```
>  Maplets:-Display(mplt):
> end use;
> end proc;
> end module:
> BucklModule:-runB1():
```

7.30.2. Подбор сечения

Подбор сечения сжатого стержня по заданной критической нагрузке традиционно производится методом итераций, как это было продемонстрировано в решении задачи 69, с. 208. Система Maple позволяет решить эту задачу иначе — разрешив уравнение

$$P_{\text{кр}} = [\sigma]F\varphi \tag{7.11}$$

относительно гибкости λ. Здесь $P_{\text{кр}}$ и $[\sigma]$ — заданные величины (нагрузка и допускаемое напряжение). Пусть размер сечения характеризуется параметром b, имеющим размерность длины. Для квадратного сечения это длина стороны квадрата, для круглого — радиус. Покажем, что правая часть (7.11) зависит от λ. Зависимость $\varphi = \varphi(\lambda)$ известна и задана таблицей 10, с. 483. Имеем зависимости для площади и радиуса инерции: $F = F(b), i = i(b)$. Кроме того $\lambda = \mu l/i$. Исключая из последних зависимостей b, находим функцию $F = F(\lambda)$. Для квадрата [1] $F = b^2$, $J = b^4/12$ и $F = 12(\mu l/\lambda)^2$. Аналогично для круга $F = \pi b^2$, $J = \pi b^4/4$ и $F = 3\pi(\mu l/\lambda)^2$.

Таким образом, действительно, получаем уравнение (7.11) для λ.

В решении этой задачи существенно используется возможность Maple численно решать нелинейные уравнения с кусочно заданными функциями. Сначала функцию $\varphi(\lambda)$ гибкости аппроксимируем линейным сплайном с помощью оператора `spline` и заносим ее в процедуру `phi`. Длина списка аргументов λ, начинающегося от 0, определяется длиной списка значений φ, которая для стали и дерева равна 21, а для чугуна 11. Для вычисления длины используем оператор `nops`, для создания последовательности значений λ с шагом 10 — оператор `[i*10$i=0..nops(koef[k])-1]`, где \$ — оператор повтора. В программу введены списки φ для стали (`koef[1]`), чугуна (`koef[2]`) и дерева (`koef[3]`). Поэтому процедура `phi` имеет два аргумента: `x` — это гибкость λ, `k` — номер материала (1,2,3).

Если использовать кубические сплайны (`cubic`), то результат мало изменится: $b = 0{,}5080969123$. Заметим также, что в Maple есть специальный пакет `CurveFitting` для интерполяции данных и в нем оператор `PolynomialInterpolation`. В примере взяты данные задачи 69, с. 208. Для решения другой задачи надо сменить значения

[1] Площади и моменты инерции различных сечений даны в табл. 4, с. 478.

`P`, `sigma`, `mu`, `n`, коэффициент $K = b/i$, зависящий от формы сечения. Для круга $K = b/\sqrt{J/F} = b/\sqrt{\pi b^4/(4\pi b^2)} = 2$.

Программа 51 (P51.mws)

сталь
```
> koef[1]:=[1,0.99,0.96,0.94,0.92,0.89,0.86,0.81,0.75,0.69,
> 0.60,0.52,0.45,0.40,0.36,0.32,0.29,0.26,0.23,0.21,0.19]:
```
чугун
```
> koef[2]:=[1,0.97,0.91,0.81,0.69,0.57,
>                               0.44,0.34,0.26,0.20,0.16]:
```
дерево
```
> koef[3]:=[1,0.99,0.97,0.93,0.87,0.8,0.71,0.61,0.48,0.38,
>   0.31,0.26,0.22,0.18,0.16,0.14,0.12,0.11,0.1,0.09,0.08]:
> phi:=proc(x,k)
> spline([i*10$i=0..nops(koef[k])-1],
>                               koef[k],x,linear);end:
> P:=100:     # Нагрузка кН
> sigma:=130:# Допускаемое напряжение МПа
> mu:=1:      # Коэффициент приведения (1,0.5,0.7,2)
> l:=1.1:     # Длина (м)
> n:=2:       # Чугун
> K:=2*sqrt(3.):# Квадрат
> b:=l*mu/lambda*K:
> eq:=P-sigma*1E3*b^2*phi(lambda,n):
> lambda:=fsolve(eq,lambda=0..200);
```
$$\lambda := 75.12552571$$
```
> b;
```
$$0.05072193160$$

7.31. Стабильность

7.31.1. Обыкновенное дифференциальное уравнение

Следующая программа позволяет рассчитывать точки нестабильности процесса, описываемого нелинейным обыкновенным дифференциальным уравнением произвольного порядка. Параметр `Nmax` определяет максимальный порядок варьируемой производной. Разность между `Nmax` и порядком дифференциального уравнения определяет число дополнительных линеаризованных уравнений, полученных из исходного линеаризованного уравнения дифференцированием.