

# Методическое указание 1

УДК 681.142.2 (075.83)

**ИНФОРМАТИКА:** Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). Сост. О.Г.Быкова. СПб, 2007. 44 с.

Методические указания составлены в помощь студентам при выполнении курсовой работы. Подробно изложены требования к оформлению курсовой работы, разобран пример выполнения.

Предназначены для студентов специальности 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин».

Табл.2. Ил.17. Прил. 1. Библиогр.: 10 назв.

Научный редактор доц. А.Б.Маховиков

© Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В.Плеханова, 2007

## ВВЕДЕНИЕ

Студенты специальности НБ выполняют курсовую работу для на тему «Расчет балки на изгиб методом начальных параметров. Вычисление на персональном компьютере прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы оси балки. Построение эпюр средствами электронных таблиц Microsoft Excel и пакета математических расчетов MathCAD».

Целью выполнения курсовой работы является получение навыков использования компьютерных технологий при выполнении расчетов по специальности. Для вычислений и оформления курсовой работы следует использовать знания и навыки работы, полученные при изучении курса «Информатика» (I и II семестры): текстовый процессор Microsoft Word [1], встроенный графический редактор Paint [2], табличный процессор Microsoft Excel [3], пакет математических расчетов MathCAD [4], язык программирования Паскаль [5]. Для выполнения курсовой работы каждый студент получает индивидуальное задание.

Пример задания курсовой работы:

*Методом начальных параметров рассчитать балку длиной  $l=4$  м с жестко заделанными концами, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины распределенной нагрузкой ( $q_0=30$  кН,  $c=1$  м).*

Расчетная схема приведена на рис. 1.

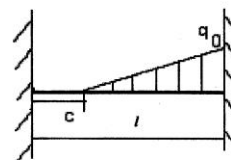


Рис. 1. Расчетная схема

3

Оформление курсовой работы следует выполнить на компьютере по установленному образцу [6]. В соответствии с требованиями к оформлению курсовой работе, расчетно-пояснительная записка должна включать следующие элементы:

- титульный лист
- аннотация
- содержание
- введение
- решение поставленной задачи
- выводы
- использованные источники.

Как правило, процесс решения задачи состоит из этапов, которые могут быть приведены в различных (нескольких) разделах пояснительной записки. В данной курсовой работе рекомендуется выделить пять разделов с описанием отдельных этапов решения задачи. Рекомендуемые названия разделов:

1. Метод начальных параметров при расчете балок на изгиб.
2. Применение метода к решению поставленной задачи.
3. Построение эпюр средствами табличного процессора Microsoft Excel.
4. Построение эпюр средствами пакета математических расчетов MathCAD.
5. Получение решения с помощью программы на языке программирования Паскаль, результаты ее выполнения.

В заданиях на курсовую работу встречаются два типа задач. В разделах 2-5 данных методических указаний подробно изложено выполнение работы для первого типа заданий: расчет на изгиб однородной балки. Задания второго типа – расчет на изгиб составной балки, - рассмотрены в разделе 6. При оформлении титульного листа можно воспользоваться его шаблоном, записанном в УКЦ института. Ниже рассмотрены назначения частей пояснительной записки и примеры их содержания.

4

## РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «АННОТАЦИЯ»

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению курсовых работ в СПГТИ, за титульным листом и листом с заданием следует располагать лист с аннотацией на русском языке и иностранном, изучаемом студентом (английском, немецком, французском, испанском) языке. Аннотация содержит краткое описание цели, метода и результата решения задачи, выполненной в курсовой работе, заканчивается сведениями о количестве страниц работы, количестве рисунков, таблиц и позиций в списке литературных источников. Обычно аннотация занимает от 5 до 20 строк. Пример аннотации на русском языке:

### АННОТАЦИЯ

В работе выполнен расчет на прочность заделанной на концах балки, нагруженной на части длины гидростатической нагрузкой. Методом начальных параметров получены выражения для вычисления прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы точек оси балки. Для получения численных значений искомых величин по этим выражениям проведен расчет и построены эпюры исследуемых величин средствами табличного процессора Microsoft Excel и пакета математических расчетов MathCAD, а также составлена программа на языке программирования Паскаль.

Работа содержит .. стр. .. рисунков, ... таблиц.

## РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «СОДЕРЖАНИЕ»

Следом за аннотацией располагается страничка «Содержание», в которой перечисляются по порядку все разделы курсовой работы от «Введения» до списка использованных источников с номерами страниц, на которых они начинаются. Содержание может быть сгенерировано средствами текстового процессора Microsoft Word или можно вызвать «таблицу» в Microsoft Word [1], состоящую из двух столбцов. В левом набираются названия разделов, в

5

правом - номера страниц. Естественно, что правый столбец уже лего. В обоих столбцах таблицы применяется выравнивание по левому краю.  
Например:

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

### РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ВВЕДЕНИЕ»

Раздел «Введение» содержит сведения о целевом назначении решенной в работе задачи для решаемых специалистом данного профиля проблем. Во «Введении» приводятся возможные известные подходы к решению, сведения об использовании допущений и приемов при решении, о сходных приемах решения в родственных проблемах. Примерное содержание «Введения» к данной курсовой работе:

#### ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное внедрение компьютеров в инженерную практику предопределяет проведение разных расчетов, в частности, балок на изгиб с использованием компьютерных технологий. Это значительно уменьшает время, расходуемое на выполнение вычислений, помогает избежать вычислительных ошибок и может использоваться при повторных расчетах. Широкое применение программ обработки электронных таблиц во многом объясняется универсальными возможностями их применения, поскольку без вычислений в широком смысле этого слова, не обойтись в самых разных сферах нашей жизни. Благодаря наличию мощных математических и инженерных функций в Microsoft Excel, можно решать множество задач в области естественных и технических наук. Применение табличного процессора Microsoft Excel позволяет автоматизировать как расчет определяемых характеристик, так и построение их эпюр. Этот программный пакет достаточно широко распространен в инженерной среде, благодаря большим вычислительным возможностям, нали-

6

например, уже упоминавшихся выше [10 - 12]. Примерное содержание раздела:

### 1. МЕТОД НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ БАЛОК НА ИЗГИБ

В качестве исходного в методе начальных параметров принимается дифференциальное уравнение изгиба оси балки 4<sup>го</sup> порядка [8]:

$$EIv^{IV} = q(x), \quad (1.1)$$

где  $EI$  - жесткость балки,  $v$  - прогиб,  $q$  - нагрузка.

