Trường Đại Học Bách Khoa TP HCM

Khoa Cơ Khí

BÀI TẬP LỚN

MÔN THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ THEO ĐỘ TIN CẬY

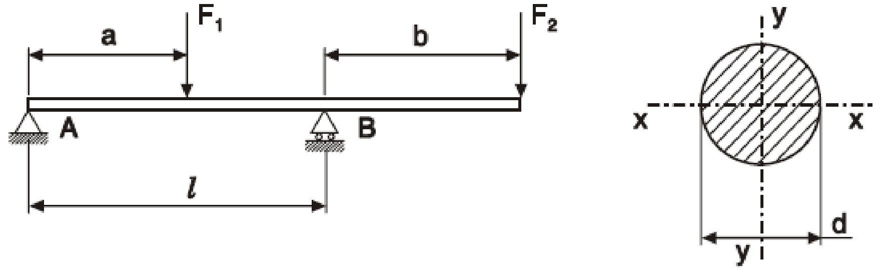
GVHD: **PGS.TS NGUYỄN HỮU LỘC**

HVTH:

TP HCM, 5/ 2011

BÀI TẬP LỚN

Thanh có tiết diện ngang hình tròn đường kính d chịu tác dụng các lực F1 và F2 và được đỡ bởi các ổ A và B như hình 1. Lực tác dụng F1 và F2, chiều dài thanh l và khoảng cách a, b là các đại lượng ngẫu nhiên có giá trị trong bảng 1.



Hình 1

Đại lượng	Giá trị trung bình	Sai lệch bình phương trung bình
Lực tác dụng F1, N	600	500
Lực tác dụng F2, N	1200	120
Đoạn công xôn b, mm	800	10
Vị trí đặt lực a, mm	500	5
Khoảng cách l, mm	1600	15
Ứng suất giới hạn σ_b	1500	50

1. Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002 m_d theo phương pháp mô men thích hợp.
2. Thiết kế (tính d) khi R = 0,999 theo phương pháp mô men thích hợp.
3. Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d theo phương pháp tìm điểm xác suất lớn nhất.
4. Phân tích R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d và thiết kế R = 0,999 theo phương pháp xấu nhất.
5. Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d theo phương pháp mô phỏng Monte Carlo.

BÀI LÀM

- Biểu đồ Momen :

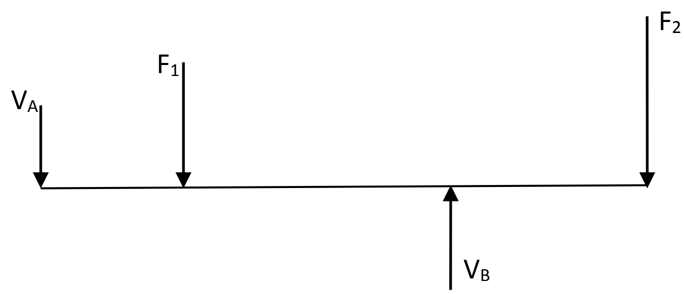
Từ 2 phương trình:

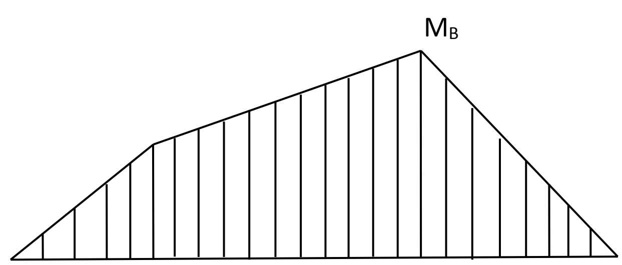
$V_A + V_B = F_1 + F_2$ (giả thiết 2 phản lực đều hướng lên)

$V_B.l = F_1.a + F_2.(l + b)$

- ➔ $V_B = 1987{,}5$ (N)
- ➔ $V_A = -\ 187{,}5$ (N) { V_A hướng xuống}

Ta thiết lập được sơ đồ Momen uốn:





$$\mathbf{M_{max} = M_B = F_2.b}$$

1. **Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002 m_d theo phương pháp mô men thích hợp.**

   Ứng suất uốn lớn nhất xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{32.\bar{F}.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^3} = \frac{32.1200.800}{\pi.20^3} = 1223 \text{ MPa}$$

$$S_\sigma^2 = \left(\frac{\partial\sigma}{\partial F}\right)^2 S_F^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial b}\right)^2 S_b^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial d}\right)^2 S_d^2$$

$$S_\sigma^2 = \left(\frac{32.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 S_F^2 + \left(\frac{32.\bar{F}}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 S_b^2 + \left(\frac{-96.\bar{F}.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^4}\right)^2 S_d^2$$

$$= \left(\frac{32.800}{\pi.20^3}\right)^2 .120^2 + \left(\frac{32.1200}{\pi.20^3}\right)^2 .10^2 + \left(\frac{-96.1200.800}{\pi.20^4}\right)^2 .0,04^2$$

