

ПРОГРАММА «ARKAW» ДЛЯ РАСЧЕТА ТРЕХШАРНИРНОЙ АРКИ

При определении внутренних усилий в трехшарнирной арке многократно вычисляются геометрические параметры (координаты сечений, тригонометрические функции углов наклона касательной к оси арки) и внутренние усилия в балке. Контроль вычислений производится по соответствию эпюр внутренних усилий приложенной к арке нагрузке.

В программе «ArkaW» внутренние усилия вычисляются студентом самостоятельно в одном контрольном сечении, и при правильных результатах выводится полная информация для всех сечений (таблица значений, эпюры усилий).

Исходные данные для программы:

- уравнение оси арки (парабола или окружность);
- пролет арки;
- стрела подъема;
- координата ключевого шарнира;
- координата контрольного сечения;
- количество сосредоточенных сил;
- количество распределенных нагрузок;
- количество дополнительных сечений.

Для сосредоточенных сил вводятся величина и координата точки приложения, для распределенных нагрузок величина, координаты начального и конечного сечения. Для дополнительных сечений вводятся их координаты.

В программе принята правая система координат, начало на левой опоре арки. После ввода и корректировки (в случае необходимости) исходной информации программа выбирает расчетные сечения – у опор и ключевого шарнира, одно сечение в точке приложения сосредоточенной силы, следующее правее на расстоянии 0,01 м. Для распределенных нагрузок назначаются три сечения – в начале, в середине и конце участка приложения нагрузки. Все сечения сортируются в порядке возрастания.

Контрольные величины:

- опорные реакции в арке;
- изгибающий момент, поперечная и продольная силы в заданном сечении арки.

Дополнительно могут быть проверены внутренние усилия в заданном сечении в балке, координата сечения по оси y , тригонометрические функции для угла наклона касательной φ , радиус дуги окружности R .

В программе заложены следующие пределы отклонения контрольных величин. Для опорных реакций 1 %, внутренних усилий в арке 3 %, для геометрических параметров и внутренних усилий в балке 1 %. Если любая из контрольных величин по модулю меньше единицы, то абсолютная ошибка допускается не более величины 0,1.

Пример 1. Исходные данные для расчета арки показаны на рис. 1. Уравнение оси арки – окружность, пролет $L = 30,0$ м; стрела подъема $f = 5,0$ м; координата ключевого шарнира $x_C = 15,0$ м; координата контрольного сечения $x_k = 5,0$ м; количество сосредоточенных сил – 1; распределенных нагрузок – 1; дополнительных сечений – 1.

Для сосредоточенной силы $F_1 = 5,0$ кН; $x_F = 25,0$ м; для равномерно-распределенной нагрузки $q_1 = 2,0 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$; $x_{qn} = 0,0$ м; $x_{qk} = 10,0$ м. Для дополнительного сечения $x = 20,0$ м.

По результатам ручного расчета определяем контрольные величины.

Опорные реакции в арке:

$$V_A = 17,50 \text{ кН}; V_B = 7,50 \text{ кН}; H_A = H_B = H = 12,50 \text{ кН}.$$

Внутренние усилия в контрольном сечении арки:

$$M_A = 26,09 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q_A = 1,878 \text{ кН}; N_A = -14,463 \text{ кН}.$$

