Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт
расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Практикум по алгоритмизации и программированию», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать на изгиб шарнирно-опертую балку.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны составить алгоритмы и программы вычисления перемещений, углов поворота, моментов и перерезывающих сил балки. Студенты составляют программы, выполняют расчеты и строят эпюры с использованием программных продуктов **Microsoft Excel, MathCAD, Fortran**. Отчет оформляется в Word.

Обязательные структурные части РГЗ.

Изображение расчетной схемы в масштабе.

Разработка алгоритма построения сетки для разрывной функции.

Табулирование функций по участкам.

Определение констант из граничных условий.

Построение эпюр по вычисленным значениям функций.

Качественное оформление РГР.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной,** если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует описание алгоритмов и программ, допущены грубые ошибки в результатах, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: не приведено описание алгоритмов, допущены неточности в результатах, оценка составляет более 0,25 максимального балла, указанного в БРС.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если содержит все обязательные структурные части, не содержит неточностей, оценка составляет менее 0,75 максимального балла, указанного в БРС.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне при качественном оформлении и безошибочном выполнении всех структурных частей РГР, оценка составляет более 0.75 балла, указанного в БРС.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Пример выполнения варианта задания

1. РАСЧЕТ НА ИЗГИБ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ БАЛКИ

1.1 Постановка задачи

Задана балка, закрепленная на двух шарнирных опорах, и нагружена в соответствии с расчетной схемой (рис. 1.1). Для данной балки построить эпюры прогибов, углов поворота, моментов и перерезывающих сил, используя три программы Fortran, Mathcad, Excel. Исходные данные приведены в таблице 1.1.

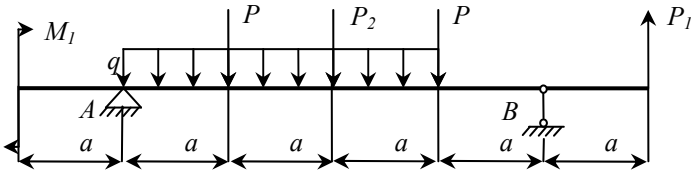


Рис. 1.1 Шарнирно-опертая балка

Исходные данные. Таблица 1.1.

Параметры	*Значение параметров*
M_1, кНм	*40*
P_1, кН	*-10*
P_2, кН	*-20*
P_3, кН	*10*
q, кН/м	*-10*
a, м	*0,5*
EI	*1*

1.2 Разработка алгоритма вычисления функции прогиба

Изменим расчетную схему на рис. 1.1. На новой схеме (рис. 1.2) направим все силы и все реакции вверх. Распределенную нагрузку продолжим до конца, т.к. она должна заканчиваться на правом конце балки, и уравновесим ее другой распределенной нагрузкой, направленной в противоположную сторону.

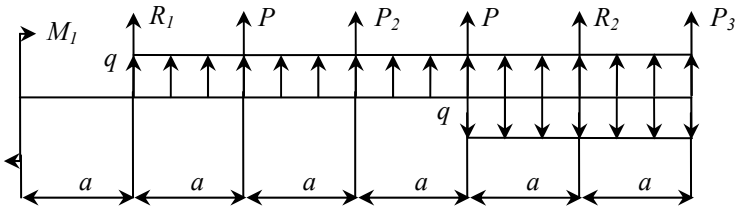


Рис. 1.2 Расчетная схема

Выберем систему координат так, чтобы начало ее совпадало с левым концом балки (рис. 1.2), разобьем балку на силовые участки.

Текст программы в Mathcad:

Для начала введем все исходные данные из таблицы 1.1. В Mathcad'е существует операция присваивания, которая позволяет оценивать любую переменную справа от знака присваивания и назначает любой результат слева от этого знака.

$M1 := 40 \quad P1 := -10 \quad EI := 1 \quad P2 := -20 \quad q := -10 \quad a := 0.5 \quad P3 := 10$

Из условия равновесия найдем реакции опор в точках *A* и *B*:

$$R1 := \frac{-M1 - 5q \cdot a \cdot 1.5 \cdot a - P1 \cdot 3 \cdot a - P2 \cdot 2 \cdot a - P1 \cdot a + P3 \cdot a}{4a}, \quad R1 = 11.875,$$

$$R2 := \frac{M1 - 5q \cdot a \cdot 2.5 \cdot a + 2q \cdot a \cdot 4 \cdot a - P1 \cdot a - P2 \cdot 2a - P1 \cdot 3 \cdot a - P3 \cdot 5a}{4a}, \quad R2 = 33.125 .$$

Далее вводим функцию *z*, которая должна удовлетворять условию: $z(x,a) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 1, & x \geq a \end{cases}$. Это необходимое условие, для того чтобы универсальное уравнение было верно для каждого участка.