= 15243,1 MPa

Ta có:

$$m_g = \bar{\sigma}_b - \bar{\sigma} = 1500 - 1223 = 277 MPa$$

$$S_g = \sqrt{S_\sigma^2 + S_{\sigma_b}^2} = \sqrt{15243,1 + 50^2} = 133,2$$

$$\Rightarrow z = -\beta = \frac{-m_g}{S_g} = \frac{-277}{133,2} = -\ 2,0796$$

- **Kết luận**: Với giá trị z = -2,0796 ta tra được độ tin cậy của thanh là R = 0,98124

2. **Thiết kế (tính d) khi R = 0,999 theo phương pháp mô men thích hợp.**
   - Ứng suất uốn lớn nhất xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{32F.b}{\pi.d^3}$$

Vì F_2, b và d là các đại lượng ngẫu nhiên, do đó ta xác định giá trị trung bình $\bar{\sigma}$ và sai lệch bình phương trung bình S_σ theo các công thức sau:

$$\bar{\sigma} = \frac{32.\bar{F}.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^3} = \frac{32.1200.800}{\pi.\bar{d}^3} = \frac{9,78.10^6}{\bar{d}^3} \text{ MPa}$$

$$S_\sigma^2 = \left(\frac{\partial\sigma}{\partial F}\right)^2 S_F^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial b}\right)^2 S_b^2 + \left(\frac{\partial\sigma}{\partial d}\right)^2 S_d^2$$

$$S_\sigma^2 = \left(\frac{32.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 S_F^2 + \left(\frac{32.\bar{F}}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 S_b^2 + \left(\frac{-96.\bar{F}_2.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^4}\right)^2 S_d^2$$

$$= \left(\frac{32.800}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 .120^2 + \left(\frac{32.1200}{\pi.\bar{d}^3}\right)^2 .10^2 + \left(\frac{-96.1200.800}{\pi.\bar{d}^4}\right)^2 .\left(0,002.\bar{d}\right)^2$$

$$= \frac{9,7556.10^{11}}{\bar{d}^6}$$

$$\bar{g} = \bar{\sigma}_b - \bar{\sigma} = 1500 - \frac{9,78.10^6}{\bar{d}^3} = \frac{1500.\bar{d}^3 - 9,78.10^6}{\bar{d}^3}$$

$$S_g = \sqrt{S_\sigma^2 + S_{\sigma_b}^2} = \sqrt{\frac{9,7556.10^{11}}{\bar{d}^6} + 50^2} = \frac{1}{\bar{d}^3}.\sqrt{9,7556.10^{11} + 2500.\bar{d}^6}$$

$$\Rightarrow z = -\beta = \frac{-\bar{g}}{S_g} = \frac{-\left(1500.\bar{d}^3 - 9,78.10^6\right)}{\sqrt{9,7556.10^{11} + 2500.\bar{d}^6}}$$

Ta có: R = 0,999 $\rightarrow$ β = 3,09

$$\Rightarrow \frac{-\left(1500.\bar{d}^3 - 9,78.10^6\right)}{\sqrt{9,7556.10^{11} + 2500.\bar{d}^6}} = -3,09$$

$$\Leftrightarrow 1500.\bar{d}^3 - 9,78.10^6 = 3,09.\sqrt{9,7556.10^{11} + 2500.\bar{d}^6}$$

$$\Leftrightarrow 1500^2.\bar{d}^6 - 2.1500.9,78.10^6.\bar{d}^3 + \left(9,78.10^6\right)^2 = 3,09^2.\left(9,7556.10^{11} + 2500.\bar{d}^6\right)$$

Dùng phần mềm Microsoft Mathematic để giải phương trình trên

9 (Degrees / Real Numbers)

Input $\text{solve}(1500^2\,x^6 - 2 \cdot 1500 \cdot (9.78) \cdot 10^6\,x^3 + (9.78 \cdot 10^6)^2 = (3.09)^2\,(9.7556 \cdot 10^{11} + 2500\,x^6), x)$

Solution 1 $x = \sqrt[3]{\frac{6520000000 - 4120\sqrt{267871570990}}{989391}} \approx 16.4293737839338$

Solution 2 $x = \sqrt[3]{\frac{4120\sqrt{267871570990} + 6520000000}{989391}} \approx 20.6026084343161$

- **Kết luận**: Đường kính thanh là d = 20,6 mm tương ứng với xác suất không hỏng là R = 0,999.

3. Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d theo phương pháp tìm điểm xác suất lớn nhất.