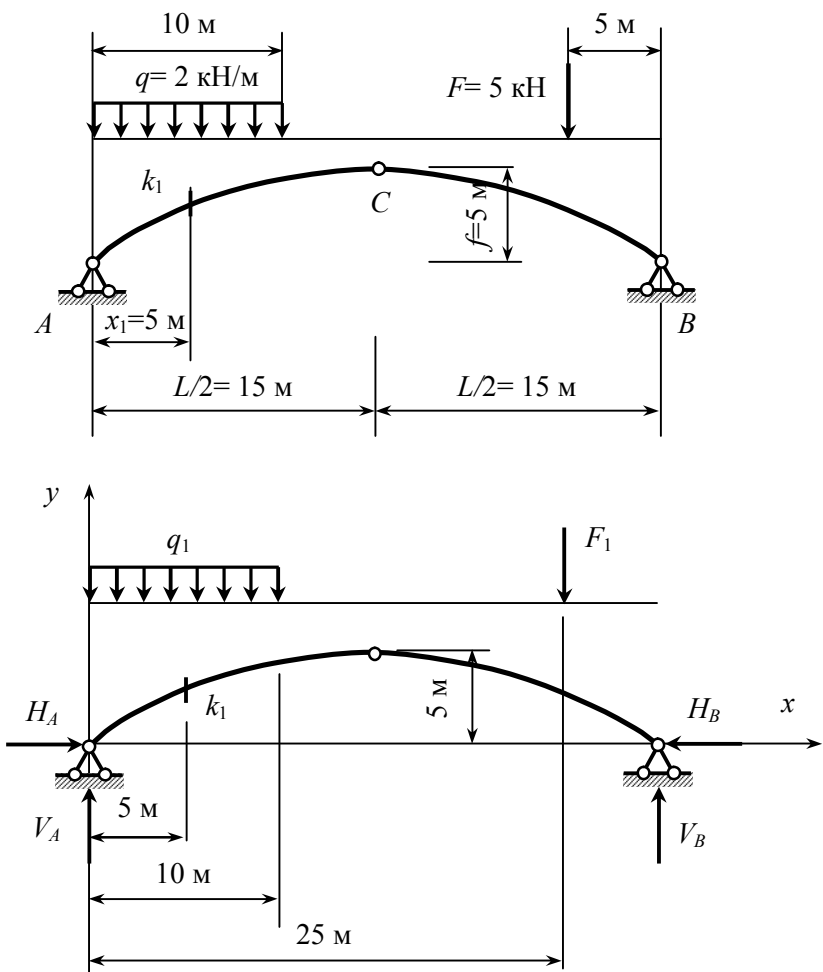


Рис. 1. Трехшарнирная арка (пример 1)

Ввод исходных данных

Расчет трехшарнирной арки - тестовый пример

Задача Тест О программе

Данные Проверка Эпюры Таблица Инструкция

Исходные данные

Уравнение оси арки: Окружность

Пролет (м): 30 Стрела подъема (м): 5

Координата ключевого шарнира (м): 15

Координата контрольного сечения (м): 5

Количество сосредоточенных сил: 1

Распределенная нагрузка: 1

Дополнительных сечений: 1

OK

Сосредоточенные силы

Величина (кН): 5

Координата приложения (м): 25

Номер: 1 OK

Распределенные нагрузки

Величина (кН/м): 2

Координата начала: 0

Координата конца: 10

Номер: 1 OK

Дополнительные сечения

Координата сечения (м): 20

Номер: 1 OK

Рисунок: ☒ Схема арки ☒ Сосредоточенные силы ☒ Распределенные нагрузки ☒ Подписать значения

Управление отображением расчетной схемы

Расчетная схема арки

Рис. 2. Окно программы «ArkW» на этапе ввода исходных данных

Дополнительные величины для проверки следующие. Изгибающий момент и поперечная сила в контрольном сечении для балки:

$$M_B = 62,50 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad Q_B = 7,50 \text{ кН}.$$

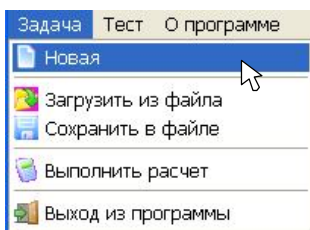
Геометрические параметры:

$$y = 2,913 \text{ м}; \quad \cos \varphi = 0,917; \quad \sin \varphi = 0,400; \quad R = 25,0 \text{ м}.$$

По результатам расчета заполнена таблица и построены эпюры внутренних усилий в сечениях арки (рис. 3, 4).

Порядок работы с программой следующий.

1. Создаем новую задачу



3. Вводим исходные данные

Сосредоточенные силы

Величина (кН) Номер

Координата приложения (м)

2. Задаем информацию о задаче

Данные | Проверка | Эпюры | Таблица | Инструкция

Исходные данные

Уравнение оси арки

Пролет (м) Стрела подъема(м)

Координата ключевого шарнира (м)

Координата контрольного сечения (м)

Количество сосредоточенных сил

Распределенных нагрузок

Дополнительных сечений

Распределенные нагрузки

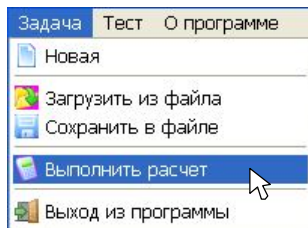
Величина (кН/м) Номер

Координата (м)

начала

конца

4. Производим расчет



5. Переходим на закладку «Проверка», вводим контрольные величины и проверяем результаты ручного расчета

6. Опорные реакции

Данные | **Проверка** | Эпюры | Таблица | Инст

Опорные реакции в арке

V_a (кН)

V_b (кН)

H (кН)

8. При необходимости проверяем внутренние усилия в балке и геометрические параметры

M_b (кНм)

Q_b (кН)

y (м)

$\cos F_i$

$\sin F_i$

R_o (м)