В Mathcad это будет иметь вид:

$z(x,a) := if(x < a, 0, 1)$.

Затем вводим функцию *W(x)*, которая будет входить в универсальное уравнение упругой линии, для определения прогибов и углов поворота. Эта функция должна быть больше либо равна нулю, т.к. здесь учитываются силовые факторы, лежащие слева от рассматриваемого сечения.

$$W(x) := M1 \cdot \frac{x^2}{2} + R1 \cdot \frac{(x-a)^3}{6} \cdot z(x,a) + P1 \cdot \frac{(x-2\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,2\cdot a) + P2 \cdot \frac{(x-3\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,3\cdot a) \ldots$$
$$+ P1 \cdot \frac{(x-4\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,4\cdot a) + R2 \cdot \frac{(x-5\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,5\cdot a) + P3 \cdot \frac{(x-6\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,6\cdot a) \ldots$$
$$+ q \cdot \frac{(x-a)^4}{24} \cdot z(x,a) - q \cdot \frac{(x-4\cdot a)^4}{24} \cdot z(x,4\cdot a)$$

Введем матрицы *D* и *B*:

$$D := \begin{pmatrix} 1 & a \\ 1 & 5a \end{pmatrix}, \quad B := \begin{pmatrix} \frac{-1}{EI} \cdot W(a) \\ \frac{-1}{EI} \cdot W(5a) \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -5 \\ -125.026 \end{pmatrix},$$

где **D** – матрица коэффициентов при неизвестных, а **B** – матрица свободных коэффициентов.

Эти матрицы нужны для того, чтобы решить СЛАУ **DC=B**, где **C** – неизвестные коэффициенты.

Для решения СЛАУ используем оператор lsolve

$$C := lsolve(D, B), \quad C = \begin{pmatrix} 25.007 \\ -60.013 \end{pmatrix}.$$

Задаем функцию, определяющую прогиб:

$$V(x) := C_0 + C_1 \cdot x + \frac{1}{EI} \cdot W(x)$$

Далее строим эпюру прогибов *V(x)*, выбрав на панели инструментов график в декартовых осях. Слева от оси ординат записываем *V(x)*, а на оси абсцисс устанавливаем пределы для координаты x от 0 до 3.

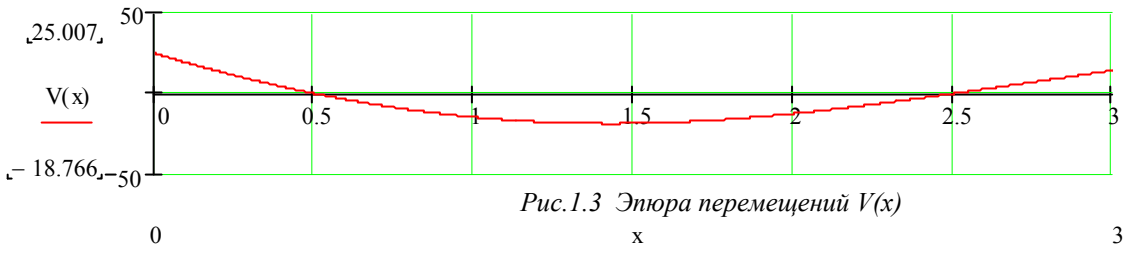


Рис.1.3 Эпюра перемещений V(x)

Продифференцируем в ручную *V(x)* и получим функцию для углов поворота *Q(x)*:

$$Q(x) := C_1 + M1 \cdot x + R1 \cdot \frac{(x-a)^2}{2} \cdot z(x,a) + P1 \cdot \frac{(x-2\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,2\cdot a) + P2 \cdot \frac{(x-3\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,3\cdot a) \ldots$$
$$+ P1 \cdot \frac{(x-4\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,4\cdot a) + R2 \cdot \frac{(x-5\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,5\cdot a) + P3 \cdot \frac{(x-6\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,6\cdot a) \ldots$$
$$+ q \cdot \frac{(x-a)^3}{6} \cdot z(x,a) - q \cdot \frac{(x-4\cdot a)^3}{6} \cdot z(x,4\cdot a)$$

Точно также как и для прогибов строим эпюру *Q(x)*:

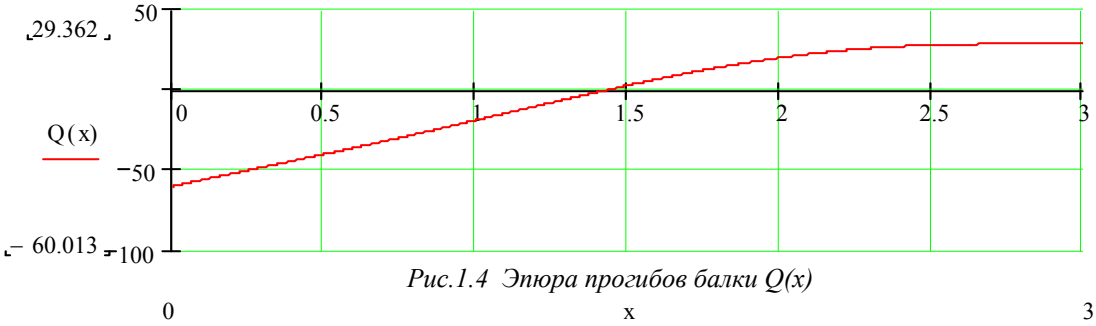


Рис.1.4 Эпюра прогибов балки Q(x)

Далее дифференцируя *Q(x)*, получаем функцию *M(x)*:

$$m(x) := M1 + R1 \cdot (x-a) \cdot z(x,a) + P1 \cdot (x-2\cdot a) \cdot z(x,2\cdot a) + P2 \cdot (x-3\cdot a) \cdot z(x,3\cdot a) \ldots$$
$$+ P1 \cdot (x-4\cdot a) \cdot z(x,4\cdot a) + R2 \cdot (x-5\cdot a) \cdot z(x,5\cdot a) + P3 \cdot (x-6\cdot a) \cdot z(x,6\cdot a) \ldots$$
$$+ q \cdot \frac{(x-a)^2}{2} \cdot z(x,a) - q \cdot \frac{(x-4\cdot a)^2}{2} \cdot z(x,4\cdot a)$$

Строим эпюру изгибающих моментов *M(x)*:

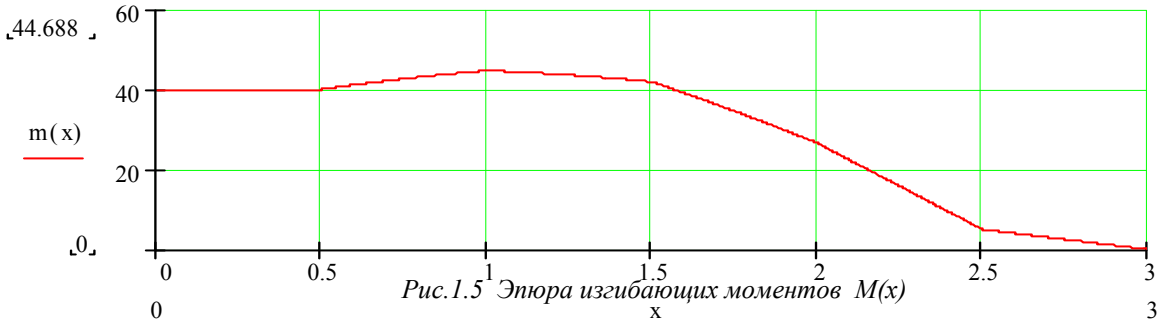


Рис.1.5 Эпюра изгибающих моментов M(x)

Дифференцируя *M(x)*, получаем *P(x)*:

$$P(x) := R1 \cdot z(x,a) + P1 \cdot z(x,2\cdot a) + P2 \cdot z(x,3\cdot a) \ldots$$
$$+ P1 \cdot z(x,4\cdot a) + R2 \cdot z(x,5\cdot a) + P3 \cdot z(x,6\cdot a) \ldots$$
$$+ q \cdot (x-a) \cdot z(x,a) - q \cdot (x-4\cdot a) \cdot z(x,4\cdot a)$$

Эпюра для перерезывающих сил *P(x)* имеет вид:

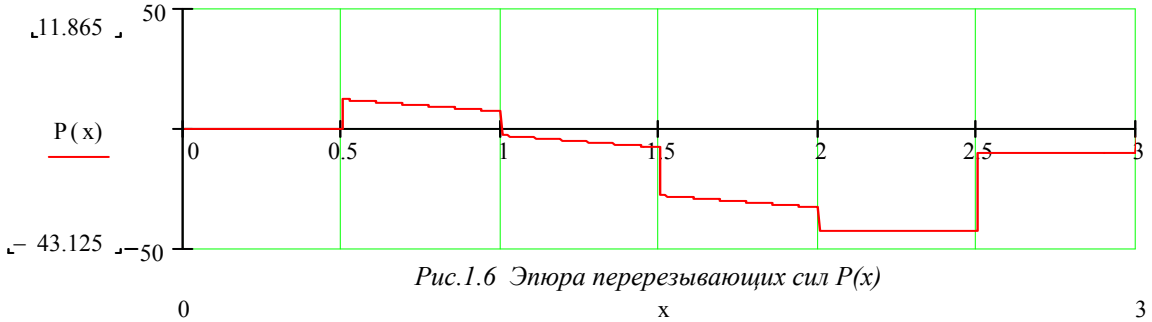


Рис.1.6 Эпюра перерезывающих сил P(x)

