

Методика анализа надежности систем и их элементов по данным эксплуатации

На примере ТУ-154М

Связь между показателями надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем

$$\omega(t) = f(t) + \int_0^t \omega(\tau) f(t - \tau) d\tau$$

где $\omega(t)$ - частота отказов, а $f(t)$ - закон распределения отказов.

Алгоритм анализа надежности техники по данным эксплуатации, основанный на решении интегрального уравнения

1. Определить частоту отказов по данным эксплуатации в виде

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t N}$$

2. Записать функцию $\omega(t)$ в виде преобразования Лапласа $\omega(s)$.

<https://www.mathworks.com/help/symbolic/laplace.html>

(<https://www.mathworks.com/help/symbolic/laplace.html>)

3. Определить преобразование Лапласа функции плотности распределения $f(s)$, которая выражается из

$$\omega(s) = f(s) + \omega(s) f(s)$$

$$f(s) = \frac{\omega(s)}{1 + \omega(s)}$$

4. Находится обратное преобразование Лапласа $f(t)$ и определяем ВБР и интенсивность отказов λ .

Пример

In []:

```
N = 8;
```

In []:

```
NoF = [0 260 431 421 306 351 369 546 363];
```

In []:

```
Time_in_Hours = [1 2351 4066 4596 3381 2630 3665 4585 3158];
```

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t N}$$

In []:

```
w_t = NoF./(Time_in_Hours*N);
Time = zeros(1,9);
sum_t = 0;

for a = 2:length(Time)
    Time(a) = Time_in_Hours(a)/2 + sum_t;
    sum_t = sum_t + Time_in_Hours(a);
end
```

Polyfit

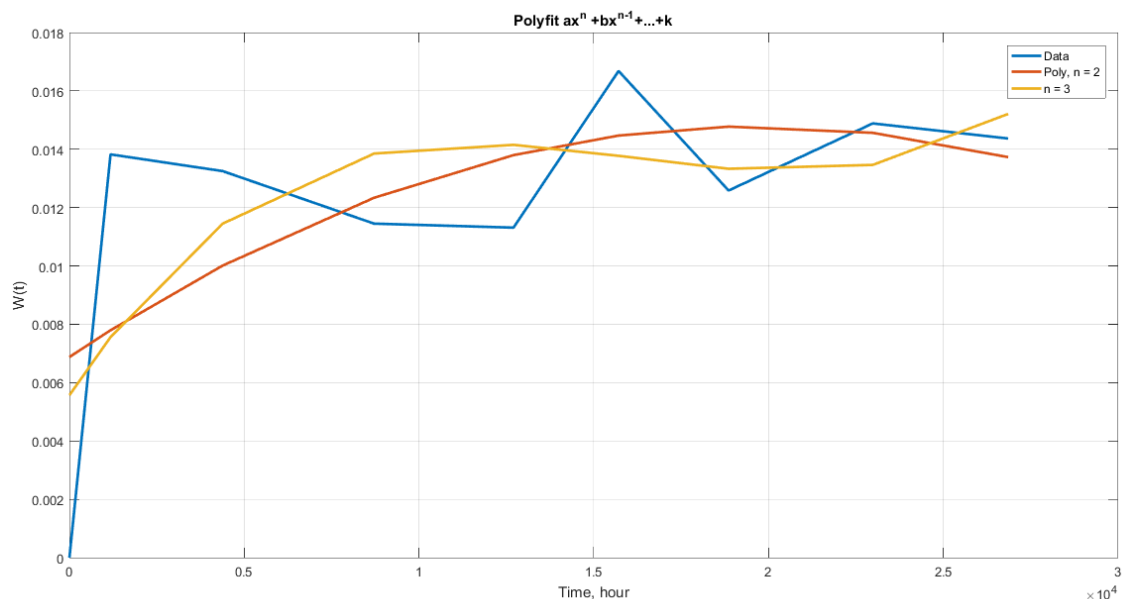
<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html>
[\(https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html\)](https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html)

In []:

```
Poly = polyfit(Time, w_t,2);
Poly_3 = polyfit(Time, w_t,3);

f = polyval(Poly, Time);
f_3 = polyval(Poly_3, Time);

plot(Time,w_t,Time, f,Time,f_3, 'LineWidth', 2);
title('Polyfit ax^n +bx^{n-1}+...+k');
grid on
xlabel('Time, hour');
ylabel('W(t)');
legend('Data','Poly, n = 2','n = 3');
```



Преобразование Лапласа (прямое)

In []:

```
%syms t s  
%disp (laplace(1,t,s));  
%disp(laplace(t,t,s));  
%disp(laplace(t^2,t,s));
```

Но я все делал в MAPLE :)

```

> restart : with(inttrans) :
>
>

```

$$\text{invlaplace}\left(\frac{f(s)}{1+f(s)}, s, t\right) \quad (1)$$

```

> laplace( -0.000000000020464·t2 + 0.000000804702828·t + 0.006878033077009 , t, s);

```

$$\frac{1.000000000 \cdot 10^{-15} (6.878033077 \cdot 10^{12} s^2 + 8.04702828 \cdot 10^8 s - 40928.)}{s^3} \quad (2)$$

```

> invlaplace( % / (1 + %), s, t);

```

$$0.006881130206 e^{-0.006758063955 t} - 0.000003055157470 e^{-0.0001582409599 t} - 4.197321955 \cdot 10^{-8} e^{0.00003827183773 t} \quad (3)$$

```

> lambda = % / (1 - int(%, t=0..t));

```

$$\lambda = \frac{0.006881130206 e^{-0.006758063955 t} - 0.000003055157470 e^{-0.0001582409599 t} - 4.197321955 \cdot 10^{-8} e^{0.00003827183773 t}}{(3 \cdot 10^{-10} + 1.018210282 e^{-0.006758063955 t} - 0.01930699531 e^{-0.0001582409599 t} + 0.001096712937 e^{0.00003827183773 t})} \quad (4)$$

```

> P = 1 - int(%, t=0..t);

```

$$P = 3 \cdot 10^{-10} + 1.018210282 e^{-0.006758063955 t} - 0.01930699531 e^{-0.0001582409599 t} + 0.001096712937 e^{0.00003827183773 t} \quad (5)$$

```

>

```

$$e = e \quad (6)$$

Ввести новые переменные и построить график (например ВБР)

In []:

```
t = [0:1:28000];  
  
inverse_laplace_t = 0.6881130206*10^(-2)*exp(-0.6758063955*10^(-2)*t)-0.3055157470*10^(-5)*exp(-0.1582409599*10^(-3)*t)-4.197321955*10^(-8)*exp(0.3827183773*10^(-4)*t);  
  
lambda_t = (0.6881130206*10^(-2)*exp(-0.6758063955*10^(-2)*t)-0.3055157470*10^(-5)*exp(-0.1582409599*10^(-3)*t)-4.197321955*10^(-8)*exp(0.3827183773*10^(-4)*t))/(3.*10^(-10)+1.018210282*exp(-0.6758063955*10^(-2)*t)-0.1930699531*10^(-1)*exp(-0.1582409599*10^(-3)*t)+0.1096712937*10^(-2)*exp(0.3827183773*10^(-4)*t));  
  
P_t = 3*10^(-10)+1.018210282*exp(-0.6758063955*10^(-2)*t)-0.01930699531*exp(-0.1582409599*10^(-3)*t)+0.1096712937*10^(-2)*exp(0.3827183773*10^(-4)*t);
```

