline{y}(x)$;
- распечатка таблицы значений аппроксимационной функции $\tilde{y}(x)$ и отклонений значений этой функции от $\overline{y}(x)$;
- распечатка графиков функции q(x), $\overline{y}(x)$, $\tilde{y}(x)$;
- распечатка экранных копий, представляющая применение надстроек *Поиск решения*.

Рекомендации и требования к распечаткам:

1. Распечатки должны содержать колонтитулы, в которых необходимо разместить ФИО студента, группу, номер варианта.

2. Распечатки из EXCEL должны содержать заголовки строк и столбцов.
3. Для экономии бумаги часть строк на распечатках рабочих листов из EXCEL можно *скрыть* – выделить заголовки строк и выбрать *Формат → Строка → Скрыть*.
4. Для создания экранных копий необходимо
   - установить экран, копию которого надо сделать, и нажать Alt + Print Screen;
   - открыть текстовый документ WORD и выполнить операцию *Вставка* (Shift + Insert).

   При необходимости часть экранной копии можно выделить, используя графический редактор PAINT, а затем вставить в WORD.

5.2. Оформление курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2. 105-79. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Весь текст РПЗ, кроме приложения, пишется **ВРУЧНУЮ** на стандартных листах формата А4. Текст должен иметь поля: слева- 30мм, справа – 10 мм, сверху -15 мм, снизу – 20 мм. Средняя плотность записи – 30 строк на страницу.

Приложение печатается на принтере также на листах формата А4.

Текст РПЗ разделяется на разделы. Каждый раздел (а также содержание, введение, заключение, список использованных источников и приложения) должен начинаться с новой страницы. Названия разделов (например, 1. РЕШЕНИЕ СЛАУ В EXCEL), а также названия СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ и ЛИТЕРАТУРА пишутся в центре строки заглавными буквами. Точка в конце названия не ставится.

Разделы нумеруются (арабскими цифрами с точкой) в пределах всей РПЗ, кроме разделов СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ и ЛИТЕРАТУРА. Если внутри раздела имеются подразделы, то они нумеруются в пределах раздела (например, 2-й подраздел 3-го раздела имеет номер 3.2). Названия подразделов пишутся с абзаца с заглавной буквы. Точка в конце названия не ставится.

Заголовки разделов, подразделов и т.д. отделяются от текста свободной строкой.

Нумерация страниц в РПЗ – сквозная, включая приложения. Первым считается титульный лист, вторым – бланк задания. Номера страниц ставятся в центре верхнего поля листа, начиная с ВВЕДЕНИЯ.

Все формулы, приводимые в РПЗ в общем виде, записываются в отдельной строке и нумеруются в пределах раздела. Номера формул указываются в круглых скобках у правого поля листа, например (1.2) - 2-я формула в 1-ом разделе. Ниже формулы приводятся пояснения имеющихся в ней символов. Описание каждого символа приводится в отдельной строке; перед описанием первого символа пишется слово "где" (без абзаца). Пояснения к каждому символу заканчивается точкой с запятой, а к последнему - точкой. Ссылки на формулы указываются в виде их номеров в скобках. Формулы, указанные внутри текста (не выделенные в отдельную строку), а также расчеты в числовой форме не нумеруются.

Диапазоны номеров, индексов и т.д. указываются в виде: $i = \overline{1, n}$.

Таблицы в РПЗ, если их несколько, нумеруются в пределах раздела. Над правым верхним углом таблицы пишется слово «Таблица» и ее номер (без точки в конце), например: «Таблица 4.1»; в центре следующей строки - заголовок таблицы (с заглавной буквы, без точки в конце), ниже сама таблица. Если таблица разделена на несколько частей (*на разных страницах или друг под другом*), то слово «Таблица» с номером и заголовок пишутся над первой частью таблицы, а над другими частями - слова «Продолжение табл....» и номер. Ссылки на таблицы даются в следующем виде: «...табл. 4.1»

Рисунки в РПЗ, если их несколько, также нумеруются в пределах раздела, например: «Рис. 1.1.».