Это уравнение устанавливает зависимость между прогибом балки  $v$  и внешней нагрузкой  $q$ , так что оказывается возможным найти изогнутую ось балки непосредственно по виду внешней нагрузки, не прибегая к предварительному ее статическому расчету и не составляя выражения изгибающего момента по участкам. Решение уравнения (1.1) имеет вид:

$$EIv(x) = C_1 \frac{x^3}{3!} + C_2 \frac{x^2}{2!} + C_3 x + C_4 + v_{\text{неодн}}(x), \quad (1.2)$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  - произвольные постоянные интегрирования;  $3!, 2!$  - это математическая функция - факториал. Согласно определению,  $n!$  - это произведение всех натуральных чисел от единицы до  $n$  включительно. Значит,  $3! = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$ ;  $2! = 1 \cdot 2 = 2$ . Т.е. выражение (1.2) можно записать и без использования функции факториала:

$$EIv(x) = C_1 \frac{x^3}{6} + C_2 \frac{x^2}{2} + C_3 x + C_4 + v_{\text{неодн}}(x) \quad (1.3)$$

где  $v_{\text{неодн}}(x)$  - частное решение неоднородного уравнения (1.1), вычисляемое по формуле:

$$v_{\text{неодн}}(x) = \int_0^x dx \int_0^x dx \int_0^x dx \int_0^x q(x) dx \quad (1.4)$$

8

чно вспомогательных приемов наряду с простотой использования [3]. В литературе встречаются указания на применение электронных таблиц Microsoft Excel для решения задач маркшейдерии [7], гидрогеологии [8] и строительной механики [9].

Совокупность методов, служащих для определения внутренних сил и выбора по ним прочных размеров частей сооружений и машин, составляет сущность инженерной дисциплины «Сопротивление материалов». Ясно, что они являются одной из главных составляющих в образовании инженеров любой строительной или механической специальности. Изучение изгиба представляет собой большую и сложную задачу, в которой немалую роль занимает этап исследования изогнутой оси балки и определение прогибов в наиболее характерных точках. Напряжения, возникающие в различных сечениях балки, зависят от величины изгибающего момента ( $M$ ) и перерезывающей силы ( $Q$ ) в соответствующих сечениях. При исследовании балок нужно знать величины  $M$  и  $Q$  в любом сечении. Изменение этих величин по всей длине балки удобнее всего представить графически. Линию, параллельную оси балки, принимают за ось абсцисс ( $x$ ) и строят два графика, ординаты которых изображают для каждого сечения балки соответствующие значения  $M$  и  $Q$ . Эти графики называют эпюрами изгибающих моментов и перерезывающих сил. Для построения эпюр используют разные методы: по определенным опорным реакциям, способ сложения действия сил, непосредственное интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки, метод начальных параметров [10 - 12]. Целью выполняемой работы является расчет методом начальных параметров балки с жестко заделанными концами длины  $l=4$  м, выполненной из одного материала, нагруженной на части длины гидростатической нагрузкой ( $q_0=30$  кН,  $c=1$  м).

### РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «1. МЕТОД НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ БАЛОК НА ИЗГИБ»

В данном разделе предлагается кратко описать суть метода начальных параметров. Для этого можно использовать сведения практически из любого учебника по сопротивлению материалов,

7

Суть метода начальных параметров заключается в том, что произвольным постоянным интегрирования в решении (1.2) или (1.3)  $C_1, C_2, C_3, C_4$  придан физический смысл, заключающийся в том, что прогиб в начале координат ( $x=0$ ) есть постоянная  $C_4$ , уменьшенная в  $EI$  раз, т.е.  $v(0) = \frac{C_4}{EI}$ ; угол наклона оси балки в начале координат

есть постоянная  $C_3$ , уменьшенная в  $EI$  раз, т.е.  $v'(0) = \frac{C_3}{EI}$ ;

изгибающий момент в начале координат есть постоянная  $C_2$  с противоположным знаком  $M(0) = -C_2$ , перерезывающая сила  $Q(0)$  - постоянная  $C_1$  с противоположным знаком  $Q(0) = -C_1$ . Вводя обозначения  $v_0 = v(0), v'_0 = v'(0), M_0 = M(0), Q_0 = Q(0)$ , приходим к выражению для определения прогиба в любой точке оси изогнутой балки:







$$v(x) = v_0 + v'_0 \cdot x - \frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + \frac{v_{\text{неодн}}(x)}{EI} \quad (1.5)$$

Данное решение дифференциального уравнения изогнутой оси балки вместо постоянных интегрирования  $C_1, C_2, C_3, C_4$  содержит начальные параметры  $v_0, v'_0, M_0, Q_0$ , которые также играют роль постоянных интегрирования, но в отличие от  $C_1, C_2, C_3, C_4$  наделены ясным физическим смыслом: представляют собой прогиб, угол поворота, изгибающий момент и перерезывающую силу в начале координат, соответственно.

Начало координат выбрано на левом конце балки, что обычно имеет место при проведении практических расчетов, то указанные величины представляют прогиб, угол поворота, изгибающий момент и перерезывающую силу на левом конце балки. Последнее слагаемое в формуле (1.5) соответствует внешней нагрузке, приложенной к балке. Выражения для разного вида нагружения балки приведены в табл. 1.

9

Таблица 1  
Выражения неоднородного решения в зависимости от вида приложенной внешней нагрузки

Тип нагрузки	Схема	$v_{неодн}(x)$
сосредоточенная		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{P}{3!} (x-c)^3 & \text{при } x > c \end{cases}$
равномерно распределенная по длине		$v_{неодн} = q \frac{x^4}{4!}$
равномерно распределенная на части балки		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q \frac{(x-c)^4}{4!} & \text{при } x > c \end{cases}$
равномерно распределенная на центральной части балки		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c_1 \\ q \frac{(x-c_1)^4}{4!} & \text{при } c_1 \leq x < c_2 \\ q \frac{(x-c_1)^4}{4!} - q \frac{(x-c_2)^4}{4!} & \text{при } x > c_2 \end{cases}$
сосредоточенный момент		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{M}{2!} (x-c)^2 & \text{при } x > c \end{cases}$
гидростатически распределенная (треугольная) от левого конца		$v_{неодн} = q \frac{x^5}{5! \ell}$

гих начальных параметров необходимо сформулировать два граничных условия на другом ее конце. После определения всех четырех неизвестных постоянных, полностью найден прогиб балки. Первая производная по  $x$  позволяет получить выражение для угла поворота оси балки. Для вычисления изгибающего момента и перерезывающей силы используются известные соотношения сопротивления материалов [10]:

$$\begin{aligned} M(x) &= -EIv''(x) \\ Q(x) &= -EIv'''(x) \end{aligned} \quad (1.6)$$

т.е. нужно продифференцировать выражение для прогиба (1.5) по  $x$ .

