

```
> w:=evalm(convert(w,list)-D1):#Эпюра гл. сект. коорд.
> Jw:=Intgr(w,w);
      Jw := 0.4974887924 107
```

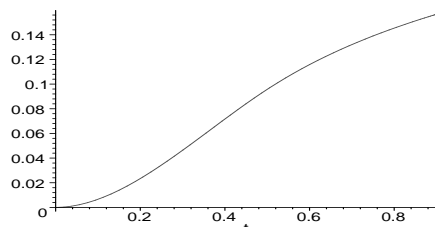
**5.21.2. Интегрирование уравнения кручения.** Рассмотрим решения задачи на с. 130. Геометрические характеристики  $J_w$  и  $J_d$  и секториальные площади в точках K1, K2 (рис. 192, с. 130) могут быть вычислены по программе 31. Все данные и промежуточные приводятся в системе СИ. Дифференциальные уравнения решаются в системе оператором `dsolve`, где в качестве переменной `bc` записаны краевые условия и условия сопряжения. Таким образом, нет необходимости отдельного вычисления констант интегрирования — все вычисления скрыты в операторе `dsolve`. Решение представлено в экспоненциальной форме. Для того, чтобы найденные решения передать искомым функциям  $\theta_1(z)$  и  $\theta_2(z)$  используется оператор `assign(S)`. После интегрирования  $\theta_1(z)$  и  $\theta_2(z)$  по  $z$  можно построить график угла закручивания по всей длине стержня. Решения на участках склеиваем оператором для получения кусочно-заданных функций `piecewise`.

### Программа 32

```
> restart;
> with(PDEtools,declare): declare(theta1(z)):
  Нагрузки
> M0:=3: P1:=100: P2:=-200: M[2]:=0: M[1]:=M0:
  Размеры
> L1:=0.5:L2:=0.4: L3:=0.4: L:=L1+L2:
  Моменты инерции
> Jw:=3e-12: Jk:=43.33e-12:
  Упругие свойства материала (Па)
> E:=2e11: nu:=0.3: G:=E/2/(1+nu):
  Секториальные площади в точках K1, K2
> omegaK1:=300*1e-6: omegaK2:=-300*1e-6:
  Изгибно-крутильная характеристика
> k:=sqrt(G*Jk/(E*Jw));
      k := 2.356931947
  Дифференциальные уравнения
> k1:=k^2/G/Jk:
> eq1:=diff(theta1(z),z$2)-k^2*theta1(z)=-k1*M[1]:
> eq2:=diff(theta2(z),z$2)-k^2*theta2(z)=-k1*M[2]:
  Бимомент
> B:=omegaK1*P1+omegaK2*P2:
```

*Краевые условия и условия сопряжения*

```
> bc:=theta1(0)=0,D(theta2)(L)=-B/E/Jw,
> D(theta1)(L1)=D(theta2)(L1), theta2(L1)=theta1(L1):
Решение дифф.уравнения
> S:=evalf(dsolve({eq1,eq2,bc},
>                                     {theta1(z),theta2(z)}));
> assign(S):
      S := {theta(z) = 0.00240715 e^(2.35693z) + 0.698358 e^(-2.35693z),
      theta1 = -0.136091 e^(2.35693z) - 0.763978 e^(-2.35693z) + 0.900069}
Угол на 1 участке (0<t<L1)
> f1:=evalf(int(theta1(z),z=0..t)):
> f11:=subs(t=L1,f1):
Угол на 2 участке(L1<t<L1+L2)
> f2:=int(theta2(z),z=L1..t)+f11:
Угол
> f0:=piecewise(t>0 and t<L1,f1,t>L1 and t<L,f2);
> plot(f0,t=0..L);
> Угол:=evalf(subs(t=L3,f0));
```



Угол := 0.0716696063

## 5.22. Балка

Программа построения эпюр предназначена для балок с произвольным числом моментов, вертикальных сосредоточенных сил и равномерно распределенных нагрузок. В качестве примера используются данные задачи на с. 155. Координаты нагрузок и их величины записываются в векторы-столбцы. Число компонент вектора должно быть согласовано с числом нагрузок  $n_m$ ,  $n_F$  и  $n_q$ . В данной задаче вектора значений моментов  $m$ , распределенных нагрузок  $q$  и их координат  $x_m$  и  $x_q$