Различная ориентация текста, рисунков и/или таблиц в пределах одной страницы НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.

В тексте РПЗ разрешается приводить без расшифровки только общепринятые сокращения (например, ЭВМ). Если используются нестандартные сокращения (ОДР, ОЗЛП), то они должны быть расшифрованы в тексте. Если таких сокращений много, то они расшифровываются также в специальном списке использованных сокращений; он оформляется как раздел (без номера) перед приложением. Использовать сокращения отдельных слов (например, «коэф-ты» вместо «коэффициенты») **НЕ РАЗРЕШАЕТСЯ**.

В содержание включаются:

- введение,
- все разделы,
- подразделы (если они есть),
- заключение,
- литература,
- список сокращений (если они есть),
- приложение (если их несколько – каждое из них).

Для каждой из этих частей РПЗ в содержании указывается номер первой страницы.

Список использованных источников составляется в алфавитном порядке или в порядке ссылок на источники в тексте. Примеры правильного указания источников см. в списке литературы данного пособия. Ссылки на источник оформляются в виде его номера (по списку), заключенного в квадратные скобки.

Приложение должно начинаться с новой страницы. Если приложений несколько, то с новой страницы начинается каждое из них. В правом верхнем углу первой страницы приложения пишется заглавными буквами слово ПРИЛОЖЕНИЕ (если приложений несколько, то указывается также его номер), а в центре следующей строки – название приложения (заглавными буквами).

ЛИТЕРАТУРА

1. Excel для ученых, инженеров и студентов. – К.: Юниор, 1999.
2. Афонин В.Г., Гницевич А.П. Методические указания к выполнению контрольных заданий по курсу «Численные методы решения задач строительства на ЭВМ» для студентов заочного обучения. – Брест, БИСИ, 1989. - 25 с.
3. Афонин В.Г., Грицук Н.С., Ракецкий В.М. Методические указания по курсу «Численные методы решения задач строительства на ЭВМ» для студентов заочного обучения. Линейные задачи. – Брест, БИСИ, 1986. - 49 с.
4. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высш. шк., 2002. - 840 с.
5. Вычислительная техника, программирование и математическое моделирование: методические указания по курсу – Брест, БрПИ, 1991. - 34 с.
6. Гарнаев А.Ю. Самоучитель VBA. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 560 с.
7. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами Excel: Практикум. – СПб.: Питер, 2000.
8. Гурский Д.А., Турбина Е.С. Вычисления в MAthCAD 12. – СПб.: Питер, 2006.
9. Додж М., Стинсон К. Эффективная работа: 2002. – СПб.: Питер, 2003.
10. Долженков В.А., Колесников Ю.В. Microsoft Excel 2000. – СПб.: БХВ-Петербург, 1999.
11. Дьяконов В.П. MathCAD 8-12 для студентов. Серия Библиотека студента. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
12. Ларсен Рональд У. Инженерные расчеты в Excel. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.
13. Половко А.М., Ганичев И.В. MathCAD для студента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
14. Ракецкий В.М., Хомицкая Т.Г. Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Информатика» для студентов заочной формы обучения. – Брест, БрГТУ, 2004 - 47с.
15. Турчак Л.И. Основы численных методов. – М.: Наука, 1987.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему

«ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ИЗГИБ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ ДЛИНЫ L С ЖЕСТКОСТЬЮ EJ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ Q(X)»

