

ИНФОРМАТИКА

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 21.05.06*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра информатики и компьютерных технологий

ИНФОРМАТИКА

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 21.05.06*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 681.142.2 (073)

ИНФОРМАТИКА: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет; Сост.: *О.Г. Быкова, Е.В. Катунцов*. СПб, 2021. 43 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи студенту при выполнении курсовой работы. Подробно изложены требования к оформлению курсовой работы, разобран пример выполнения.

Предназначены для студентов специальности 21.05.06 «Нефтегазовая техника и технологии».

Научный редактор доц. *А.Б. Маховиков*

Рецензент канд. техн. наук *К.В. Столяров* (Корпорация "Телум Инк")

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ИНФОРМАТИКА

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 21.05.06*

Сост.: *О.Г. Быкова, Е.В. Катунцов*

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

Ответственный за выпуск *О.Г. Быкова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 13.04.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,5. Усл.кр.-отг. 2,5. Уч.-изд.л. 2,2. Тираж 75 экз. Заказ 305.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа для студентов специальности 21.05.06 «Нефтегазовая техника и технологии» выполняется на тему «Расчет балки на изгиб методом начальных параметров». Расчет заключается в вычислении прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы оси балки, а также построении эпюр. При решении задачи используются как табличный процессор Microsoft Excel, пакет компьютерной математики MathCAD, так и создание программы на языке программирования.

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

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанным левым концом и свободно опертым правым концом длины $L=4,5$ м, выполненной из одного материала, нагруженной на части длины гидростатической нагрузкой ($q_0=80$ кН, $c=1.25$ м).

Расчетная схема приведена на рис. 1.

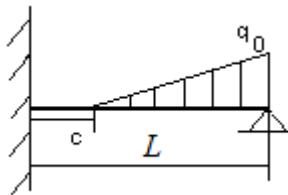


Рис. 1 Расчетная схема

Оформление курсовой работы производится на компьютере по установленному образцу. В соответствии с требованиями к курсовой работе, в ней должны присутствовать следующие разделы:

- титульный лист;
- лист задания;
- аннотация;
- оглавление;
- введение;
- решение поставленной задачи;
- заключение;
- список использованных источников.

Как правило, решение задачи реализуется не в одном разделе, а в нескольких. И в данной курсовой работе рекомендуется выделить пять разделов с описанием отдельных этапов решения задачи:

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 компьютерной математики MathCAD.
5. Решение в среде программирования.

Ниже описаны назначение каждого из разделов и дано их примерное содержание.

РАЗДЕЛЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ И ЛИСТ ЗАДАНИЯ»

Образцы титульного листа курсовой работы и листа задания приведены в приложениях 1, 2. В листе задания заполняются все пункты. Тема курсовой работы. В пункте «Исходные данные» переписывается свое индивидуальное задание без указания номера варианта. В пункте «Содержание» перечисляются разделы курсовой работы. В пункте «Перечень графического материала» указывается количество иллюстраций в работе.

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «АННОТАЦИЯ»

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению курсовых работ в СПбГУ, за титульным листом и листом с заданием располагается лист с аннотацией на русском языке и иностранном, изучаемом студентом (английском, немецком, французском, испанском). Аннотация содержит краткое описание решения задачи, выполненной в курсовой работе. Обычно аннотация занимает от 5 до 20 строк. Заканчивается аннотация сведениями о количестве страниц, рисунков и таблиц в работе.

Ниже приведено примерное содержание аннотации на русском языке для рассматриваемого задания:

АННОТАЦИЯ

В работе выполнен расчет 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 с использованием табличного процессора Microsoft Excel, пакета компьютерной математики MathCAD, а также составлена программа на языке программирования.

Работа содержит ... страниц, ... рисунков, ... таблиц

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ОГЛАВЛЕНИЕ»

Следом за аннотацией располагается страничка «Оглавление», в которой перечисляются по порядку все разделы курсовой работы от введения до списка использованных источников с номерами страниц, на которых они начинаются. Средствами программы Microsoft Word [1] производится автоматическое генерирование оглавления.

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ВВЕДЕНИЕ»

Раздел «Введение» содержит сведения о целевом назначении данной задачи среди решаемых специалистом данного профиля проблем, о возможных известных подходах к ее решению, об использовании допущений и приемов при ее решении, о сходных приемах решения в родственных проблемах. Этот раздел имеет, как правило, небольшой объем, занимает 1-2 страницы текста.

Примерное содержание введения к данной курсовой работе приводится ниже

ВВЕДЕНИЕ

Проведение разных инженерных расчетов, в частности, балок на изгиб с использованием компьютерных технологий 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. Благодаря мощным математическим и инженерным функциям с помощью Microsoft Excel можно решить 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, наличию вспомогательных приемов наряду с простотой использования [2]. В литературе встречаются указания на применение электронных таблиц Microsoft Excel для решения задач в разных областях знания и, конечно, нефтегазового дела, например [4 - 6].

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 ее 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, например [7 - 9]. Целью выполняемой работы является расчет методом начальных параметров Методом начальных параметров рассчитать балку длиной $L=4,5$ м. с жестко заделанным левым и свободно опертым правым концами, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины гидростатической нагрузкой ($q_0=80$ кН; $c=1,25$ 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, например, уже упоминавшиеся выше [7 - 9]. Ориентировочное содержание раздела:

1. МЕТОД НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТЕ БАЛОК НА ИЗГИБ

В качестве исходного в методе начальных параметров принимается обыкновенное дифференциальное уравнение изгиба оси балки 4^{го} порядка

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

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

Это уравнение устанавливает зависимость между прогибом балки $v(x)$ и внешней нагрузкой $q(x)$, приложенной к балке. И 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) известно и имеет вид:

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

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:

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

$v_{неодн}(x)$ - частное решение неоднородного уравнения (1.1), имеющее вид для данной задачи:

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

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 определен 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

ная 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:

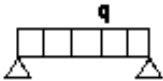
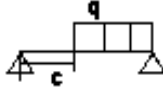
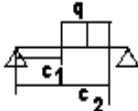
$$v(x) = v_0 + v'_0 \cdot x - \frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + \frac{v_{неодн}(x)}{EI} \quad (1.5)$$

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. Если 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. Именно это соображение дало названию рассматриваемого метода - метод начальных параметров. Последнее слагаемое в формуле (1.5) выражает влияние внешней нагрузки, приложенной к балке. Выражения для разного вида нагружения балки приведены в табл. 1. 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 которых служат граничные условия, имеющие вид для типичных случаев (табл. 2).