Если к балке приложены несколько нагрузок разного типа одновременно, то нужно суммировать все члены, отражающие эти нагрузки в выражении (1.5).

## РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ К ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧЕ»

В данном разделе нужно использовать метод начальных параметров, описанный выше, для решения своей задачи, т.е. получить явно выражения для прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы как функций осевой координаты.




Примерное содержание раздела:

### 2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ К ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧЕ

Задана балка, выполненная из одного материала, с закрепленными обоими концами и нагруженная на части ее длины гидростатической нагрузкой. Решение в общем виде имеет вид (1.5). Для рассматриваемого случая нагружения балки  $v_{неодн}(x)$  согласно табл. 1 имеет вид:

$$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 \frac{(x-c)^5}{120(l-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.1)$$

(продолжение табл. 1)

Тип нагрузки	Схема	$v_{неодн}(x)$
гидростатически распределенная (треугольная) на части балки		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 \frac{(x-c)^5}{5! \cdot (\ell-c)} & \text{при } x > c \end{cases}$
гидростатически распределенная (треугольная) от правого конца		$v_{неодн} = q \frac{x^4}{4!} - q \frac{x^5}{5! \ell}$
распределенная квадратично на части балки		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q \frac{(x-c)^6}{6! \cdot (\ell-c)^2} & \text{при } x > c \end{cases}$

Подставляя соответствующее приложенной нагрузке выражение  $v_{неодн}(x)$ , приходим к уравнению, определяющему прогиб в любой точке оси балки с точностью до четырех начальных параметров. Для определения четырех постоянных ( $v_0, v_0', M_0, Q_0$ ) служат граничные условия, имеющие вид для типичных случаев (табл. 2).

Таблица 2

Граничные условия		
характер опоры	условие на конце балки	граничное условие уравнения (1.1)
жесткое закрепление	прогиб и угол поворота равняются нулю	$v=v'=0$
свободный конец	изгибающий момент и перерезывающая сила равняются нулю	$M=Q=0$
свободно опертый конец	прогиб и изгибающий момент равняются нулю	$v=M=0$

Два из четырех параметров определяются сразу же из граничных условий, поставленных на левом конце балки. Для двух дру-

Выражение (1.5) для определения прогиба запишется

$$v(x) = v_0 + v_0'x - \frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 (x-c)^5 & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.2)$$

Для определения величин начальных параметров служат граничные условия - условия закрепления концов балки. В решаемой задаче - балка жестко заделана обоими концами - согласно таблице 2, прогиб и угол поворота на концах балки ( $x=0$  и  $x=l$ ) равняются нулю, т.е.:

$$v(0) = \frac{dv(0)}{dx} = v(l) = \frac{dv(l)}{dx} = 0 \quad (2.3)$$

Приравняем нулю выражение (2.2) при  $x=0$  и  $x=l$ :

$$v(0) = v_0 + v_0' \cdot 0 - \frac{M_0 \cdot 0^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot 0^3}{6EI} + 0 = 0 \quad (2.4)$$

$$v(l) = v_0 + v_0' \cdot l - \frac{M_0 \cdot l^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot l^3}{6EI} + \frac{q_0(l-c)^5}{120EI(l-c)} = 0$$

Из первого равенства следует, что  $v_0 = 0$ . Тогда второе равенство принимает вид:

$$v_0' \cdot l - \frac{M_0 \cdot l^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot l^3}{6EI} + \frac{q_0(l-c)^5}{120EI(l-c)} = 0 \quad (2.5)$$

Для удовлетворения двух других граничных условий нужно продифференцировать выражение (2.2) по  $x$ :

$$v'(x) = \frac{dv(x)}{dx} = v_0' - \frac{M_0 x}{EI} - \frac{Q_0 x^2}{2EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 (x-c)^4 & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.6)$$

Приравняем нулю выражение (2.6) при  $x=0$  и  $x=l$ :

$$\begin{aligned} \frac{dv(0)}{dx} &= v'_0 - \frac{M_0 \cdot 0}{EI} - \frac{Q_0 \cdot 0^2}{2EI} + 0 = 0 \\ \frac{dv(l)}{dx} &= v'_0 - \frac{M_0 l}{EI} - \frac{Q_0 l^2}{2EI} + \frac{1}{EI} \cdot \frac{q_0(l-c)^4}{24(l-c)} = 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Из первого выражения следует, что  $v'_0=0$ . Таким образом, для определения оставшихся двух начальных параметров ( $M_0$ ,  $Q_0$ ) имеем систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{M_0 \cdot l^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot l^3}{6EI} + \frac{q_0(l-c)^4}{120EI} = 0 \\ -\frac{M_0 \cdot l}{EI} - \frac{Q_0 \cdot l^2}{2EI} + \frac{q_0(l-c)^3}{24EI} = 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

Делаем преобразования в уравнениях системы: умножаем оба уравнения на  $EI$  и переносим свободный член в правую часть уравнений:

$$\begin{cases} \frac{M_0 \cdot l^2}{2} + \frac{Q_0 \cdot l^3}{6} = \frac{q_0(l-c)^4}{120} \\ M_0 \cdot l + \frac{Q_0 \cdot l^2}{2} = \frac{q_0(l-c)^3}{24} \end{cases} \quad (2.9)$$

(Такую систему можно решить и без применения компьютера)

Для получения формулы для изгибающего момента, согласно (1.6) нужно продифференцировать выражение (2.2) по  $x$ :

$$M(x) = -EI \frac{d^2v(x)}{dx^2} = M_0 + Q_0 x - \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 \cdot (x-c)^3 & \text{при } x > c \\ 6 \cdot (l-c) & \end{cases} \quad (2.10)$$

Формула для перерезывающей силы получается дифференцированием по  $x$  выражения (2.10):

$$Q(x) = -EI \frac{d^3v(x)}{dx^3} = Q_0 - \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0 \cdot (x-c)^2}{2 \cdot (l-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.11)$$

Таким образом, получены формулы для вычисления всех характеристик изогнутой балки: прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы (2.2), (2.6), (2.10), (2.11).

### РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «3. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MICROSOFT EXCEL»

В данном разделе нужно привести (вставить из Microsoft Excel) таблички с вычислениями и полученные на их основе диаграммы, являющиеся эпюрами исследуемых величин. Указать, под каким именем в папке группы записаны вычисления. Табличный процессор Microsoft Excel, кроме непосредственно вычислений, позволяет автоматизировать отдельные вычислительные операции. Так, для заполнения столбца значений аргумента рационально воспользоваться командой «заполнить» пункта меню «Правка», что позволит автоматически получить все значения аргумента. В Microsoft Excel решение системы линейных алгебраических уравнений (2.9) можно получить либо по методу Крамера (вычисля определители с помощью функции МОПРЕД), либо матричным способом (вычисля обратную матрицу с помощью функции МОБР и перемножая обратную матрицу на столбец свободных членов с использованием функции МУМНОЖ). При вычислении по формулам (2.2), (2.6), (2.10), (2.11) либо сразу набирается формула с использованием функции «если», либо отдельно набирают формулы для промежутков  $x \leq c$  и  $x > c$ . Функция «если» выбирается из списка функций «логические» при вызове «Мастера функций». После набора формулы для первого значения аргумента и получения численного значения, для остальных

ных аргументов удобно воспользоваться приемом «копирование формул», позволяющим автоматически произвести вычисления по набранной формуле для ряда значений аргумента. На основе полученных значений для каждой из функций (прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы) строятся эпюры. Для этого используется «Мастер диаграмм», тип диаграммы «точечная». Каждая диаграмма должна иметь заголовок («Эпюра прогибов», «Эпюра угла поворота», ...), оси нужно надписать (ось абсцисс -  $x$ , ось ординат - обозначение построенной эпюры -  $v$ ,  $v'$ ,  $M$ ,  $Q$ ). Графики должны изображаться толстыми линиями. Диаграмма должна иметь координатную сетку. Стандартно фон диаграммы - серый. Желательно установить фон белый, т.к. такой график смотрится лучше. В курсовую работу вставляются как таблички с вычислениями, так и диаграммы. Причем таблички вставляются в двух видах: в режиме отображения чисел и режиме отображения формул. Диаграммы в тексте работы подписываются и нумеруются как рисунки. Следует обратить внимание на тот факт, что знак десятичного разделителя зависит от настройки компьютера: либо запятая, либо точка. В УКЦ института установлена настройка на десятичную запятую.

Примерное содержание раздела:

### 3. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MICROSOFT EXCEL

Для решения системы (2.9) используем матричный способ решения систем линейных алгебраических уравнений. В таблицу Microsoft Excel заносим в ячейки B2, B3 и B4 исходные данные для расчета (рис. 2). В ячейках A7-B8, D7-D8 вычисляем коэффициенты и столбец свободных членов системы линейных алгебраических уравнений (2.9). Определяем обратную матрицу в диапазоне ячеек A10 -B11. В ячейках D10 -D11 вычисляем искомые значения  $M_0$  и  $Q_0$  как результат умножения обратной матрицы на столбец свободных членов (рис. 2).

	A	B	C	D	E
1	Исходные данные				
2	q	30			
3	l	4			
4	c	1			
5	Решение системы для определения M0 и Q0				
6	Матрица коэффициентов			Свободный столбец	
7	8	10,66667		20,25	
8	4	8		33,75	
9	Обратная матрица				
10	0,375	-0,5		-9,28125	
11	-0,1875	0,375		8,859375	

Рис. 2. Фрагмент таблицы Microsoft Excel с исходными данными расчета в режиме отображения чисел

На рис. 3 приведен расчет в режиме отображения формул.

	A	B	C	D	E
1	Исходные данные				
2	q	30			
3	l	4			
4	c	1			
5	Решение системы для определения M0 и Q0				
6	Матрица коэффициентов			Свободный столбец	
7	=B3^2/2	=B3^3/6		=B2*(B3-B4)^4/120	
8	=B3	=B3^2/2		=B2*(B3-B4)^3/24	
9	Обратная матрица				
10	=МОБР(A7:B8)	=МОБР(A7:B8)		=МУМНОЖ(A10:B11;D7:D8)	
11	=МОБР(A7:B8)	=МОБР(A7:B8)		=МУМНОЖ(A10:B11;D7:D8)	

Рис. 3. Фрагмент листа Microsoft Excel с решением системы уравнений (2.9) в режиме отображения формул

В ячейки A14 - A30 заносятся значения координаты  $x$ , для которых будут вычисляться смещения, угол поворота, изгибающие моменты и перерезывающая сила. В ячейках C14 - C30 вычисляется

угол поворота точек оси балки по формуле (2.6). В ячейках D14 - D30 вычисляется изгибающий момент точек оси балки по формуле (2.10). В ячейках E14 - E30 вычисляется перерезывающая сила точек оси балки по формуле (2.11) (рис. 4). Вычисления в режиме отображения формул приведены в приложении (рис. П.1-П.4).

	A	B	C	D	E
13	x	Eiv	Eiv'	M	Q
14	0	0	0	-9.28	8.86
15	0.25	0.267	2.043	-7.07	8.86
16	0.5	0.9756	3.533	-4.85	8.86
17	0.75	1.9874	4.469	-2.64	8.86
18	1	3.1641	4.852	-0.42	8.86
19	1.25	4.3671	4.682	1.82	9.17
20	1.5	5.4606	3.981	4.22	10.11
21	1.75	6.3182	2.808	6.93	11.67
22	2	6.8333	1.26	10.10	13.86
23	2.25	6.9285	-0.53	13.91	16.67
24	2.5	6.5654	-2.37	18.49	20.11
25	2.75	5.7546	-4.07	24.01	24.17
26	3	4.5651	-5.36	30.63	28.86
27	3.25	3.1344	-5.95	38.50	34.17
28	3.5	1.6781	-5.5	47.77	40.11
29	3.75	0.4996	-3.66	58.60	46.67
30	4	0	0	71.16	53.86

Рис. 4. Фрагмент листа Microsoft Excel с вычислением искомых величин в режиме чисел

(Для построения эпюр удобно воспользоваться «Мастером диаграмм». Значения точек эпюру принято подписывать, так что на графике следует предусмотреть подпись значений, для чего следует выбрать опцию при построении графика «подпись значений». Для уменьшения громоздкости надписей следует предусмотреть небольшое количество знаков после запятой).