по дисциплине **«ИНФОРМАТИКА»**

Выполнил студент

____
(Группа Факультет)

____
(Фамилия И.О)

____
(Подпись)

Допущен к защите

____
(Фамилия И.О. руководителя)

____
(Дата Подпись)

Результаты защиты

____
(Оценка Дата защиты)

____
(Подписи членов комиссии)

БРЕСТ 200_

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Тексты программ, используемых для решения поставленной в курсовой работе задачи с одной элементарной нагрузкой.

```
' Исходные данные
Const EJ = 27000
Const L = 8.5
Const q = 6.1
Const xl = 2.9
Const xp = 7.5
Const N = 100
Const m = 50

' Функция нагрузки
Function Fun_q(x, q, xl, xp)
  If x >= xl And x <= xp Then
     Fun_q = q
  Else
     Fun_q = 0
  End If
End Function

' Функция прогиба
Function Fun_ym(x, q, xl, xp)
  Pi = 4 * Atn(1)
  s = 0
  For k = 1 To m
      k0 = k * Pi / L
      z1 = Cos(k0 * xl)
      z2 = Cos(k0 * xp)
      z3 = 2 / ((k * Pi) * k0 ^ 4)
      al = q * z3 * (z1 - z2)
      fi = Sin(k0 * x)
      s = s + al * fi
  Next k
  Fun_ym = s
End Function

' Первая производная функции прогиба
Function Fun_pyml(x, q, xl, xp)
  Pi = 4 * Atn(1)
  s = 0
  For k = 1 To m
      k0 = k * Pi / L
      z1 = Cos(k0 * xl)
      z2 = Cos(k0 * xp)
      z3 = 2 / ((k * Pi) * k0 ^ 3)
      al = q * z3 * (z1 - z2)
      fi = Cos(k0 * x)
      s = s + al * fi
  Next k
  Fun_pyml = s
End Function
```

```
' Вторая производная функции прогиба
Function Fun_pym2(x, q, xl, xp)
  Pi = 4 * Atn(1)
  s = 0
  For k = 1 To m
      k0 = k * Pi / L
      z1 = Cos(k0 * xl)
      z2 = Cos(k0 * xp)
      z3 = 2 / ((k * Pi) * k0 ^ 2)
      al = q * z3 * (z1 - z2)
      fi = Sin(k0 * x)
      s = s - al * fi
  Next k
  Fun_pym2 = s
End Function

' Третья производная функции прогиба
Function Fun_pym3(x, q, xl, xp)
  Pi = 4 * Atn(1)
  s = 0
  For k = 1 To m
      k0 = k * Pi / L
      z1 = Cos(k0 * xl)
      z2 = Cos(k0 * xp)
      z3 = 2 / ((k * Pi) * k0)
      al = q * z3 * (z1 - z2)
      fi = Cos(k0 * x)
      s = s - al * fi
  Next k
  Fun_pym3 = s
End Function

' Четвертая производная функции прогиба
Function Fun_pym4(x, q, xl, xp)
  Pi = 4 * Atn(1)
  s = 0
  For k = 1 To m
      k0 = k * Pi / L
      z1 = Cos(k0 * xl)
      z2 = Cos(k0 * xp)
      z3 = 2 / (k * Pi)
      al = q * z3 * (z1 - z2)
      fi = Sin(k0 * x)
      s = s + al * fi
  Next k
  Fun_pym4 = s
End Function
```

```