❖ **Lặp lần 1:**

a. Hàm trạng thái tới hạn:

$$g(x) = \sigma_b - \sigma; \sigma = \frac{M}{W} = \frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

$$\rightarrow g(x) = \sigma_b - \frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

trong đó:

$$\sigma_b = \overline{\sigma_b} + u_{\sigma_b} S_{\sigma_b}$$
$$F_2 = \overline{F} + u_F S_F$$
$$b = \overline{b} + u_b S_b$$
$$d = \overline{d} + u_d S_d$$

$$\rightarrow g(u) = \overline{\sigma_b} + u_{\sigma_b} S_{\sigma_b} - \frac{32.\left(\overline{F} + u_F S_F\right)\left(\overline{b} + u_b S_b\right)}{\pi.\left(\overline{d} + u_d S_d\right)^3}$$

Chọn điểm $u^0 = (u_{\sigma_b}, u_F, u_b, u_d) = (0,0,0,0)$ là điểm khởi đầu.

b. Xác định $g\left(u^0\right)$ từ phương trình trạng thái:

$$g\left(u^0\right) = \overline{\sigma_b} - \frac{32.\overline{F}.\overline{b}}{\pi.\overline{d}^3} = 1500 - \frac{32.1200.800}{\pi.20^3} = 277,07$$

c. Xác định $\nabla g(u^0)$:

Ta có:

$$\nabla g(u) = \left(\frac{\partial g(u)}{\partial u_{\sigma_b}}, \frac{\partial g(u)}{\partial u_F}, \frac{\partial g(u)}{\partial u_b}, \frac{\partial g(u)}{\partial u_d}\right)$$

$$= \left(S_{\sigma_b}, -\frac{32.S_F\left(\overline{b} + u_b S_b\right)}{\pi.\left(\overline{d} + u_d S_d\right)^3}, -\frac{32.\left(\overline{F} + u_F S_F\right)S_b}{\pi.\left(\overline{d} + u_d S_d\right)^3}, \frac{96.\left(\overline{F} + u_F S_F\right)\left(\overline{b} + u_b S_b\right)S_d}{\pi.\left(\overline{d} + u_d S_d\right)^4}\right)$$

$$\rightarrow \nabla g(u^0) = \left(S_{\sigma_b}, -\frac{32.S_F\overline{b}}{\pi.\overline{d}^3}, -\frac{32.\overline{F}S_b}{\pi.\overline{d}^3}, \frac{96.\overline{F}\overline{b}S_d}{\pi.\overline{d}^4}\right)$$

$$= (50; -122,29; -15,286; 7,338)$$

d. Tính: $\left\|\nabla g(u^0)\right\| = \sqrt{50^2 + 122,29^2 + 15,286^2 + 7,338^2} = 133,2$

e. Tính tỉ số:

$$a^0 = \frac{\nabla g(u^0)}{\left\|\nabla g(u^0)\right\|} = \left(\frac{50}{133,2}; \frac{-122,29}{133,2}; \frac{-15,286}{133,2}; \frac{7,338}{133,2}\right)$$

$$= \left(0,3754; -0,918; -0,1148; 0,055\right)$$

f. Xác định giá trị: $\beta^0 = \left\|u^0\right\| = 0$

g. Vòng lặp tiếp theo bắt đầu với:

$$u^1 = -a^0\left\{\beta^0 + \frac{g(u^0)}{\left\|\nabla g(u^0)\right\|}\right\} = -\left(0,3754; -0,918; -0,1148; 0,055\right)\left\{0 + \frac{277}{133,2}\right\}$$

$$= \left(-0,7808; 1,9097; 0,2387; -0,1146\right)$$

❖ **Lặp lần 2:**

a. Xác định $g(u^1)$ từ phương trình trạng thái:

$$g\left(u^1\right) = \overline{\sigma_b} + u^1_{\sigma_b} S_{\sigma_b} - \frac{32.\left(\overline{F} + u^1{}_F S_F\right)\left(\overline{b} + u^1{}_b S_b\right)}{\pi.\left(\overline{d} + u^1{}_d S_d\right)^3}$$

$$= 1500 - 0,78.50 - \frac{32\left(1200 + 1,909.120\right)\left(800 + 0,239.10\right)}{\pi.\left(20 - 0,114.0,04\right)^3}$$

$$= -0,863$$

b. Xác định $\nabla g(u^1)$:

$$\nabla g(u)=\left(\frac{\partial g(u)}{\partial u_{\sigma_b}},\frac{\partial g(u)}{\partial u_F},\frac{\partial g(u)}{\partial u_b},\frac{\partial g(u)}{\partial u_d}\right)$$

$$=\left(S_{\sigma_b},-\frac{32.S_F\left(\bar{b}+u_bS_b\right)}{\pi.\left(\bar{d}+u_dS_d\right)^3},-\frac{32.\left(\bar{F}+u_FS_F\right)S_b}{\pi.\left(\bar{d}+u_dS_d\right)^3},\frac{96.\left(\bar{F}+u_FS_F\right)\left(\bar{b}+u_bS_b\right)S_d}{\pi.\left(\bar{d}+u_dS_d\right)^4}\right)$$