Результат построения приведен на рис. 5 - 8.

18



Рис. 5. Эпюра прогиба оси балки



Рис. 6. Эпюра угла поворота оси балки

19



Рис. 7. Эпюра изгибающего момента оси балки

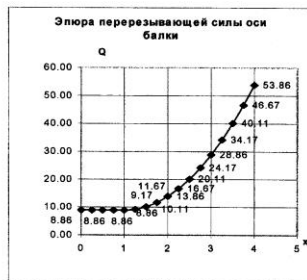


Рис. 8. Эпюра перерезывающей силы оси балки

#### 4. РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ MATHCAD»

В первой строке MathCAD записать значения исходных данных задачи (рис. 9).

Задание исходных данных

$$l := 4 \quad q_0 := 30 \quad c := 1$$

Рис. 9. Фрагмент листа MathCAD с заданием исходных данных

Для решения системы (3.5) использовать функцию Isolve, которая решает систему методом Гаусса (рис. 10).

Определение коэффициентов  $M_0, Q_0$

$$A := \begin{pmatrix} \frac{l^2}{2} & \frac{3}{6} \\ 1 & \frac{l}{2} \end{pmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} \frac{q_0 \cdot (l-c)^4}{120} \\ \frac{q_0 \cdot (l-c)^3}{24} \end{bmatrix}$$

$$\text{Isolve}(A, B) = \begin{pmatrix} -9.281 \\ 8.859 \end{pmatrix}$$

Рис. 10. Фрагмент листа MathCAD с решением системы

Средствами пакета MathCAD построить эпюры (рис. 11 - 14).

21

Построение эпюр

$$v(x) := \frac{-(-9.281) \cdot x^2}{2} - \frac{8.859x^3}{6} + \text{if} \left[ x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x-c)^5}{120(1-c)} \right]$$

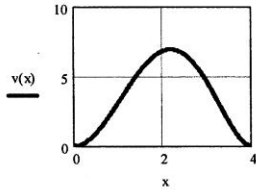


Рис. 11. Эпюра прогиба балки

$$v1(x) := -(-9.281) \cdot x - \frac{8.859x^2}{2} + \text{if} \left[ x < c, 0, \frac{q_0 \cdot (x-c)^4}{24(1-c)} \right]$$

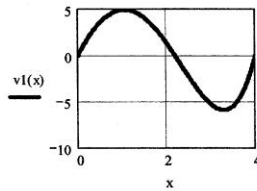


Рис. 12. Эпюра угла поворота балки

$$M(x) := -9.281 + 8.859x - \text{if} \left[ x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x-c)^2}{2(1-c)} \right]$$

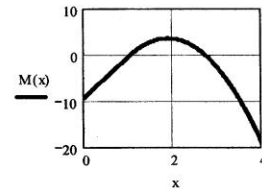


Рис. 13. Эпюра изгибающего момента балки

$$Q(x) := 8.859 - \text{if} \left[ x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x-c)^2}{2(1-c)} \right]$$

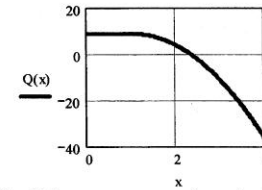


Рис. 14. Эпюра перерезывающей силы балки

## 5. ПОЛУЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ DELPHI

В данном разделе нужно отнести характер вычислений, которые предстоит выполнить на компьютере, к одному из известных

по курсу «Информатики» вычислительных процессов и прийти к схеме алгоритма решаемой задачи. Указать, с каким именем программа записана в папке группы в УКИЦ института. При разработке программы можно использовать любой из трех имеющихся в языке программирования Паскаль операторов цикла:

- for .. to .. do ..
- while .. do ..
- repeat .... until...

Вывод результатов вычислений следует производить в файл, который и распечатать после текста программы. Программа обязательно должна быть сопровождается комментариями, что облегчает ее восприятие.

Примерное содержание раздела:

Применение метода начальных параметров позволило определить формулы для вычисления прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы в любой точке балки. Для построения эпюр этих величин нужно знать их значения. Вычисления по полученным формулам (2.2), (2.6), (2.10), (2.11) выполняем на компьютере. Задача сведена к расчету значений четырех функций при изменении аргумента на промежутке некоторым шагом. В программировании это реализуется организацией цикла табулирования. Общий вид схемы алгоритма такой программы приведен на рис. 15, где использованы обозначения  $x_{нач}$  - первое значение аргумента,  $f(x)$  - вычисляемая функция,  $h$  - шаг изменения аргумента,  $x_{кон}$  - последнее значение аргумента. В решаемой задаче  $x_{нач} = 0$ ,  $x_{кон} = l = 4$  м.

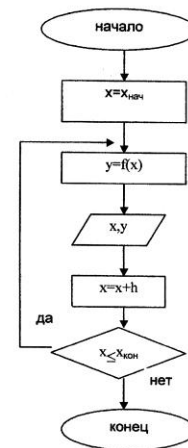


Рис. 15. Схема алгоритма цикла табулирования

Шаг изменения принимаем равным 0,2 м. Вычисления прогиба  $v(x)$  и угла поворота  $v'(x)$  оси балки производятся с нормирующим множителем  $EI$ . Схема алгоритма решаемой задачи приведена на рис. 16.

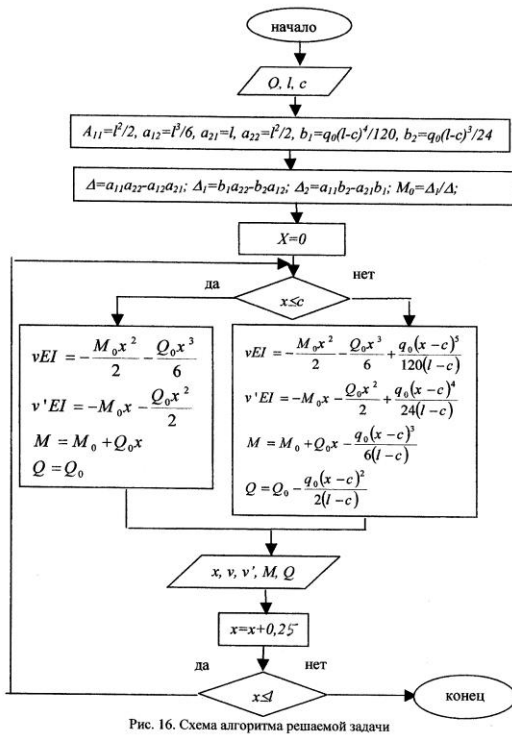


Рис. 16. Схема алгоритма решаемой задачи

### РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «РАСЧЕТ СОСТАВНЫХ БАЛОК НА ИЗГИБ»

Выше рассмотрен пример расчета балки, выполненной из одного материала. Этим же методом можно рассчитать составную балку, т.е. балку, выполненную из разных материалов и жестко скрепленную как единое целое. В этом случае опять же для каждой из частей балки справедливо решение (1.5). Однако на каждой из частей коэффициенты, описывающие прогиб балки, будут разными.