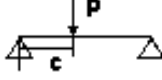
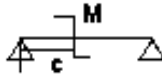

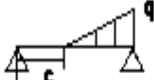
Таблица 1

Выражения неоднородного решения в зависимости от вида приложенной внешней нагрузки

Тип нагрузки	Схема	$v_{неодн}(x)$
--------------	-------	----------------

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		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c_1 \\ q \frac{(x-c_1)^4}{4!} & \text{при } c_2 \geq x > c_1 \\ q \frac{(x-c_1)^4}{4!} - q \frac{(x-c_1)^4}{4!} & \text{при } x > c_2 \end{cases}$

Продолжение табл. 1

Тип нагрузки	Схема	$v_{неодн}(x)$
сосредоточенная нагрузка		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ P \frac{(x-c)^3}{3!} & \text{при } x > c \end{cases}$
сосредоточенный момент		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ M \frac{(x-c)^2}{2!} & \text{при } x > c \end{cases}$
гидростатически распределенная (треугольная) от левого конца		$v_{неодн} = q \frac{x^5}{5! \cdot l}$
гидростатически распределенная (треугольная) на части балки		$v_{неодн} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0 \frac{(x-c)^5}{5! \cdot (l-c)} & \text{при } x > c \end{cases}$



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

Таблица 2

Граничные условия

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

Два из четырех параметров определяются сразу же из граничных условий, поставленных на левом конце балки. Для двух других 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 сопромата [8]:

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

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

Если к балке приложены несколько нагрузок разного типа одновременно, то $v_{неодн}(x)$ является суммой слагаемых, отражающие каждую из этих нагрузок 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.

Ориентировочно содержание раздела:

2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ К ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧЕ

Задана балка, выполненная из одного материала, закрепленная 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:

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

Выражение (1.5) для определения прогиба запишется

$$v(x) = v_0 + v_0'x - \frac{M_0x^2}{2EI} - \frac{Q_0x^3}{6EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0(x-c)^5}{120(l-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.2)$$

Выражения для определения угла поворота ($v'(x)$), изгибающего момента ($M(x)$) и перерезывающей силы ($Q(x)$) получаются дифференцированием соотношения (2.2) и имеют вид:

$$v'(x) = v'_0 - \frac{M_0 x}{EI} - \frac{Q_0 x^2}{2EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0 (x-c)^4}{24(L-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.3)$$

$$M(x) = -EI \frac{d^2 v(x)}{dx^2} = M_0 + Q_0 x - \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0 (x-c)^3}{6(L-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.4)$$

$$Q(x) = -EI \frac{d^3 v(x)}{dx^3} = Q_0 - \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0 (x-c)^2}{2(L-c)} & \text{при } x > c \end{cases} \quad (2.5)$$

Для определения величин начальных параметров v_0, v'_0, M_0, Q_0 служат граничные условия - условия закрепления концов балки. Согласно табл. 2, прогиб и угол поворота на левом конце балки ($x=0$) равняются нулю, прогиб и изгибающий момент на правом конце балки ($x=L$) равняются нулю:

$$v(0) = 0; \quad v'(0) = 0; \quad v(L) = 0; \quad M(L) = 0 \quad (2.6)$$

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

$$v(0) = v_0 + v'_0 \cdot 0 - \frac{M_0 \cdot 0^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot 0^3}{6EI} + 0 = 0 \quad (2.7)$$

$$v'(0) = v'_0 - \frac{M_0 \cdot 0}{EI} - \frac{Q_0 \cdot 0^2}{2EI} + 0 = 0$$

Из первого равенства следует, что $v_0 = 0$. Из второго равенства следует, что $v'_0 = 0$. Следовательно, выражения для определения прогиба (2.2) и угла поворота (2.3) балки для рассматриваемого примера преобразуются следующим образом:

$$v(x) = -\frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ \frac{q_0 (x-c)^5}{120(L-c)} & \text{при } x > c \end{cases}$$

(2.8)

$$v'(x) = -\frac{M_0 x}{EI} - \frac{Q_0 x^2}{2EI} + \frac{1}{EI} \cdot \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq c \\ q_0(x-c)^4 & \text{при } x > c \end{cases} \frac{1}{24(L-c)}$$

Для удовлетворения граничного условия на правом конце балки приравняем нулю выражения (2.2) и (2.4) при $x=L$:

$$v(L) = -\frac{M_0 \cdot L^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot L^3}{6EI} + \frac{q_0(L-c)^5}{120EI(L-c)} = 0 \quad (2.9)$$

$$M(L) = M_0 + Q_0 L - \frac{q_0(L-c)^3}{6(L-c)} = 0 \quad (2.10)$$

Таким образом, для определения оставшихся двух неизвестных начальных параметров (M_0 , Q_0) имеем систему двух линейных алгебраических уравнений (2.9), (2.10):

$$\begin{cases} -\frac{M_0 \cdot L^2}{2EI} - \frac{Q_0 \cdot L^3}{6EI} + \frac{q_0(L-c)^4}{120EI} = 0 \\ M_0 + Q_0 L - \frac{q_0(L-c)^2}{6} = 0 \end{cases} \quad (2.11)$$

Делаем преобразования в уравнениях системы: умножаем первое уравнение на EI и переносим свободные члены уравнений в правую часть:

$$\begin{cases} \frac{M_0 \cdot L^2}{2} + \frac{Q_0 \cdot L^3}{6} = \frac{q_0(L-c)^4}{120} \\ M_0 + Q_0 \cdot L = \frac{q_0(L-c)^2}{6} \end{cases} \quad (2.12)$$

Таким образом, получены формулы для вычисления всех характеристик изогнутой балки: прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы (2.2) - (2.5) и система линейных алгебраических уравнений (2.12) для определения неизвестных постоянных, входящих в формулы.

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

«3. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MICROSOFT EXCEL»

В данном разделе нужно привести (вставить из Microsoft Excel) таблицы с вычислениями и полученными на их основе диаграммами, являющимися эпюрами исследуемых величин. Табличный процессор Microsoft Excel, кроме непосредственно вычислений, позволяют 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 (вычисляя определители с помощью функции МОПРЕД), либо матричным способом (вычисляя 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) набирается формула с использованием функции «если», которая находится в категории функций «логические». После набора формулы для первого значения аргумента и получения численного значения, для остальных 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 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). Диаграмма должна иметь координатную сетку.

В курсовой работе приводятся как таблицы в формате отображения чисел и отображения формул, так и диаграммы. Диаграммы в тексте работы подписываются и нумеруются как рисунки.