' Процедура для поиска максимального значения функции прогиба
Sub Max_zn()
  h = L / N
  xmax = 0: ymax = Fun_ym(0, q, xl, xp)
  For x = 0 To L + h / 2 Step h
    zy = Fun_ym(x, q, xl, xp)
    If ymax < zy Then
       xmax = x:  ymax = zy
    End If
  Next x
  Range("D4") = "xmax":  Range("D5") = xmax
  Range("E4") = "ymax":  Range("E5") = ymax
End Sub
' Процедура для поиска минимального значения функции прогиба
Sub Min_zn()
  h = L / N
  xmin = 0: ymin = Fun_ym(0, q, xl, xp)
  For x = 0 To L + h / 2 Step h
    zy = Fun_ym(x, q, xl, xp)
    If ymin > zy Then
       xmin = x:  ymin = zy
    End If
  Next x
  Range("G4") = "xmin":  Range("G5") = xmin
  Range("H4") = "ymin":  Range("H5") = ymin
End Sub
' Процедура для вычисления коэффициентов СЛАУ,
' используемой в МНК
Sub Koef_SLAU()
h = L / N
a11 = 0: a12 = 0
a21 = 0: a22 = 0
b1 = 0: b2 = 0
For i = 0 To N
    x = i * h
    y = -Fun_ym(x, q, xl, xp)
    a11 = a11 + x ^ 4 * (L - x) ^ 2
    a12 = a12 + x ^ 3 * (L - x) ^ 2
    a21 = a21 + x ^ 3 * (L - x) ^ 2
    a22 = a22 + x ^ 2 * (L - x) ^ 2
    b1 = b1 + y * x ^ 2 * (L - x)
    b2 = b2 + y * x * (L - x)
  Next i
  Range("B2") = a11: Range("C2") = a12
  Range("B3") = a21: Range("C3") = a22
  Range("E2") = b1: Range("E3") = b2
End Sub
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблицы значений и графики функций, полученных при решении поставленной в курсовой работе задачи с одной элементарной нагрузкой. Исходные данные задачи:

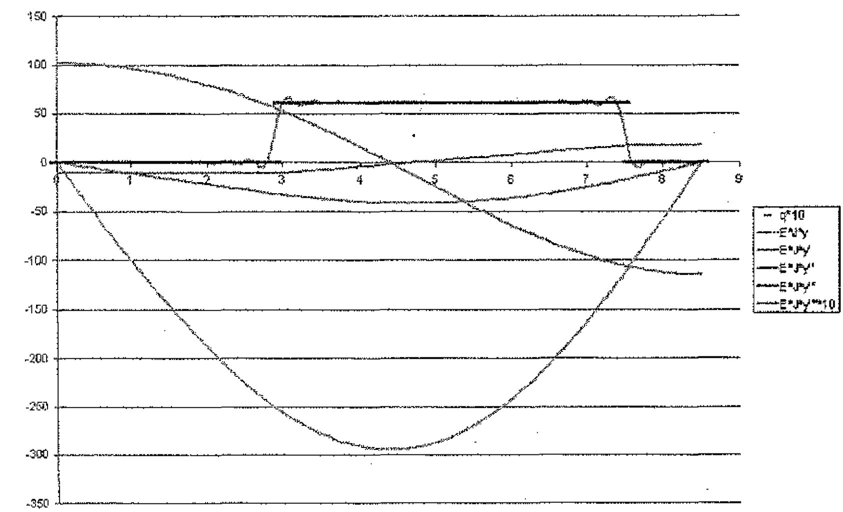
$$L = 8,5;\ q = 6,1;\ xl = 2,9;\ xp = 7,5;\ N = 100;\ m = 50.$$

Выполнил Иванов И.С. Таблица значений функций прогиба и её производных Вариант 213

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	**Исходные данные:**			**Максимальный прогиб:**			**Максимальный прогиб:**	
3								
4	EJ=	27000		Начальное значение			Начальное значение	
5	L=	8,5		*xmax*	*ymax*		*xmin*	*ymin*
6	q=	6,1		4,42	294,5447141		8,5	-2,37143E-13
7	xl=	2,9		Уточненное значение			Уточненное значение	
9	xp=	7,5		*xmax*	*ymax*		*xmin*	*ymin*
9	N=	100		4,394686437	294,5578743		8,5	3,78222E-14
10	h=	0,085						
11								
12	**x**	**q*10**	**E*J*y**	**E*J*y'**	**E*J*y''**	**E*J*y'''**	**E*J*y''''*10**	**Отклонение**
13	0	0	0	101,8033177	0	-10,88926512	0	0
14	0,085	0	-8,6522	101,7639769	-0,925735565	-10,89403967	-0,871843169	-0,871843169