$$\rightarrow\nabla g(u^1)=\left(S_{\sigma_b};-\frac{32.S_F\left(\bar{b}+u^1{}_bS_b\right)}{\pi.\left(\bar{d}+u^1{}_dS_d\right)^3};-\frac{32.\left(\bar{F}+u^1{}_FS_F\right)S_b}{\pi.\left(\bar{d}+u^1{}_dS_d\right)^3};\frac{96.\left(\bar{F}+u^1{}_FS_F\right)\left(\bar{b}+u^1{}_bS_b\right)S_d}{\pi.\left(\bar{d}+u^1{}_dS_d\right)^4}\right)$$

$$=\left(S_{\sigma_b};-\frac{32.S_F\left(\bar{b}+0,2387S_b\right)}{\pi.\left(\bar{d}-0,1146S_d\right)^3};-\frac{32.\left(\bar{F}+1,9097S_F\right)S_b}{\pi.\left(\bar{d}-0,1146S_d\right)^3};\frac{96.\left(\bar{F}+1,9097S_F\right)\left(\bar{b}+0,2387S_b\right)S_d}{\pi.\left(\bar{d}-0,1146S_d\right)^4}\right)$$

$$=\left(50;-122,7423;-18,2184;8,7729\right)$$

$$\left\|\nabla g(u^1)\right\|=\sqrt{50^2+122,74^2+18,217^2+8,772^2}=134,06$$

c. Tính tỉ số:

$$a^1=\frac{\nabla g(u^1)}{\left\|\nabla g(u^1)\right\|}=\left(\frac{50}{134,06};\frac{-122,74}{134,06};\frac{-18,217}{134,06};\frac{8,772}{134,06}\right)$$

$$=\left(0,373;-0,916;-0,136;0,065\right)$$

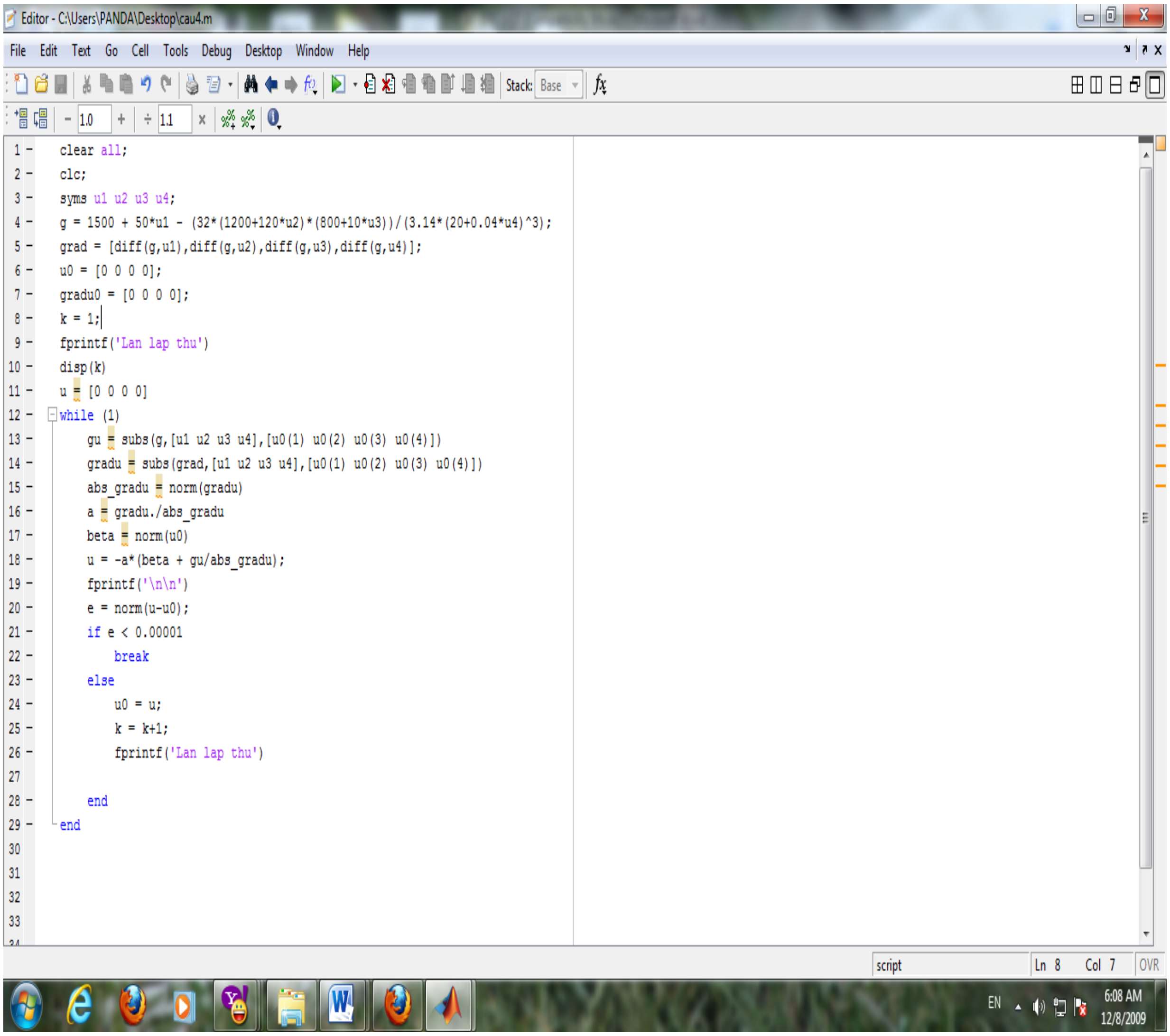
d. Xác định giá trị: $\beta^1=\left\|u^1\right\|=\sqrt{0,78^2+1,909^2+0,239^2+0,114^2}=2,079$