Ориентировочно содержание раздела:

РЕШЕНИЕ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ MICROSOFT EXCEL

Для решения системы (2.9) используем матричный способ решения систем линейных алгебраических уравнений. В 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	F
1	Исходные данные					
2	q	80				
3	L	4,5				
4	c	1,25				
5	Решение системы для определения M_0, Q_0					
6	Матрица коэффициентов		Столбец свободных членов			
7	10,125	15,1875		74,3776		
8	1	4,5		140,8333		
9	Обратная матрица					
10	0,148148	-0,5		M_0	-59,3978	
11	-0,03292	0,333333		Q_0	44,4958	
12						

Рис. 2. Фрагмент таблички 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	80			
3	L	4,5			
4	c	1,25			
5	Решение системы д				
6	Матрица коэффици		Столбец свободных		
7	=B3^2/2	=B3^3/6	=B2*((B3-B4)^4/120)		
8	1	=B3	=B2*((B3-B4)^2/6)		
9	Обратная матрица				
10	=МОБР(A7:B8)	=МОБР(A7:B8)	M0	=МУМНОЖ(A10:B11;D7:D8)	
11	=МОБР(A7:B8)	=МОБР(A7:B8)	Q0	=МУМНОЖ(A10:B11;D7:D8)	

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

Далее вычисляются значения смещения, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы в разных точках балки по формулам (2.2)-(2.5). В ячейки A14 - A30 заносятся значения координаты x , для которых будут вычисляться смещения. В ячейках B14 - B30 вычисляется прогиб по формуле (2.2). 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 на рис. 5-8.

	A	B	C	D	E
13	x	Eiv(x)	Eiv'(x)	M(x)	Q(x)
14	0	0,0000	0,0000	-59,3978	44,4958
15	0,25	1,7403	13,4589	-48,2738	44,4958
16	0,5	6,4977	24,1369	-37,1499	44,4958
17	0,75	13,5770	32,0339	-26,0259	44,4958
18	1	22,2829	37,1499	-14,9020	44,4958
19	1,25	31,9202	39,4849	-3,7780	44,4958
20	1,5	41,7938	39,0429	7,2818	43,7266
21	1,75	51,2143	35,8760	17,9571	41,4189
22	2	59,5165	30,1284	27,8631	37,5727
23	2,25	66,0832	22,0406	36,6152	32,1881
24	2,5	70,3695	11,9490	43,8289	25,2650
25	2,75	71,9266	0,2864	49,1195	16,8035
26	3	70,4256	-12,4184	52,1025	6,8035
27	3,25	65,6823	-25,5405	52,3931	-4,7350
28	3,5	57,6805	-38,3585	49,6068	-17,8119
29	3,75	46,5962	-50,0554	43,3589	-32,4273
30	4	32,8221	-59,7175	33,2649	-48,5811
31	4,25	16,9909	-66,3353	18,9402	-66,2734
32	4,5	0,0000	-68,8030	0,0000	-85,5042

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

13	x	Eiv(x)
14	0	$=(-\$E\$10)^{*}A14^{*}2/2- \$E\$11^{*}A14^{*}3/6+(ЕСЛИ(A14<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A14-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
15	0,25	$=(-\$E\$10)^{*}A15^{*}2/2- \$E\$11^{*}A15^{*}3/6+(ЕСЛИ(A15<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A15-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
16	0,5	$=(-\$E\$10)^{*}A16^{*}2/2- \$E\$11^{*}A16^{*}3/6+(ЕСЛИ(A16<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A16-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
17	0,75	$=(-\$E\$10)^{*}A17^{*}2/2- \$E\$11^{*}A17^{*}3/6+(ЕСЛИ(A17<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A17-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
18	1	$=(-\$E\$10)^{*}A18^{*}2/2- \$E\$11^{*}A18^{*}3/6+(ЕСЛИ(A18<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A18-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
19	1,25	$=(-\$E\$10)^{*}A19^{*}2/2- \$E\$11^{*}A19^{*}3/6+(ЕСЛИ(A19<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A19-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
20	1,5	$=(-\$E\$10)^{*}A20^{*}2/2- \$E\$11^{*}A20^{*}3/6+(ЕСЛИ(A20<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A20-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
21	1,75	$=(-\$E\$10)^{*}A21^{*}2/2- \$E\$11^{*}A21^{*}3/6+(ЕСЛИ(A21<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A21-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
22	2	$=(-\$E\$10)^{*}A22^{*}2/2- \$E\$11^{*}A22^{*}3/6+(ЕСЛИ(A22<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A22-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
23	2,25	$=(-\$E\$10)^{*}A23^{*}2/2- \$E\$11^{*}A23^{*}3/6+(ЕСЛИ(A23<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A23-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
24	2,5	$=(-\$E\$10)^{*}A24^{*}2/2- \$E\$11^{*}A24^{*}3/6+(ЕСЛИ(A24<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A24-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
25	2,75	$=(-\$E\$10)^{*}A25^{*}2/2- \$E\$11^{*}A25^{*}3/6+(ЕСЛИ(A25<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A25-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
26	3	$=(-\$E\$10)^{*}A26^{*}2/2- \$E\$11^{*}A26^{*}3/6+(ЕСЛИ(A26<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A26-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
27	3,25	$=(-\$E\$10)^{*}A27^{*}2/2- \$E\$11^{*}A27^{*}3/6+(ЕСЛИ(A27<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A27-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
28	3,5	$=(-\$E\$10)^{*}A28^{*}2/2- \$E\$11^{*}A28^{*}3/6+(ЕСЛИ(A28<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A28-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
29	3,75	$=(-\$E\$10)^{*}A29^{*}2/2- \$E\$11^{*}A29^{*}3/6+(ЕСЛИ(A29<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A29-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
30	4	$=(-\$E\$10)^{*}A30^{*}2/2- \$E\$11^{*}A30^{*}3/6+(ЕСЛИ(A30<=\$B\$4;0; \$B\$2^{*}(A30-\$B\$4)^{*}5/120/(\$B\$3-\$B\$4)))$
31	4	
32	4	

Рис. 5. Фрагмент листа Microsoft Excel с вычислением прогиба в режиме отображения формул