Пример задания для курсовой работы:

Методом начальных параметров рассчитать балку длиной  $l=4$  м с жестко заделанными концами, выполненную из двух материалов, нагруженную на части длины гидростатической нагрузкой ( $q_0=30$  кН,  $c=1$  м) (рис. 17).

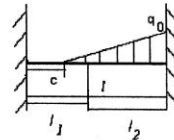


Рис. 17. Схема нагружения составной балки

Решение (1.5) в этом случае принимает вид:

$$v(x) = \begin{cases} v_0^I + v_0^{I'} x - \frac{M_0^I}{2E_1 I} x^2 - \frac{Q_0^I}{6E_1 I} x^3 + \frac{q_0 \text{неодн}(x)}{E_1 I} & \text{при } x < l_1 \\ v_0^{II} + v_0^{II'} x - \frac{M_0^{II}}{2E_2 I} x^2 - \frac{Q_0^{II}}{6E_2 I} x^3 + \frac{q_0 \text{неодн}(x)}{E_2 I} & \text{при } x \geq l_1 \end{cases} \quad (6.1)$$

где значок <sup>I</sup> означает принадлежность первому материалу, <sup>II</sup> - второму,  $E_1$  и  $E_2$  модули деформации первого и второго материалов балки,  $I$  - момент инерции поперечного сечения балки.

Следовательно, определению подлежат не четыре неизвестных постоянных величины, а восемь:

$v_0^I, v_0^{I'}, M_0^I, Q_0^I, v_0^{II}, v_0^{II'}, M_0^{II}, Q_0^{II}$ . Для их определения служат, как в случае балки, выполненной из одного материала, граничные условия закрепления концов балки и условие непрерывности всех рассчитываемых характеристик: смещения, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы в месте контакта разных материалов, т.е. при  $x=l_1$ . Значит, как в разделе 2, граничные условия имеют вид:

$$v(0) = \frac{dv(0)}{dx} = v(l) = \frac{dv(l)}{dx} = 0 \quad (6.2)$$

Подставляя соответствующие выражения для величин смещения, получаем:

А) для смещений

$$v(0) = v_0^I + v_0^{I'} \cdot 0 - \frac{M_0^I \cdot 0^2}{2E_1 I} - \frac{Q_0^I \cdot 0^3}{6E_1 I} + 0 = 0$$

$$v(l) = v_0^{II} + v_0^{II'} \cdot l - \frac{M_0^{II} \cdot l^2}{2E_2 I} - \frac{Q_0^{II} \cdot l^3}{6E_2 I} + \frac{q_0(l-c)^3}{120E_2 I(l-c)} = 0$$

Б) для углов поворота

$$\frac{dv(0)}{dx} = v_0^{I'} - \frac{M_0^I \cdot 0}{E_1 I} - \frac{Q_0^I \cdot 0^2}{2E_1 I} + 0 = 0$$

$$\frac{dv(l)}{dx} = v_0^{II'} - \frac{M_0^{II} l}{E_1 I} - \frac{Q_0^{II} l^2}{2E_2 I} + \frac{1}{E_2 I} \cdot \frac{q_0(l-c)^4}{24E_2 I(l-c)} = 0$$

Получено четыре уравнения для определения искомых восьми величин. Еще четыре уравнения можно получить из условия непрерывности в точке контакта двух материалов:

$$v_0^I + v_0^{I'} \cdot l_1 - \frac{M_0^I}{2E_1 I} \cdot l_1^2 - \frac{Q_0^I}{6E_1 I} \cdot l_1^3 = v_0^{II} + v_0^{II'} \cdot l_1 - \frac{M_0^{II}}{E_2 I} \cdot l_1^2 - \frac{Q_0^{II}}{E_2 I} \cdot l_1^3$$

Таким образом, получена система восьми линейных алгебраических уравнений для определения восьми постоянных. Дальнейшее решение, подробно рассмотренное выше, производится как в разделах 3 - 5.

### РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ВЫВОДЫ»

В этом разделе необходимо дать оценку уместности использования компьютера в вычислительных этапах решения задач по специальности. Указать, какие средства из изученных приемов применены, какие позволили сократить время на вычисления, каких возможностей не хватило для решения задачи.

Примерное содержание раздела:

Расчет балки на изгиб можно производить с использованием компьютера в вычислительной части расчета. Применение табличного процессора Microsoft Excel, благодаря большому количеству встроенных функций, значительно ускоряет вычисления и позволяет не только производить расчеты на компьютере, но и получать электронные варианты эпюр. Решение данной задачи средствами пакета математических расчетов MathCAD позволяет быстро реализовывать вычисления и наглядно представлять их результаты графически. Программа на языке программирования Паскаль является реализацией цикла табулирования, типичной задачей курса информатики. Выполнение всех этих действий полностью подготовлено содержанием курса «Информатика», освоенного в I и II семестрах.

## РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ»

В курсовой работе не обойтись без ссылки на литературные источники, из которых почерпнута та или иная информация, либо использованы аналогичные средства для решения. Эти ссылки помогают читающему понять авторство отдельных утверждений и определить источник заинтересовавших его сведений.