e. Vòng lặp tiếp theo bắt đầu với:

$$u^2=-a^1\left\{\beta^1+\frac{g(u^1)}{\left\|\nabla g(u^1)\right\|}\right\}=-\left(0,373;-0,916;-0,136;0,065\right)\left\{2,079+\frac{-0,738}{134,06}\right\}$$

$$=\left(-0,773;1,899;0,282;-0,135\right)$$

Sử dụng Matlab để thực hiện lặp cho các lần tiếp theo với điều kiện dừng là sai số $\Delta u < 0.00001$.



Bảng sau có được sau khi chạy đoạn code

Bước lặp	$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix}$	$g(u)$	$\nabla g(u)$	$\lVert \nabla g(u) \rVert$	a	β
1	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	277.07	$\begin{pmatrix} 50 \\ -122,2930 \\ -15,2866 \\ 7,3376 \end{pmatrix}$	133.2032	$\begin{pmatrix} 0.3754 \\ -0.9181 \\ -0.1148 \\ 0.0551 \end{pmatrix}$	0
2	$\begin{pmatrix} -0.7808 \\ 1.9097 \\ 0.2387 \\ -0.1146 \end{pmatrix}$	-0.8609	$\begin{pmatrix} 50 \\ -122.7423 \\ -18.2184 \\ 8.7729 \end{pmatrix}$	134.0692	$\begin{pmatrix} 0.3729 \\ -0.9155 \\ -0.1359 \\ 0.0654 \end{pmatrix}$	2.0801
3	$\begin{pmatrix} -0.7733 \\ 1.8984 \\ 0.2818 \\ -0.1357 \end{pmatrix}$	-0.0781	$\begin{pmatrix} 50.0000 \\ -122.8237 \\ -18.2035 \\ 8.7708 \end{pmatrix}$	134.1416	$\begin{pmatrix} 0.3727 \\ -0.9156 \\ -0.1357 \\ 0.0654 \end{pmatrix}$	2.0736
4	$\begin{pmatrix} -0.7727 \\ 1.8981 \\ 0.2813 \\ -0.1355 \end{pmatrix}$	-1.2751e-005	$\begin{pmatrix} 50.0000 \\ -122.8229 \\ -18.2030 \\ 8.7706 \end{pmatrix}$	134.1407	$\begin{pmatrix} 0.3727 \\ -0.9156 \\ -0.1357 \\ 0.0654 \end{pmatrix}$	2.0731

Các kết quả hội tụ tại chỉ số độ tin cậy ß = 2,0731 tương ứng R = 0,98077 sau 4 vòng lặp.

4. **Phân tích R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d và thiết kế R = 0,999 theo phương pháp xấu nhất.**
   - Hàm trạng thái giới hạn xác định theo công thức:

$$g(X) = \sigma_b - \sigma = \sigma_b - \frac{M}{\mathrm{W}} = \sigma_b - \frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

   - Khoảng cách giữa giá trị trung bình và điểm cuối:

$$\Delta\sigma_b = S_{\sigma_b} = 50$$
$$\Delta F_2 = S_F = 120$$
$$\Delta b = S_b = 10$$
$$\Delta d = S_d = 0,04$$

- Giá trị trung bình hàm trạng thái giới hạn:

$$\bar{g}(X)=\overline{\sigma_b}-\bar{\sigma}=\overline{\sigma_b}-\frac{32.\bar{F}.\bar{b}}{\pi.\bar{d}^3}=1500-\frac{32.1200.800}{\pi.20^3}=277$$

- Gradient của g tại giá trị trung bình:

$$\nabla g=\left(1;\frac{32.\bar{b}}{\pi\bar{d}^3};\frac{32.\bar{F}}{\pi\bar{d}^3};\frac{96.\bar{F}\bar{b}}{\pi\bar{d}^4}\right)=(1;1,0186;1,528;183,346)$$