	A	C
13	x	Eiv'(x)
14	0	=(-\$E\$10)*A14-\$E\$11*A14^2/2+(ЕСЛИ(A14<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A14-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
15	0,25	=(-\$E\$10)*A15-\$E\$11*A15^2/2+(ЕСЛИ(A15<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A15-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
16	0,5	=(-\$E\$10)*A16-\$E\$11*A16^2/2+(ЕСЛИ(A16<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A16-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
17	0,75	=(-\$E\$10)*A17-\$E\$11*A17^2/2+(ЕСЛИ(A17<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A17-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
18	1	=(-\$E\$10)*A18-\$E\$11*A18^2/2+(ЕСЛИ(A18<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A18-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
19	1,25	=(-\$E\$10)*A19-\$E\$11*A19^2/2+(ЕСЛИ(A19<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A19-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
20	1,5	=(-\$E\$10)*A20-\$E\$11*A20^2/2+(ЕСЛИ(A20<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A20-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
21	1,75	=(-\$E\$10)*A21-\$E\$11*A21^2/2+(ЕСЛИ(A21<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A21-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
22	2	=(-\$E\$10)*A22-\$E\$11*A22^2/2+(ЕСЛИ(A22<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A22-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
23	2,25	=(-\$E\$10)*A23-\$E\$11*A23^2/2+(ЕСЛИ(A23<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A23-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
24	2,5	=(-\$E\$10)*A24-\$E\$11*A24^2/2+(ЕСЛИ(A24<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A24-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
25	2,75	=(-\$E\$10)*A25-\$E\$11*A25^2/2+(ЕСЛИ(A25<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A25-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
26	3	=(-\$E\$10)*A26-\$E\$11*A26^2/2+(ЕСЛИ(A26<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A26-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
27	3,25	=(-\$E\$10)*A27-\$E\$11*A27^2/2+(ЕСЛИ(A27<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A27-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
28	3,5	=(-\$E\$10)*A28-\$E\$11*A28^2/2+(ЕСЛИ(A28<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A28-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
29	3,75	=(-\$E\$10)*A29-\$E\$11*A29^2/2+(ЕСЛИ(A29<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A29-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
30	4	=(-\$E\$10)*A30-\$E\$11*A30^2/2+(ЕСЛИ(A30<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A30-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
31	4,25	=(-\$E\$10)*A31-\$E\$11*A31^2/2+(ЕСЛИ(A31<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A31-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))
32	4,5	=(-\$E\$10)*A32-\$E\$11*A32^2/2+(ЕСЛИ(A32<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A32-\$B\$4)^4/24/(\$B\$3-\$B\$4)))

Рис. 6. Фрагмент листа Microsoft Excel с вычислением угла поворота в режиме отображения формул

	A	D
13	x	M(x)
14	0	=SE\$10+SE\$11*A14-(ЕСЛИ(A14<=SB\$4;0;SB\$2*(A14-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
15	0,25	=SE\$10+SE\$11*A15-(ЕСЛИ(A15<=SB\$4;0;SB\$2*(A15-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
16	0,5	=SE\$10+SE\$11*A16-(ЕСЛИ(A16<=SB\$4;0;SB\$2*(A16-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
17	0,75	=SE\$10+SE\$11*A17-(ЕСЛИ(A17<=SB\$4;0;SB\$2*(A17-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
18	1	=SE\$10+SE\$11*A18-(ЕСЛИ(A18<=SB\$4;0;SB\$2*(A18-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
19	1,25	=SE\$10+SE\$11*A19-(ЕСЛИ(A19<=SB\$4;0;SB\$2*(A19-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
20	1,5	=SE\$10+SE\$11*A20-(ЕСЛИ(A20<=SB\$4;0;SB\$2*(A20-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
21	1,75	=SE\$10+SE\$11*A21-(ЕСЛИ(A21<=SB\$4;0;SB\$2*(A21-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
22	2	=SE\$10+SE\$11*A22-(ЕСЛИ(A22<=SB\$4;0;SB\$2*(A22-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
23	2,25	=SE\$10+SE\$11*A23-(ЕСЛИ(A23<=SB\$4;0;SB\$2*(A23-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
24	2,5	=SE\$10+SE\$11*A24-(ЕСЛИ(A24<=SB\$4;0;SB\$2*(A24-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
25	2,75	=SE\$10+SE\$11*A25-(ЕСЛИ(A25<=SB\$4;0;SB\$2*(A25-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
26	3	=SE\$10+SE\$11*A26-(ЕСЛИ(A26<=SB\$4;0;SB\$2*(A26-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
27	3,25	=SE\$10+SE\$11*A27-(ЕСЛИ(A27<=SB\$4;0;SB\$2*(A27-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
28	3,5	=SE\$10+SE\$11*A28-(ЕСЛИ(A28<=SB\$4;0;SB\$2*(A28-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
29	3,75	=SE\$10+SE\$11*A29-(ЕСЛИ(A29<=SB\$4;0;SB\$2*(A29-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
30	4	=SE\$10+SE\$11*A30-(ЕСЛИ(A30<=SB\$4;0;SB\$2*(A30-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
31	4,25	=SE\$10+SE\$11*A31-(ЕСЛИ(A31<=SB\$4;0;SB\$2*(A31-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))
32	4,5	=SE\$10+SE\$11*A32-(ЕСЛИ(A32<=SB\$4;0;SB\$2*(A32-SB\$4)^3/6/(SB\$3-SB\$4)))

Рис. 7. Фрагмент листа Microsoft Excel с вычислением изгибающего момента в режиме отображения формул

	A	E
13	x	Q(x)
14	0	=SE\$11-(ЕСЛИ(A14<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A14-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
15	0,25	=SE\$11-(ЕСЛИ(A15<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A15-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
16	0,5	=SE\$11-(ЕСЛИ(A16<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A16-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
17	0,75	=SE\$11-(ЕСЛИ(A17<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A17-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
18	1	=SE\$11-(ЕСЛИ(A18<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A18-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
19	1,25	=SE\$11-(ЕСЛИ(A19<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A19-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
20	1,5	=SE\$11-(ЕСЛИ(A20<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A20-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
21	1,75	=SE\$11-(ЕСЛИ(A21<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A21-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
22	2	=SE\$11-(ЕСЛИ(A22<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A22-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
23	2,25	=SE\$11-(ЕСЛИ(A23<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A23-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
24	2,5	=SE\$11-(ЕСЛИ(A24<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A24-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
25	2,75	=SE\$11-(ЕСЛИ(A25<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A25-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
26	3	=SE\$11-(ЕСЛИ(A26<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A26-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
27	3,25	=SE\$11-(ЕСЛИ(A27<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A27-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
28	3,5	=SE\$11-(ЕСЛИ(A28<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A28-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
29	3,75	=SE\$11-(ЕСЛИ(A29<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A29-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
30	4	=SE\$11-(ЕСЛИ(A30<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A30-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
31	4,25	=SE\$11-(ЕСЛИ(A31<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A31-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))
32	4,5	=SE\$11-(ЕСЛИ(A32<=\$B\$4;0;\$B\$2*(A32-\$B\$4)^2/2/(\$B\$3-\$B\$4)))

Рис. 8. Фрагмент листа Microsoft Excel с вычислением перерезывающей силы в режиме отображения формул

Для построения эпюр используется тип диаграмм Microsoft Excel «точечная». Результат приведен на рис. 9 - 12.