Ссылка на источники в тексте выполняется указанием номера, под которым этот источник записан в списке; номер записывается в квадратных скобках [ ]. Список составляется либо по алфавиту, либо по мере его появления от начала курсовой работы. Вид записи использованного источника предписан соответствующим ГОСТом. Наиболее употребимые типы источников приведены ниже:

- 1) книга, учебник, монография (число авторов не более трех). Сначала пишется фамилия автора, его инициалы. При наличии более одного автора, они перечисляются через запятую. Фамилии авторов набираются курсивом. Затем с заглавной буквы приводятся название книги. За ним следует точка и тире, за которыми пишется название города, в котором подготовлена книга. Если город - Москва, Ленинград или Санкт-Петербург, то название сокращается до одной буквы с точкой: М. (Москва), Л. (Ленинград), С.-Пб (Санкт-Петербург). Следом за названием города через двоеточие следует название издательства, за которым ставят запятую и далее - год издания. За годом ставится точка и тире, за которыми следует количество страниц и буква «с» с точкой. Например: *Барон Л.И., Турчинов И.А., Ключиков А.В.* Нарушения пород при контурном взрывании.—Л.: Наука, 1975.—336 с.
- 2) книга, учебник, монография (число авторов более трех). Сначала с большой буквы пишется название книги, затем ставится наклонная черта (/), за которой перечисляются авторы: инициалы, фамилия. Далее, как в случае с количеством авторов менее трех. Например: *Крепё горных выработок глубоких рудников /Г.Г. Мирзаев, А.Г. Протосеня, Ю.Н. Огородников, В.И. Выхарев.—* М.: Недра, 1984.—252 с.

30

- 3) статья (число авторов не более трех). Сначала пишутся фамилии и инициалы авторов, затем с большой буквы название статьи, затем ставятся две наклонные черты (//), за которыми следует название журнала, затем точка и тире, за которыми следует год выпуска, точка и тире, далее пишется номер журнала, точка и тире, за которыми ставится большая буква «С» с точкой и номера страниц, на которых располагается статья. Например: *Шкляев А.Н., Маслов А.Г., Коротин А.М.* Опыт ведения буровзрывных работ на разрезе «Междуреченский» //Уголь.—2000.—№2.—С. 56-59
- 4) статья (число авторов более трех). С большой буквы название статьи, затем ставится одна наклонная черта (/), затем пишутся инициалы и фамилии авторов, далее ставятся две наклонные черты (//), за которыми следует название журнала, затем точка и тире, за которыми следует год выпуска, точка и тире, за которыми ставится номер журнала, точка и тире, за которыми ставится большая буква «С» с точкой и номера страниц, на которых располагается статья. Например: Система автоматизированного планирования и проектирования горных работ «GeoTech-3D-Апатит» /С.В. Лукичев, О.В. Наговицын, В.С. Свищи, В.Ф. Егоров, Е.Л. Коробов, Е.В. Ивановский //Горный журнал.—2000.—№3.—С. 56-58.

## ВЫВОДЫ

В методическом пособии приведены все необходимые для выполнения курсовой работы сведения. На основании каждого из разделов пособия студент может делать свой вариант курсовой работы.

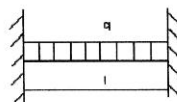
## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. *Новиков Ф.А., Яценко А.Д.* Microsoft Office XP в целом.— СПб.: БХВ-Петербург, 2002.—928 с.
2. Информатика. Базовый курс. 2-е издание/ Под ред. С.В.Симоновича.— СПб: Питер, 2005.—640 с.
3. *Рудикова Л.В.* Microsoft Excel для студента.— СПб: БХВ-Петербург, 2005.—368 с.
4. *Бидасюк Ю.М.* Mathsoft® MathCAD11. Самоучитель.- М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.- 224 с.
5. *Фаронов В.В.* Turbo Pascal 7.0. Начальный курс. Учебное пособие.— М.: Нолидж, 2000.—616 с.
6. *Онушкина И.О., Талалай П.Г.* Правила оформления курсовых и квалификационных работ: Методические указания.- СПб: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2005.- 50 с.
7. *Злобин И.Н.* Возможности Microsoft Excel для решения производственных задач при разработке общераспространенных полезных ископаемых //Маркшейдерский вестник.—1998.—№2.—С. 49-51.
8. *Jensen J., Frank T., Wisser D.* DATAN - An MS Excel based tool for estimating design values in hydrology //Proceeding of the third international conference on advances of computer methods in geotechnical and geoenvironmental engineering. Moscow, Russia, 1 - 4 February 2000.—pp. 483-487.
9. *Павленко К.М., Никитин М.А.* Применение электронных таблиц Excel в расчете строительных конструкций на изгиб /Сб. трудов молодых ученых Санкт-Петербургского Государственного Горного Института (технического университета). - СПб, 2001.-Вып. 7.- С.116-119.
10. *Белыев Н.М.* Сопротивление материалов.—М.: Наука, 1976.—608 с.
11. *Степин П.А.* Сопротивление материалов.—М.: Недра, 1983.—303 с.
12. *Никифоров С.Н.* Сопротивление материалов.—М.: Высшая школа, 1966.—584 с.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

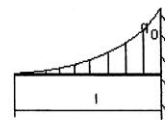
### ВАРИАНТ 1

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанными концами длины  $l=3$  м, выполненную из одного материала, нагруженную равномерной нагрузкой  $q=35$  кН.



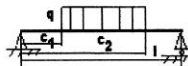
### ВАРИАНТ 2

Методом начальных параметров рассчитать консольную балку  $l=4$  м, выполненную из одного материала, нагруженную квадратической нагрузкой  $q_0=5$  кН.



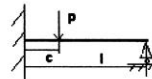
### ВАРИАНТ 3

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на концах балку  $l=4,5$  м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины равномерной нагрузкой  $q=20$  кН,  $c_1=1,5$  м,  $c_2=3$  м.



### ВАРИАНТ 4

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанным левым и свободно опертым правым концом длины  $l=2,5$  м, выполненную из одного материала, нагруженную сосредоточенной нагрузкой  $P=30$  кН,  $c=2,3$  м.



