

---

## Константы

```
In[430]:= If[True,
  y... [истина
    A      = - 0.024 (**);
    B      = 1.69 (**);
    CC     = 0.5 (**);
    α      = 10-5      (* K-1 *);
    T0     = 300      (* K *);
    Young  = 1.75 * 1011 (* Па *);
    σf     = 1.1 * 108 (* Па *);
    εf     = 0.000628571;
    l      = 10      (* Длина стержня *);
    Tf     = 22.2     (* Конечный момент времени *);
    τ      = 0.2      (* Шаг времени *);
    a      = 50       (* Просто константа *);
    n      = 100      (* Число узлов сетки *);
    h      = 0.1      (* Шаг сетки *);
  ];
```

In[431]:=

---

## Определение всех необходимых функций

```
In[432]:= F[x_] := a Sin[ $\frac{\pi x}{l}$ ];
           [синус]
```

```
In[433]:= T1[x_, t_] := T0 + F[x] t Sin[t];
           [синус]
           T2[ x_, t_ ] := T0 + F[x] Cos[2 t] Sin[3 t];
           [косинус] [синус]
```

Тепловые деформации

```
In[435]:= εT [T_] := α (T - T0);
```

Полные деформации

```
In[436]:= ε[u_] := D[u, {x, 1}];
           [дифференцирова
```

... SetDelayed: Tag List in

{0.00176646, 0.00104344, 0.000355808, -0.000229124, -0.000654103, -0.000877528, -0.000877528, -0.000654103, -0.000229124, 0}[u\_] is Protected.

Аналитическое решение (перемещения)

```
In[437]:= uAnalytical =
  First[Flatten[
    DSolve[{
      D[D[u[x, t], {x, 1}] - ε T[T1[x, t]], {x, 1}] == 0,
      u[0, t] == 0,
      u[l, t] == 0
    }, u[x, t], {x, t}]]
] [[2]]
Out[437]= 
$$\frac{5 t \sin[t] - t x \sin[t] - 5 t \cos\left[\frac{\pi x}{10}\right] \sin[t]}{1000 \pi}$$

```

## Численное решение (метод конечных разностей)

```
In[438]:= f = D[ε T[T1[x, t]], {x, 1}]
Out[438]= 
$$\frac{\pi t \cos\left[\frac{\pi x}{10}\right] \sin[t]}{20000}$$

```

Проверки для шага и количества точек (можем выставлять и то, и то)

```
In[439]:= If[NumberQ[n],
  h =  $\frac{l}{n}$ ,
  If[NumberQ[h], n = IntegerPart[ $\frac{l}{h}$ ]; h =  $\frac{l}{n}$ ];
```

Составляем разностное уравнение

```
In[440]:=  $\frac{d^2 u}{dx^2} == f;$ 
In[441]:=  $\frac{u_{i+1} - 2 u_i + u_{i-1}}{h^2} == f$ 
Out[441]= 
$$100 (u_9 - 2 u_{10} + u_{11}) == \frac{\pi t \cos\left[\frac{\pi x}{10}\right] \sin[t]}{20000}$$

```

Создаем массив точек и значений функции f в них, далее решаем СЛАУ:  $Au = F(f(x_1), \dots, f(x_n))$ . В идеале прогонкой

```
In[442]:= points = Table[i * h, {i, 0, n}];
In[443]:= values = {0} ~Join~ Table[f /. {x → points[[i]]}, {i, 1, n - 1}] ~Join~ {0};
```







```

data = {};
For[tt = 0, tt <= Tf, tt = tt + τ,
  ⚡цикл⚡ДЛЯ
    temp = {};
    For[i = 1, i < n, ++i,
      ⚡цикл⚡ДЛЯ
        T[i] = T1[points[i], tt] /. t → tt;
        ε[i] = duNumerical[i] /. t → tt;
        εε[i] = ε[i] - εT[T[i]] - εcrk[i] /. t → tt;
        If[Young * εε[i] < σfv[i],
          ⚡условный оператор
            σ[i] = Young * εε[i],
            σfv[i] = σf  $\left( A + B e^{-CC * \frac{\epsilon[i] - \epsilon T[T[i]]}{\epsilon f}} \right)$ ;

            σ[i] = σfv[i]; εcrk[i] = ε[i] - εT[T[i]] -  $\frac{\sigma[i]}{Young}$ ;

        ];
        AppendTo[temp, {tt, T[i], σ[i], ε[i], ε[i] - εT[T[i]], εcrk[i]}]
        ⚡добавить в конец к
      ];
    AppendTo[data, temp]
    ⚡добавить в конец к
  ];

```

## Картиночки

```

In[456]:= ListPlot[Table[{data[[i, 2, 1]], data[[i, 2, 4]]}, {i, 1, IntegerPart@  $\frac{Tf}{\tau}$ }],
[соединённый] [таблица значений] [целая часть]

Joined → True, AxesLabel → {"t", "ε"}]
[соединённый] [истина] [обозначения на осях]

ListPlot[Table[{data[[i, 2, 1]], data[[i, 2, -1]]}, {i, 1, IntegerPart@  $\frac{Tf}{\tau}$ }],
[соединённый] [таблица значений] [целая часть]

Joined → True, AxesLabel → {"t", "εcrk"}]
[соединённый] [истина] [обозначения на осях]

ListPlot[Table[{data[[i, 2, 1]], data[[i, 2, 3]]}, {i, 1, IntegerPart@  $\frac{Tf}{\tau}$ }],
[соединённый] [таблица значений] [целая часть]

Joined → True, AxesLabel → {"t", "σ"}]
[соединённый] [истина] [обозначения на осях]

ListPlot[Table[{data[[i, 2, 5]], data[[i, 2, 3]]}, {i, 1, IntegerPart@  $\frac{Tf}{\tau}$ }],
[соединённый] [таблица значений] [целая часть]

Joined → True, AxesLabel → {"ε - εT", "σ"}]
[соединённый] [истина] [обозначения на осях]

ListPlot[Table[{data[[i, 2, 1]], data[[i, 2, 2]]}, {i, 1, IntegerPart@  $\frac{Tf}{\tau}$ }],
[соединённый] [таблица значений] [целая часть]

Joined → True, AxesLabel → {"t", "T"}]
[соединённый] [истина] [обозначения на осях]

```