Рис. 9. Эпюра прогиба оси балки



Рис. 10. Эпюра угла поворота оси балки

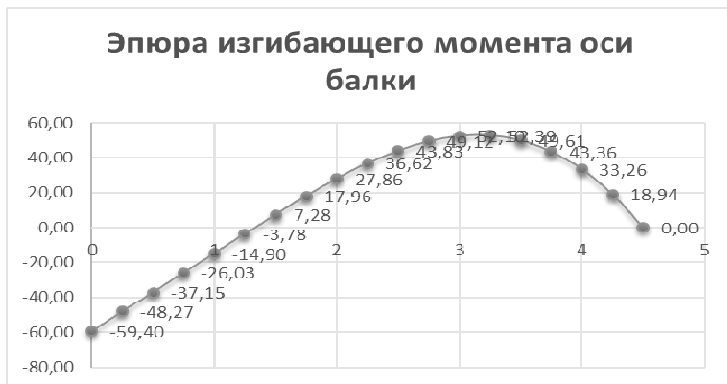


Рис. 11. Эпюра изгибающего момента оси балки



Рис. 12. Эпюра перерезывающей силы оси балки

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «4. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATHCAD»

В этом разделе повторяется расчет параметров изогнутой балки в пакете MathCAD. То есть выполняется решение полученной системы линейных алгебраических уравнений (2.12), вычисляются величины прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перере-

зывающей силы в разных точках балки и производится построение эпюр.

Ориентировочно содержание раздела:

4. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATHCAD

Расчет начинаем с задания исходных данных. Затем для решения системы формируем матрицу коэффициентов перед неизвестными системы (A) и столбец свободных членов системы (B). Решение системы находим по методу Гаусса, используя функцию *lsolve* (рис. 13).

Исходные данные:

$$l := 4.5 \quad c := 1.25 \quad q_0 := 80$$

Решение системы уравнений для вычисления M_0 и Q_0 :

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

$$lsolve(A, B) = \begin{pmatrix} -59.398 \\ 44.496 \end{pmatrix} \quad M_0 := -59.398 \quad Q_0 := 44.496$$

Рис. 13. Фрагмент листа MathCAD с заданием исходных данных и решением системы

Характеристики изогнутой балки определяются выражениями (2.2) - (2.5). Для их вычисления задается значения точек балки x , в которых определяем эти характеристики как ранжированную переменную. Затем задаем формулы для вычисления характеристик как функции от x (рис. 14). Далее выводим результаты вычислений (рис. 15). С помощью команды двумерный график панели «График» пакета строим эпюры характеристик изогнутой балки. Полученные графики форматируем (рис. 16-19).

Характеристики изогнутой балки:

$x := 0, 0.25.. 4.5$

$$v(x) := \frac{-M_0 \cdot x^2}{2} - \frac{Q_0 \cdot x^3}{6} + \text{if} \left[x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x - c)^5}{120 \cdot (1 - c)} \right]$$

$$v1(x) := -M_0 \cdot x - \frac{Q_0 \cdot x^2}{2} + \text{if} \left[x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x - c)^4}{24 \cdot (1 - c)} \right]$$

$$M(x) := M_0 + Q_0 \cdot x - \text{if} \left[x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x - c)^3}{6(1 - c)} \right]$$

$$Q(x) := Q_0 - \text{if} \left[x \leq c, 0, \frac{q_0 \cdot (x - c)^2}{2 \cdot (1 - c)} \right]$$

Рис. 14. Определение характеристик балки

x =	v(x) =	v1(x) =	M(x) =	Q(x) =
0	0	0	-59.398	44.496
0.25	1.74	13.459	-48.274	44.496
0.5	6.498	24.137	-37.15	44.496
0.75	13.577	32.034	-26.026	44.496
1	22.283	37.15	-14.902	44.496
1.25	31.92	39.485	-3.778	44.496
1.5	41.794	39.043	7.282	43.727
1.75	51.214	35.876	17.957	41.419
2	59.517	30.129	27.863	37.573
2.25	66.083	22.041	36.615	32.188
2.5	70.37	11.949	43.829	25.265
2.75	71.927	0.286	49.12	16.804
3	70.426	-12.419	52.103	6.804
3.25	65.682	-25.541	52.393	-4.735
3.5	57.68	-38.359	49.607	-17.812
...

Рис. 15. Значения характеристик балки

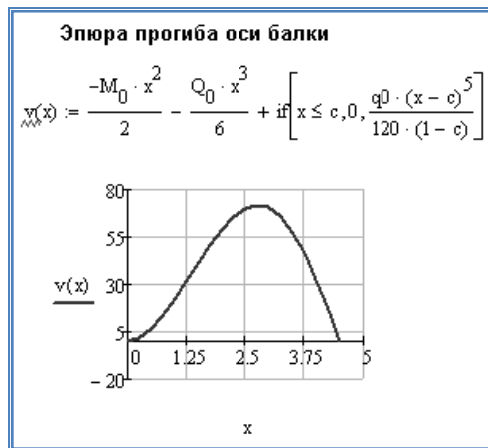


Рис. 16. Эпюра прогиба балки

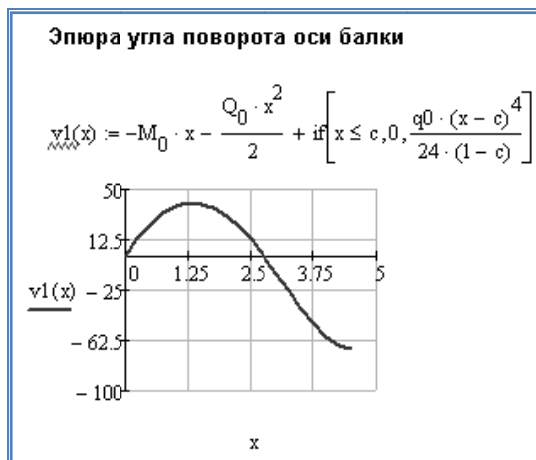


Рис. 17. Эпюра угла поворота балки

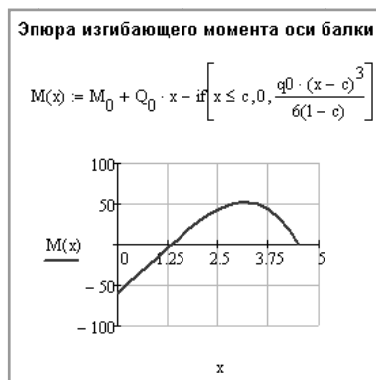


Рис. 18. Эюра изгибающего момента балки

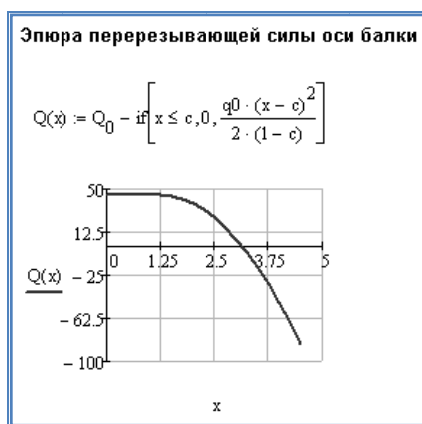


Рис. 19. Эюра перерезывающей силы балки

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «5. РЕШЕНИЕ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ»

В данном разделе необходимо разработать алгоритм решения поставленной задачи и представить его в виде блок-схемы. Отнести характер вычислений, которые предстоит выполнить на компьютере,

к одному из известных по курсу «Информатики» вычислительных процессов и реализовать алгоритм в среде программирования (MS Visual BASIC, Delphi или др.). На форме предусмотреть компоненты для ввода исходных данных, вывода полученных значений характеристик изогнутой балки, а также графический образ решаемой задачи.