Как видно, текст программы очень прост и не требует особых комментариев. Меняя исходные данные, можно пользоваться этой программой повторно. Для построения

эпюр других балок придется также изменять уравнения реакции опор.

Алгоритм решения задачи с использованием языка Fortran

1. Описываем заданные массивы
2. Описываем именованные константы, количество силовых участков и количество точек на участке.
3. Задаем функцию *z(i,j)* для каждого участка.
4. Задаем функцию *W(i)*, с использованием исходных данных.
5. Описываем массивы *V(nm)*, *W2(nm)*, *S(nm)*, *F(nm)*, *C*, *D*.
6. Вычисляем координаты узловых точек.
7. Вызываем подпрограмму SIMQ для решения СЛАУ
8. Вычисляем массивы
9. Выводим на экран искомые величины

Вызываем графическую подпрограмму для построения эпюр. Графическая подпрограмма позволяет визуально оценить полученный результат.

Программа на Fortran'е достаточно объемна, она состоит из головной программы и подпрограммы для построения самих эпюр, так же требуется вызывать подпрограмму SIMQ, для решения СЛАУ.

Эпюры, построенные на Fortran'е (рис. 1.7) схожи с эпюрами, построенными в Mathcad'е.

Различия между программами Mathcad и Fortran:

1. Fortran'е не существует различия между заглавными и прописными буквами, а в Mathcad'е идет четкое различие ввода переменных.

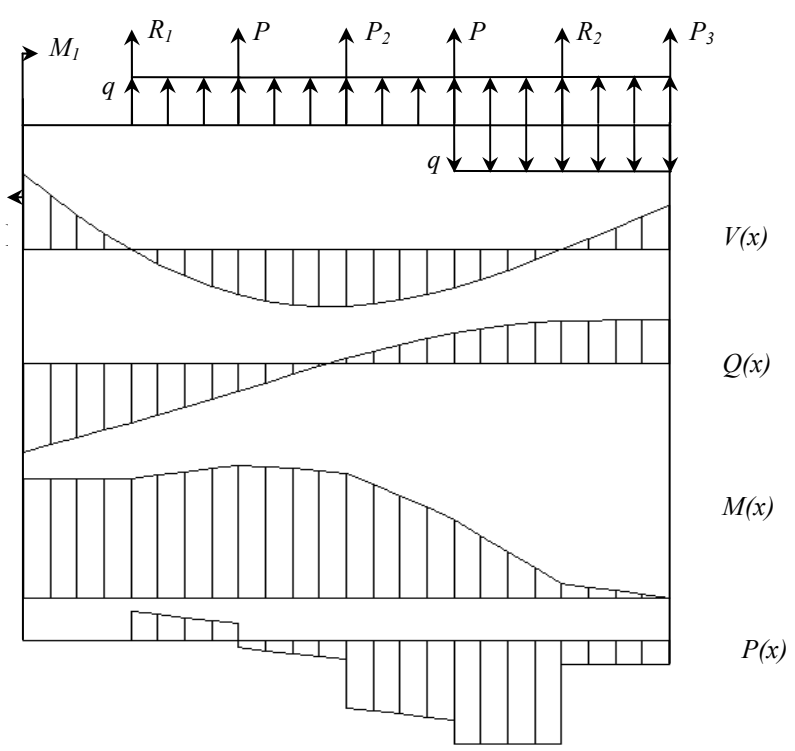
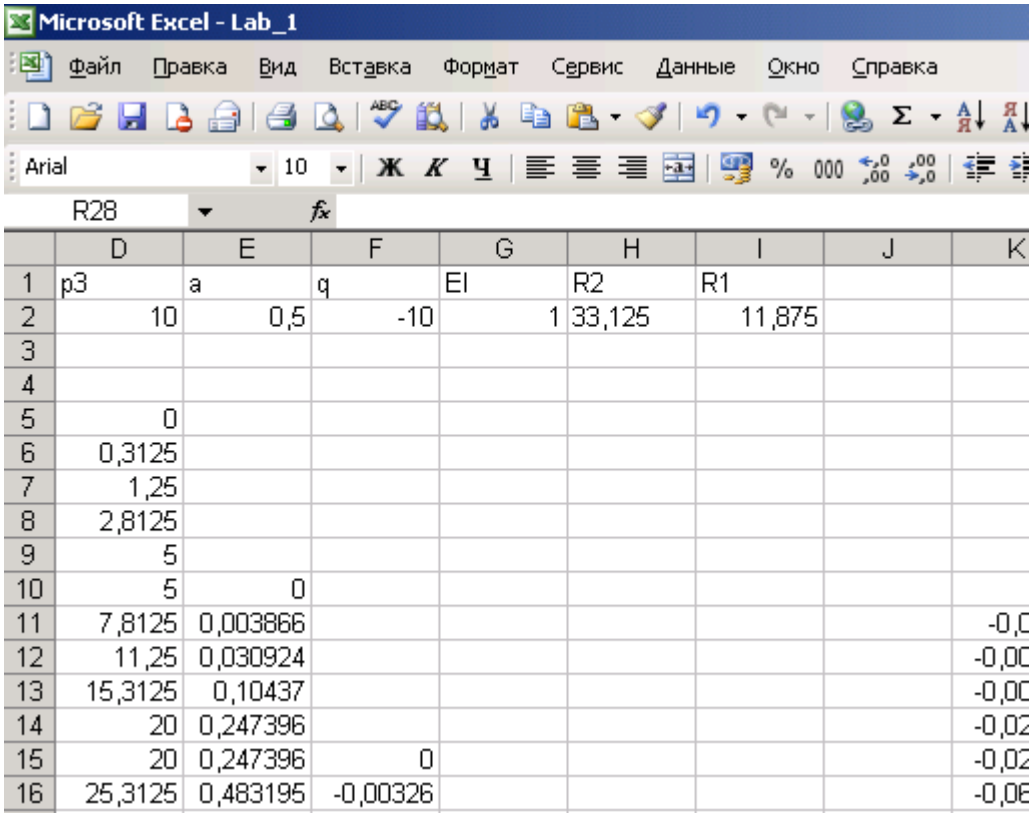