15	0,17	0	-17,298	101,6459269	-1,851977069	-10,89850065	0,058131709	0,058131709
111	8,33	0	-19,402	-113,9638598	-2,91815519	17,16769796	-0,342666785	-0,342666785
112	8,415	0	-9,7063	-114,1498881	-1,459015982	17,16527209	-0,162886191	-0,162886191
113	8,5	0	2,4E-13	-1,14E+02	3,68088E-14	17,16474181	-4,04702E-14	-4,04702E-14

Диапазон строк с 16 по 110 скрыт с помощью команды Формат → Строка → Скрыть

Выполнил Иванов И.С. Графики функций прогиба и её производных Вариант 213



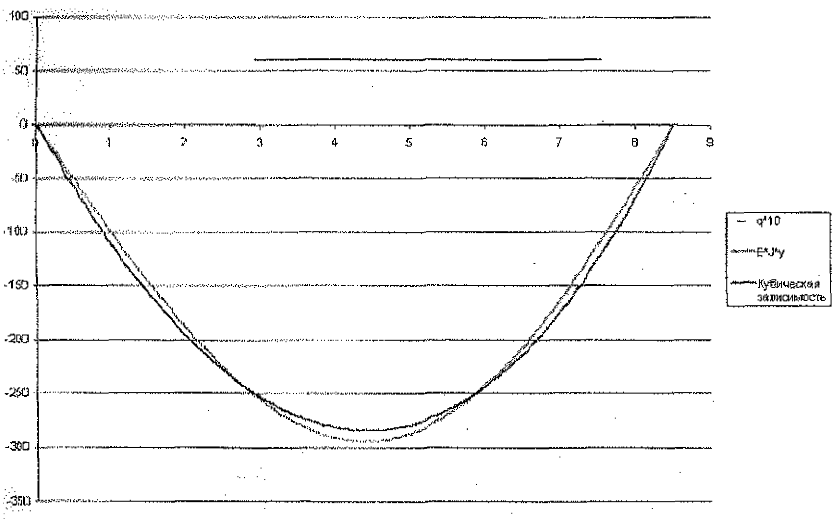
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблицы значений и графики функции прогиба и её аппроксимации в виде кубической зависимости, полученных при решении поставленной в курсовой работе задачи с одной элементарной нагрузкой. Исходные данные задачи: L = 8,5; q = 6,1; xl = 2,9; xp = 7,5; N = 100; m = 50.

Выполнил Иванов И.С. Аппроксимация функции прогиба Вариант 213

	A	B	C	D	E
1					
2	**Исходные данные:**			**Параметры зависимости:**	
3					
4	EJ=	27000		a=	-0,276006955
5	L=	8,5		b=	-14,555068
6	q=	6,1			
7	xl=	2,9		S=	6799,823706
8	xp=	7,5			
9	N=	100			
10	h=	0,085			
11					
12	**x**	**q*10**	**E*J*y**	**Кубическая зависимость**	**Отклонение**
13	0	0	0	0	0
14	0,085	0	-8,65216738	-10,42765704	-1,775489656
15	0,17	0	-17,297646	-20,67787608	-3,380230904
111	8,33	0	-19,4019671	-23,86724102	-4,465273942
112	8,415	0	-9,70626427	-12,07217292	-2,365918652
113	8,5	0	2,37143E-13	2,55191E-13	1,80475E-14

Выполнил Иванов И.С. График функций прогиба и её аппроксимации Вариант 213



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составитель: Татьяна Георгиевна Хомицкая

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению *курсовых работ* по дисциплине **«Информатика»**
на тему

«ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ИЗГИБ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ ДЛИНЫ L С ЖЕСТКОСТЬЮ EJ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ Q(X)»

для студентов специальностей
70 02 01 *«Промышленное и гражданское строительство»*,
70 03 01 *«Автомобильные дороги»*
заочной формы обучения

Ответственный за выпуск: Хомицкая Т.Г.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 03.04.2007 г. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Усл. печ. л. 1,86. Уч. изд. л. 2. Тираж 50 экз. Заказ № 429. Отпечатано на ризографе УО «Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267