Ориентировочное содержание раздела:

5. РЕШЕНИЕ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Применение метода начальных параметров позволило определить формулы для вычисления прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы в любой точке балки. Константы, содержащиеся в формулах, определяются как решения системы линейных алгебраических уравнений. Вычисление значений четырех функций (2.2) - (2.5) при изменении аргумента на промежутке с некоторым шагом в программировании реализуется при помощи цикла табулирования. В программе обязательно присутствие комментариев, что облегчает ее восприятие. При разработке программы можно использовать любой из трех имеющихся операторов цикла:

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

Полученные значения выводятся в файл, который вставляется после формы с результатом выполнения программы.

В решаемой задаче $x_{нач} = 0$, $x_{кон} = L = 4.5$ м, шаг изменения принимаем равным 0,25 м. Вычисления прогиба $v(x)$ и угла поворота $v'(x)$ оси балки производятся с нормирующим множителем EI .

Схема алгоритма решаемой задачи приведена на рис. 20.

Примерный вид пользовательского интерфейса для решаемой задачи приведен на рис. 21. Написание программного кода выполняется самостоятельно.

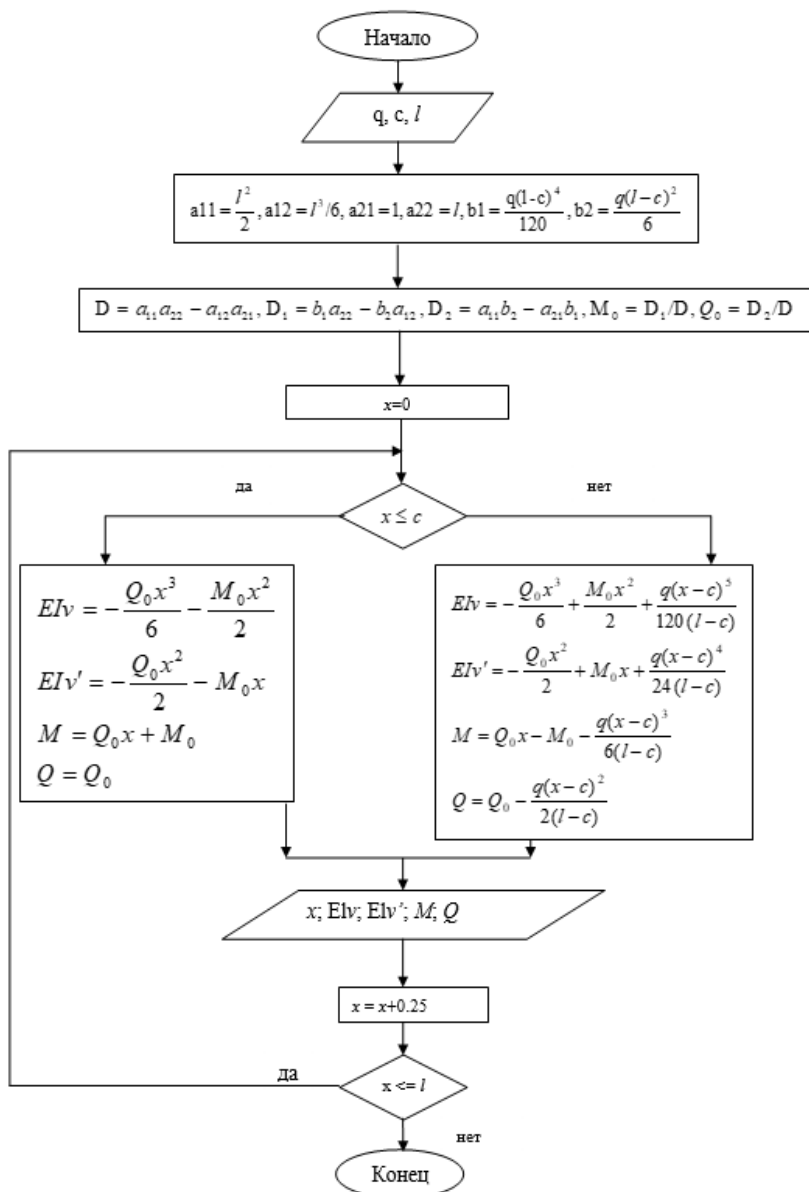


Рис. 20. Блок-схема алгоритма решаемой задачи

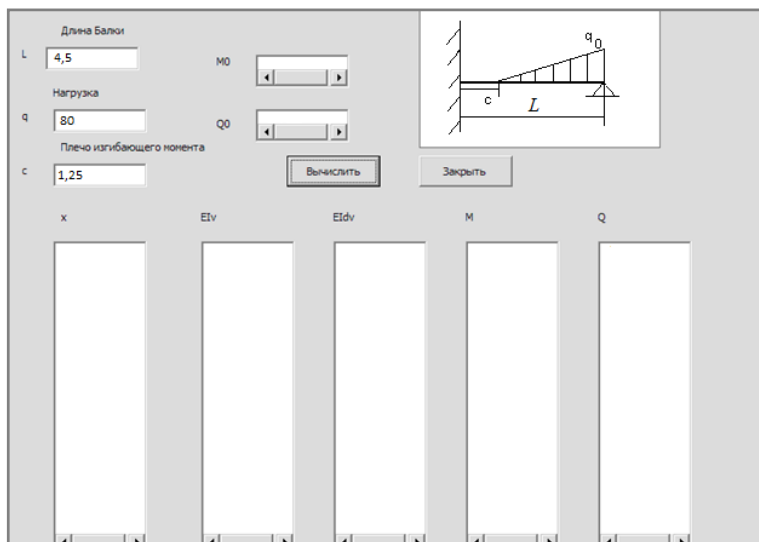


Рис. 21. Пользовательский интерфейс для решаемой задачи

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ЗАКЛЮЧЕНИЕ»

Заключение является одним из самых важных разделов курсовой работы. Оно подводит итог выполненной работы, которая была подробно описана в пояснительной записке. В заключении курсовой работы отражаются результаты проделанных действий и пишутся соответствующие выводы.