33



Фрагменты таблицы Excel с расчетом в режиме отображения формул

	A	B
13	x	Elv
14	0	$= -\$D\$10 * A14^2/2 - \$D\$11 * A14^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A14 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A14 - \$B\$4)^5/360)$
15	0.25	$= -\$D\$10 * A15^2/2 - \$D\$11 * A15^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A15 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A15 - \$B\$4)^5/360)$
16	0.5	$= -\$D\$10 * A16^2/2 - \$D\$11 * A16^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A16 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A16 - \$B\$4)^5/360)$
17	0.75	$= -\$D\$10 * A17^2/2 - \$D\$11 * A17^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A17 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A17 - \$B\$4)^5/360)$
18	1	$= -\$D\$10 * A18^2/2 - \$D\$11 * A18^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A18 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A18 - \$B\$4)^5/360)$
19	1.25	$= -\$D\$10 * A19^2/2 - \$D\$11 * A19^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A19 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A19 - \$B\$4)^5/360)$
20	1.5	$= -\$D\$10 * A20^2/2 - \$D\$11 * A20^3/6 + \text{ЕСЛИ}(A20 \leq 1; 0; \$B\$2 * (A20 - \$B\$4)^5/360)$

Рис. П.1. Фрагмент таблицы с вычислениями прогиба в режиме отображения формул

	C
13	Elv
14	$= -\$D\$10 * A14 - \$D\$11 * A14^2/2 + \text{ЕСЛИ}(A14 \leq \$B\$4; 0; \$B\$2 * (A14 - \$B\$4)^4/24 / (\$B\$3 - \$B\$4))$
15	$= -\$D\$10 * A15 - \$D\$11 * A15^2/2 + \text{ЕСЛИ}(A15 \leq \$B\$4; 0; \$B\$2 * (A15 - \$B\$4)^4/24 / (\$B\$3 - \$B\$4))$
16	$= -\$D\$10 * A16 - \$D\$11 * A16^2/2 + \text{ЕСЛИ}(A16 \leq \$B\$4; 0; \$B\$2 * (A16 - \$B\$4)^4/24 / (\$B\$3 - \$B\$4))$
17	$= -\$D\$10 * A17 - \$D\$11 * A17^2/2 + \text{ЕСЛИ}(A17 \leq \$B\$4; 0; \$B\$2 * (A17 - \$B\$4)^4/24 / (\$B\$3 - \$B\$4))$
18	$= -\$D\$10 * A18 - \$D\$11 * A18^2/2 + \text{ЕСЛИ}(A18 \leq \$B\$4; 0; \$B\$2 * (A18 - \$B\$4)^4/24 / (\$B\$3 - \$B\$4))$

Рис. П.2. Фрагмент таблицы с вычислениями угла поворота в режиме отображения формул

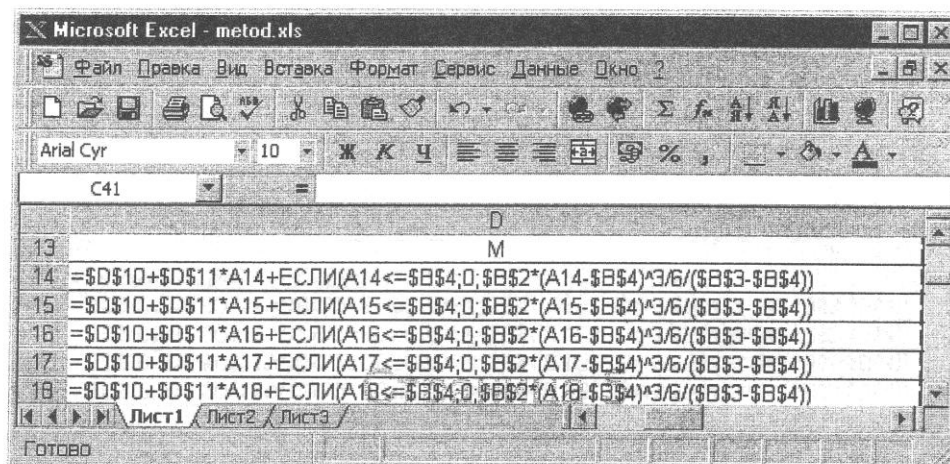


Рис. П.3. Фрагмент таблицы с вычислениями изгибающего момента в режиме отображения формул

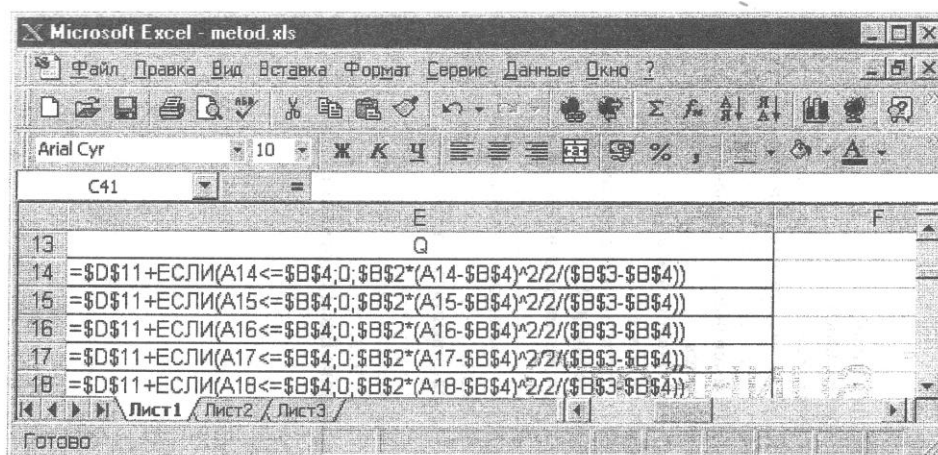


Рис. П.4. Фрагмент таблицы с вычислениями перерезывающей силы в режиме отображения формул

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Раздел курсовой работы «Аннотация» .....	5
Раздел курсовой работы «Содержание» .....	5
Раздел курсовой работы «Введение» .....	6
Раздел курсовой работы «1. Метод начальных параметров при расчете балок на изгиб» .....	7
Раздел курсовой работы «2. Применение метода начальных параметров к поставленной задаче» .....	12
Раздел курсовой работы «3. Построение эпюр средствами табличного процессора Microsoft Excel» .....	15
Раздел курсовой работы «4. Построение эпюр средствами пакета математических расчетов MathCAD» .....	21
Раздел курсовой работы «5. Получение решения в среде программирования Delphi» .....	23
Раздел курсовой работы «Расчет составных балок на изгиб» .....	27
Раздел курсовой работы «Выводы» .....	29
Раздел курсовой работы «Использованные источники» .....	30
Выводы .....	31
Использованные источники .....	32
Варианты заданий .....	33
Приложение. Фрагменты таблицы Excel с расчетом в режиме отображения формул .....	40

## ИНФОРМАТИКА

*Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 130504*

Составитель *О.Г. Быкова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой информатики и компьютерных технологий

Ответственный за выпуск *П.Н. Дмитриев*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.10.2007. Формат 60×84/16.

Бум. для копировальной техники. Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 2,55.  
Усл.кр.-отт. 2,55. Уч.-изд.л. 2. Тираж 120 экз. Заказ 454. С. 104.

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В.Плеханова  
РИЦ Санкт-Петербургского государственного горного института  
Адрес института и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2