- Từ đây suy ra:

$$\Delta g=(1.50+1,0186.120+1,528.10+183,346.0,04)=194,84$$

- Miền thay đổi hàm trạng thái giới hạn

$$\left(\bar{g}-\Delta g;\bar{g}+\Delta g\right)=(277-194,84;277+194,84)$$

$$=(82,16;471,84)$$

$$z_1=-\beta=-\frac{\bar{g}-\Delta g}{\sqrt{S_{\lim}^2+S_\sigma^2}}=\frac{82,16}{133,2}=0,617$$

Tại chỉ số độ tin cậy β = 0,617 tương ứng với R = 0,731

4b. Thiết kế R = 0,999 theo phương pháp xấu nhất

Với R = 0,999 thì β = 3,09

$$g(X)=\sigma_b-\sigma=\sigma_b-\frac{M}{\mathrm{W}}=\sigma_b-\frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

$$\bar{g}=\bar{\sigma}_b-\bar{\sigma}=1500-\frac{9,78.10^6}{\bar{d}^3}=\frac{1500.\bar{d}^3-9,78.10^6}{\bar{d}^3}$$

Gradient của g tại giá trị trung bình:

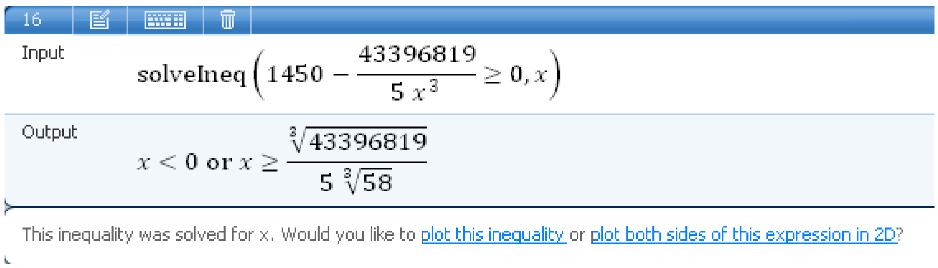
$$\nabla g=\left(1;\frac{8152,86}{\bar{d}^3};\frac{12229,3}{\bar{d}^3};\frac{29,35\times10^6}{\bar{d}^4}\right)$$

$$\Delta g=\left(1.50+\frac{8152,86}{\bar{d}^3}.120+\frac{12229,3}{\bar{d}^3}.10\right)=50+\frac{5503181}{5x^3}$$

Trường hợp xấu nhất $\bar{g}-\Delta g\geq 0$ nên:

$$1500 - \frac{9,78.10^6}{d^3} - (50 + \frac{5503181}{5d^3}) \geq 0$$

Sử dụng phần mềm tính:



Chọn kết quả d ≥ 18.1568 mm

5. **Phân tích độ tin cậy R khi m_d = 20 mm, S_d = 0,002m_d theo phương pháp mô phỏng Monte Carlo.**

Sử dụng phần mềm Matlab để thực hiện mô phỏng Monte Carlo cho hàm trạng thái

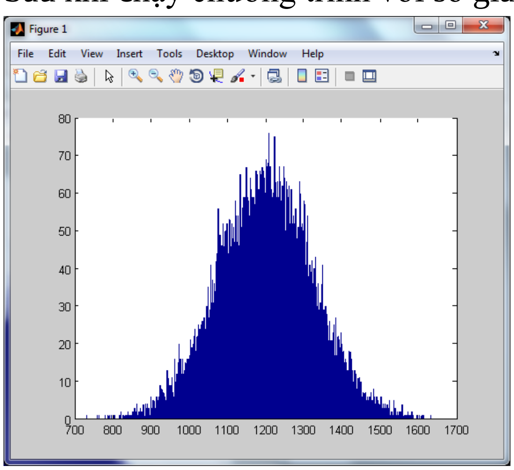
$$g(X) = \sigma_b - \sigma = \sigma_b - \frac{M}{\mathrm{W}} = \sigma_b - \frac{32.F.b}{\pi.d^3}$$

Nhập dòng code sau vào chương trình Mfile của Matlab:

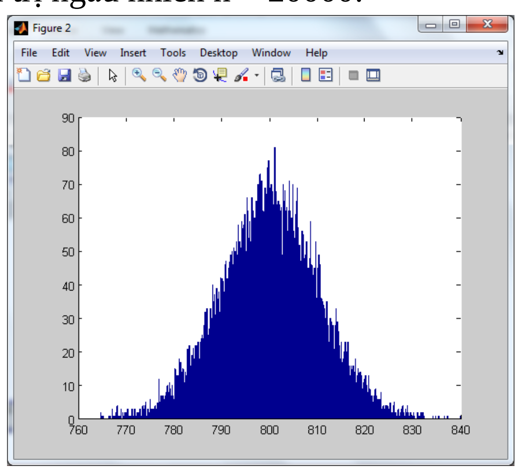
```
clear all;
clc;
fprintf( 1, 'Nhap so gia tri ngau nhien n \n');
n = input(' ');

s = 1500 + (randn(n,1) * 50);
f = 1200 + (randn(n,1) * 120);
b = 800 + (randn(n,1) * 10);
d = 20 + (randn(n,1) * 0.04);

sigma = (32*f.*b)./(pi*d.^3);
g = s - sigma;

figure(1);
hist(f,1000);
figure(2);
hist(b,1000);
figure(3);
hist(d,1000);
figure(4);
hist(sigma,1000);
```

```
h = findobj(gca,'Type','patch');
set(h,'FaceColor','k','EdgeColor','k')

figure(5);
hist(s,1000);
h = findobj(gca,'Type','patch');
set(h,'FaceColor','b','EdgeColor','b')

figure(6);
[n1,xout1] = hist(s,1000);
bar(xout1,n1);
hold on;
[n2,xout2] = hist(sigma,1000);
bar(xout2,n2);

figure(7);
hist(g,1000);

g_mean = mean(g)
g_std = std(g)

m=0;
for i=1:n
   if g(i) < 0
       m=m+1;
   end
end
m = m
fail = m/n
reliability = 1 - fail

fprintf(1, 'gia tri trung binh m(g) = %5.8f\n',g_mean);
fprintf(1, 'sai lech binh phuong trung binh s(g) = %5.8f\n',g_std);
fprintf(1, 'F = %5.8f\n',fail);
fprintf(1, 'R = %5.8f\n',reliability);
```

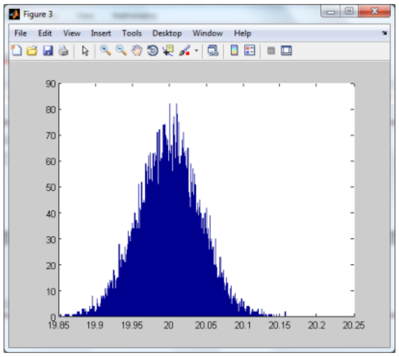
Sau khi chạy chương trình với số giá trị ngẫu nhiên n = 20000:



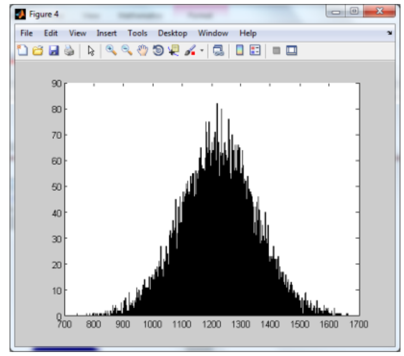
Đồ thị phân bố lực F



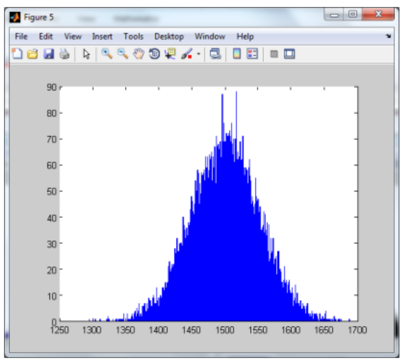
Đồ thị phân bố đoạn b



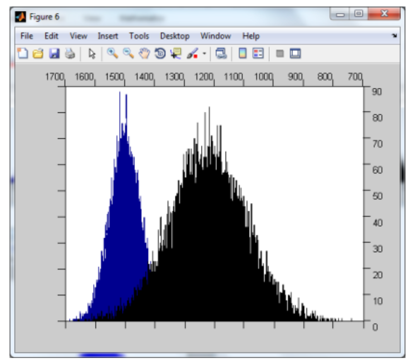
Đồ thị phân bố đường kính d



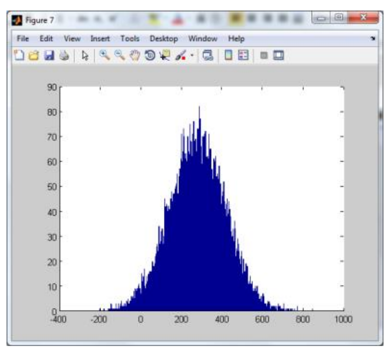
Đồ thị phân bố σ



Đồ thị phân bố σ_b



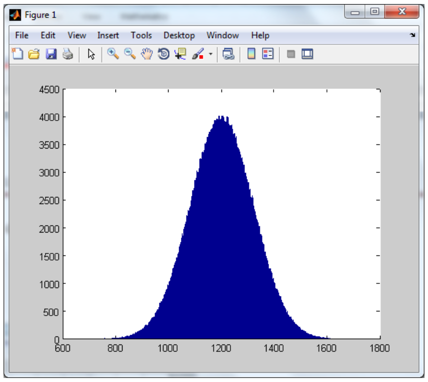
Đồ thị phân bố σ và σ_b



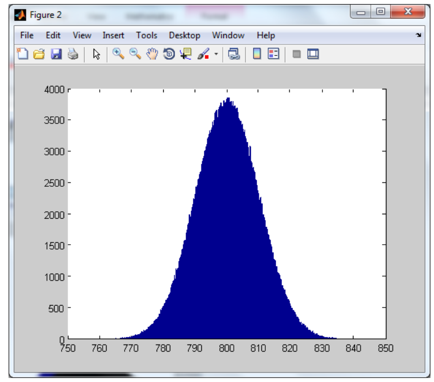
Đồ thị hàm trạng thái g(x)

```
gia tri trung binh m(g) = 277.82698184
sai lech binh phuong trung binh s(g) = 131.91215142
F = 0.01880000
R = 0.98120000
```

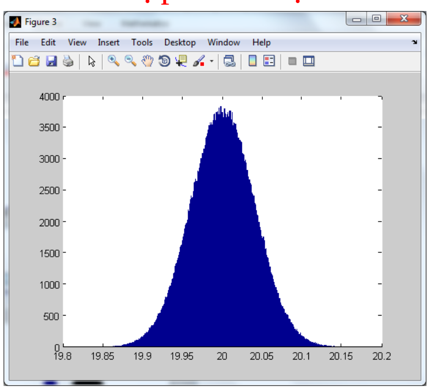
Sau khi chạy chương trình với số giá trị ngẫu nhiên n = 1000000:



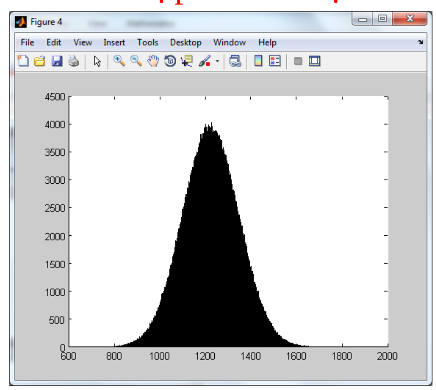
Đồ thị phân bố lực F



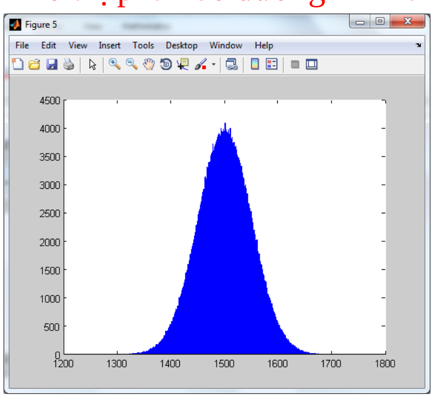
Đồ thị phân bố đoạn b



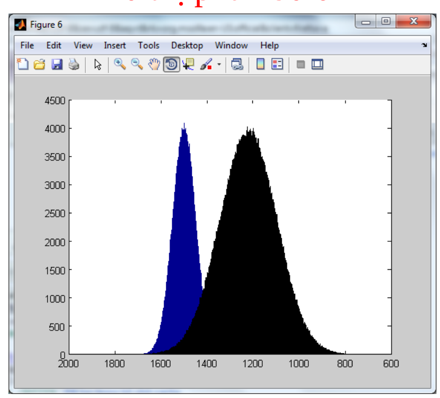
Đồ thị phân bố đường kính d



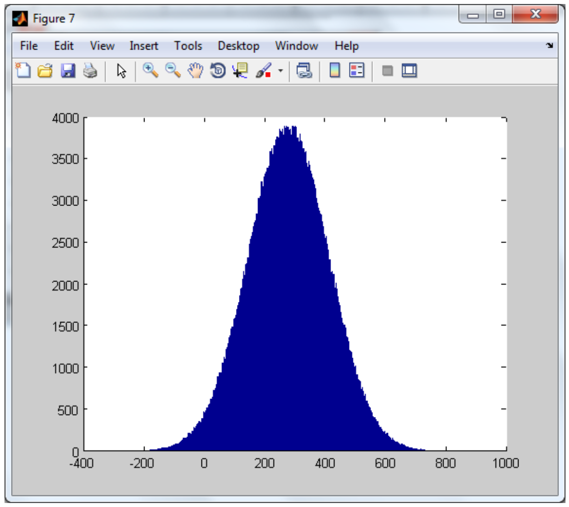
Đồ thị phân bố σ



Đồ thị phân bố σ_b



Đồ thị phân bố σ và σ_b



Đồ thị hàm trạng thái g(x)

```
gia tri trung binh m(g) = 277.58929514
sai lech binh phuong trung binh s(g) = 133.08402739
F = 0.01878900
R = 0.98121100
```