Как правило, заключение начинается со слов «Итак...», «Подводя итоги...», «На основании проведенных вычислений...». Далее указываются задачи, которые удалось решить в ходе проделанной работы. Также необходимо раскрыть, какие средства из изученных приемов применены, какие позволили сократить время на вычисления, каких возможностей не хватило для решения задачи, какие проблемы при этом возникли. По объему заключение составляет не более 2–3 страниц.

Ориентировочное содержание раздела:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовой работе был проведен расчет балки на изгиб методом начальных параметров с применением ранее полученных знаний по курсу «Информатика», изучавшегося в I и II семестрах, а также с использованием методической литературы.

Курсовая работа была выполнена и оформлена с помощью программ: текстовый процессор Microsoft Word, табличный процессор Microsoft Excel, графический редактор Paint, пакет компьютерной математики MathCAD, среды программирования Visual Basic или Delphi.

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 математического пакета MathCAD позволяет быстро реализовывать вычисления и наглядно представлять их результаты графически.

В результате проведенных расчетов были вычислены все характеристики изогнутой балки: прогиб, угол поворота, изгибающий момент и перерезывающая сила. Полученные результаты и эпюры, выполненные разными компьютерными программами, совпадают. Это указывает на то, что вычисления верны.

РАЗДЕЛ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ»

При выполнении курсовой работы, как правило, используются научно-методические источники, из которых почерпнута та или иная информация, необходимая для решения задачи. В курсовой работе, естественно, имеются ссылки на эти литературные источники, из которых почерпнута та или иная информация, либо использованы аналогичные средства для решения.

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. Каждому источнику присваивается номер. Вид записи использованного источ-

ника предписан соответствующим ГОСТом. Пример оформления списка источников приведен ниже.

Запись источника на наиболее часто используемых типы источников приведены ниже:

1) книга, учебник, монография.

Сначала пишется фамилия автора, его инициалы курсивом. Затем с заглавной буквы название книги. За ним следует точка, за которой пишется название города, в котором подготовлена книга. Если город - Москва или Санкт-Петербург, то название сокращается: М., СПб. Следом за названием города через двоеточие следует название издательства, за которым ставится запятая и далее - год издания. За годом ставится точка и тире, за которыми следует количество страниц и буква «с» с точкой. Например: *Красовский А.В.* Современные методы моделирования разработки месторождений.—Новосибирск: Наука, 2018.— 200 с.

2) книга, учебник, монография (число авторов более одного). Сначала пишется фамилия автора, его инициалы курсивом. Затем с заглавной буквы название книги. Далее ставится слэш (/), за которым перечисляются инициалы и фамилии всех авторов. Далее следует точка, за которой пишется название города, в котором подготовлена книга. Следом за названием города через двоеточие следует название издательства, за которым ставится запятая и далее - год издания. За годом ставится точка и тире, за которыми следует количество страниц и буква «с» с точкой. Например: П.А.Блинов. Гидроаэромеханика и теплообмен в бурении: учебное пособие / П.А. Блинов, А. В. Подоляк. СП : ЛЕМА, 2016.—94 с.

3) статья. Сначала пишутся фамилии и инициалы автора курсивом, 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: *Кузьмин А.Ю.* Анализ эффективности работы боковых стволов в триасовых залежах нефти в зависимости от направления развития трещиноватости //Инженер нефтяник.— 2018.— №1.— С. 8-13

4) статья (число авторов более одного). Сначала пишутся фамилии и инициалы автора курсивом, затем с большой буквы название статьи, Далее ставится слэш (/), за которым перечисляются инициалы и фамилии всех авторов, 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: *Нугманова Е.В.* Оценка тектонической трещиноватости по данным разномасштабным геофизическим исследованиям /Е.В. Нугманова, Е.А. Ячменева, К.М. Каримов //Нефтяное хозяйство.— 2017.— №2.— С. 30 -35.

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

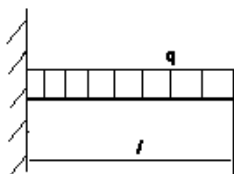
1. *Быкова О.Г.* Информатика. Текстовый процессор Microsoft Word: Методические указания к самостоятельной работе.—СПб.: РИЦ Санкт-Петербургского горного университета, 2018.—45 с.
2. *Грошев А.С.* Информатика: учебник для вузов. - Москва; Берлин: Директ-Медиа. 2015. 484 с.
3. *Макаров Е.Г.* MathCAD: Учебный курс.— СПб: Питер, 2009.— 384 с.
4. *Волкотрубов Д.А.* Расчет объема загрязненности бурового раствора /Д.А. Волкотрубов, М.В.Турицына, О.Г. Быкова. Современные образовательные технологии в преподавании естественно-научных и гуманитарных дисциплин. II Международная научно-методическая конференция. Сборники научных трудов. Санкт-Петербург, 9-10 апреля 2015. Санкт-Петербург: РИЦ Национального минерально-сырьевого университета "Горный", 2015.- С. 646-652.
5. *Ешич М.* Решение задачи Неймана уравнения теплопроводности в табличном процессоре Microsoft Excel /М. Ешич М., О.Г. Быкова. XXII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» НИТ-17. Рязань: Редакционно-издательский центр РГРТУ, 2017.-С. 68-69

6. *Торопов Т.М.* Возможности MS Excel при решении задач бурения/ Т.М. Торопов, О.Г. Быкова. XXIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» НИТ-18. Рязань, 2018.- т. 1 С. 173-175.
7. *Беляев Н.М.* Сопротивление материалов.— М.: Наука, 1976 .— 608 с.
8. *Степин П.А.* Сопротивление материалов.— М.: Недра, 1983 .— 303 с
9. *Никифоров С.Н.* Сопротивление материалов.— М.: Высшая школа, 1966 .— 584 с.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

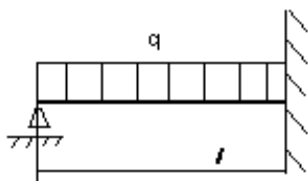
ВАРИАНТ 1

Методом начальных параметров рассчитать консольную балку $l=4$ м, выполненную из одного материала, нагруженную равномерной нагрузкой $q=50$ кН.



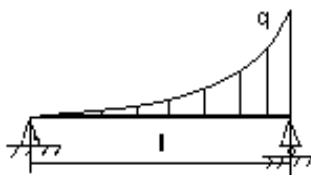
Вариант 3

Методом начальных параметров рассчитать балку с свободно опертым левым и жестко заделанным правым концами длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную равномерной нагрузкой $q=15$ кН.