Рис.1.7 Эпюры построенные на Fortran'е

2. Mathcad не строит эпюры, а строит графики в отличии от Fortran.
3. Для построения эпюр на Fortran'е мы должны составлять подпрограмму, в отличие от Mathcad'а, где нужно только назначить операцию построения графика.
4. Текст программы в Mathcad'е значительно легче и проще для усвоения.

Построение эпюр в Excel

В начале вводим исходные данные для внешней нагрузки. Затем задаем шаг сетки по *x* и номеруем точки, всего точек будет 30. Далее в другом столбце задаем значение для *x*, в первой строке пишем 0, во второй предыдущее значению плюс шаг, при этом повторяем значения для узловых точек. Задаем функции для внешних нагрузок и затем суммируем их. Далее задаем матрицы **D** и **B**, обращаем матрицу **D** и умножаем ее на **B** для получения неизвестных коэффициентов. Задаем уравнение упругой линии, в которое входят полученные коэффициенты. Далее выделяя столбец со значениями x и столбец уравнения упругой линии, строим эпюру перемещений (рис. 1.8).



	D	E	F	G	H	I	J	K
1	p3	a	q	EI	R2	R1		
2	10	0,5	-10	1	33,125	11,875		
3								
4								
5	0							
6	0,3125							
7	1,25							
8	2,8125							
9	5							
10	5	0						
11	7,8125	0,003866						-0,0
12	11,25	0,030924						-0,00
13	15,3125	0,10437						-0,00
14	20	0,247396						-0,02
15	20	0,247396	0					-0,02
16	25,3125	0,483195	-0,00326					-0,06

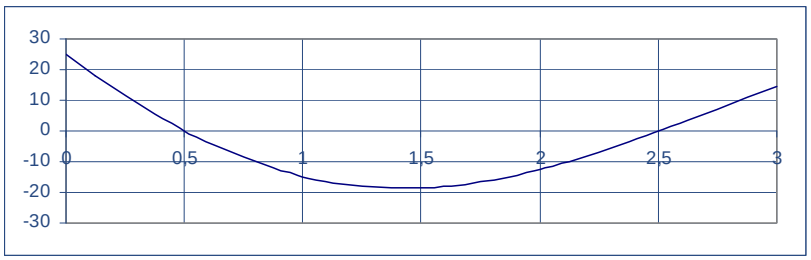


Рис.1.8 Эпюра прогибов балки Q(x)