7. Внутренние усилия

Контрольное сечение

M_a (кНм)

Q_a (кН)

N_a (кН)

☒ Дополнительно

Неверные данные
выделяются цветом

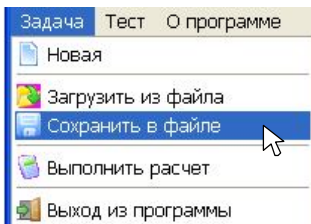
Опорные реакции в арке

V_a (кН)

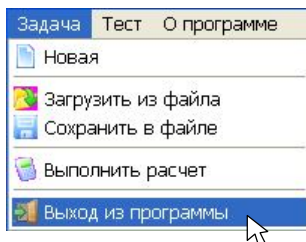
V_b (кН)

H (кН)

10. При необходимости сохраняем данные в файл



11. Завершаем работу



Данные Проверка Эпюры Таблица Инструкция									
N	x	y	CosFi	SinFi	Mb	Qb	Ma	Qa	Na
1	0,000	0,000	0,800	0,600	0,000	17,500	0,000	6,500	-20,500
2	5,000	2,913	0,917	0,400	62,500	7,500	26,089	1,874	-14,456
3	10,000	4,495	0,980	0,200	75,000	-2,500	18,814	-4,949	-11,747
4	15,000	5,000	1,000	0,000	62,500	-2,500	0,000	-2,500	-12,500
5	20,000	4,495	0,980	-0,200	50,000	-2,500	-6,186	0,051	-12,747
6	25,000	2,913	0,917	-0,400	37,500	-2,500	1,089	2,709	-12,456
7	25,010	2,909	0,916	-0,400	37,425	-7,500	1,069	-1,868	-14,457
8	30,000	0,000	0,800	-0,600	0,000	-7,500	0,000	1,500	-14,500

Рис. 3. Таблица результатов расчета арки:

N – номер сечения;

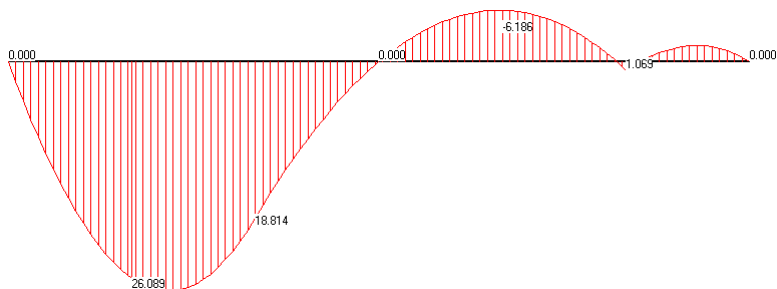
x, y – координаты сечения;

cosFi, SinFi – тригонометрические функции угла;

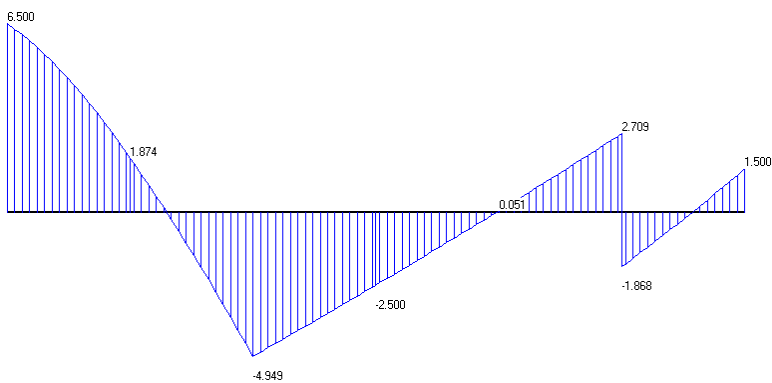
Mb, Qb – внутренние усилия в балке;

Ma, Qa, Na – внутренние усилия в арке

a



б



в

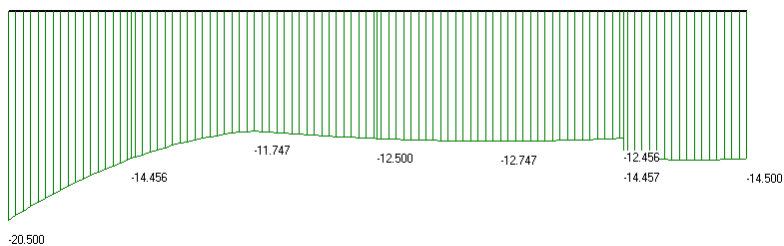


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов (*a*),
поперечных сил (*б*),
продольных сил (*в*) в арке,
построенные программой «ArkaW»