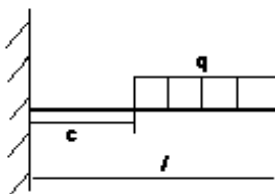
ВАРИАНТ 2

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на концах балку $l=4,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную квадратической нагрузкой $q=20$ кН, $c=2$ м



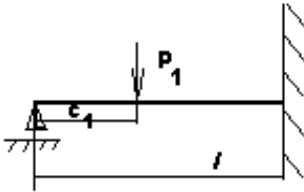
Вариант 4

Методом начальных параметров рассчитать консольную балку $l=4$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины равномерной нагрузкой $q=25$ кН, $c=1$ м



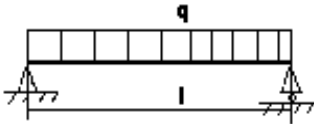
Вариант 5

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на левом и жестко заделанную на правом концах балку $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную сосредоточенной нагрузкой $P=25$ кН, $c=1,5$ м.



Вариант 7

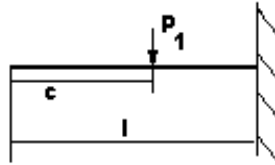
Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на концах балку $l=4,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную равномерной нагрузкой $q=25$ кН.



ВАРИАНТ 9

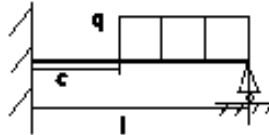
Вариант 6

Методом начальных параметров рассчитать консольную балку длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную сосредоточенной силой $P=20$ кН, $c=1$ м



Вариант 8

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанным левым и свободно опертым правым концом длины $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины равномерной нагрузкой $q=25$ кН, $c=0,5$ м



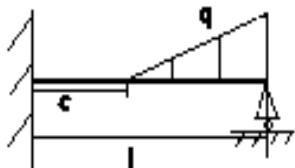
ВАРИАНТ 10

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на концах балку $l=4,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины квадратической нагрузкой $q_0=30$ кН, $c=1,5$ м.



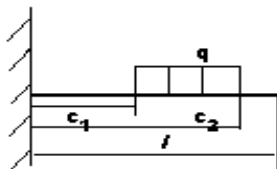
ВАРИАНТ 11

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанным левым и свободно опертым правым концом длины $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины гидростатической нагрузкой $q_0=20$ кН, $c=0,5$ м.



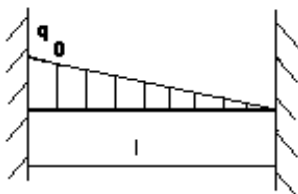
ВАРИАНТ 13

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



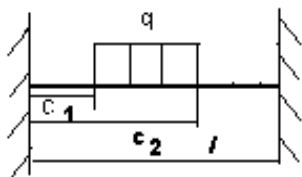
ВАРИАНТ 12

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанными концами длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную гидростатической нагрузкой $q_0=20$ кН



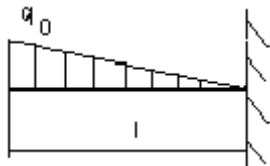
ВАРИАНТ 14

Методом начальных параметров рассчитать балку с жестко заделанными концами длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины равномерной нагрузкой $q=10$ кН, $c_1=2,5$ м, $c_2=4$ м.



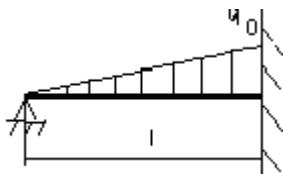
ВАРИАНТ 15

Методом начальных параметров рассчитать балку с свободно опертым левым и жестко заделанным правым концом длины $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на части длины гидростатической нагрузкой $q_0=35$ кН.



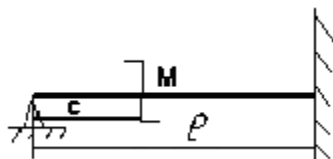
ВАРИАНТ 17

Методом начальных параметров рассчитать балку с свободно опертым левым и жестко заделанным правым концом длины $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную гидростатической нагрузкой $q_0=35$ кН.



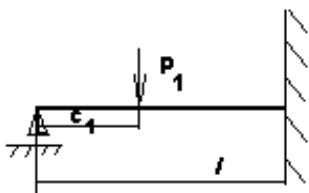
ВАРИАНТ 16

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на концах балку $l=4,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную изгибающим моментом $M=40$ Нм, $c=3$ м.



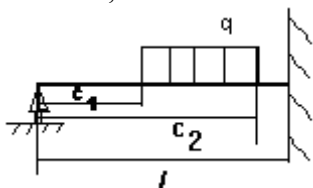
ВАРИАНТ 18

Методом начальных параметров рассчитать свободно опертую на левом и жестко заделанную на правом концах балку $l=2,5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную сосредоточенной нагрузкой $P=25$ кН, $c=1,5$ м.

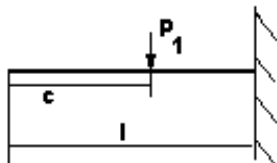


ВАРИАНТ 19

Методом начальных параметров рассчитать балку со свободно опертым левым и жестко заделанным правым концом длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную на центральной части длины равномерной нагрузкой $P=30$ кН, $c=4$ м.

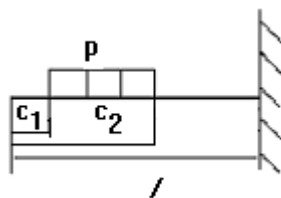


Методом начальных параметров рассчитать консольную балку длины $l=5$ м, выполненную из одного материала, нагруженную сосредоточенной силой $P=20$ кН, $c=1$ м



ВАРИАНТ 20

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



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕР ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Тема работы: _____

Автор: студент гр. _____ / _____ /
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: _____

Дата: _____

Проверил:
руководитель работы _____ / _____ /
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург
2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИМЕР ЛИСТА С ЗАДАНИЕМ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
(подпись) (должность, Ф.И.О.)
"__"_____" 201_ г.

Кафедра _____

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

ЗАДАНИЕ

студенту группы _____
(шифр группы) _____ (Ф.И.О.)

1. Тема работы _____
2. Исходные данные к работе _____
3. Содержание пояснительной записки _____
4. Перечень графического материала _____
5. Срок сдачи законченной работы _____ 2021.
6. Задание выдал (Руководитель работы) _____ / _____ /
(подпись) (должность, Ф.И.О.)
7. Задание принял к исполнению студент _____ / _____ /
(подпись) (Ф.И.О.)
8. Дата получения задания: _____ 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Разделы курсовой работы «титольный лист и лист задания»	4
Раздел курсовой работы «Аннотация»	5
Раздел курсовой работы «оглавление»	5
Раздел курсовой работы «Введение»	5
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	15
Раздел курсовой работы «4. Построение эпюр средствами пакета компьютерной математики MathCAD»	24
Раздел курсовой работы	28
Раздел курсовой работы «заключение»	31
Раздел курсовой работы «Использованные	32
Выводы	34
Используемые источники	34
Варианты заданий	36
Приложение 1	41
Пример титульного листа курсовой работы	41
Приложение 2	42
Пример листа с заданием на курсовую работу	42