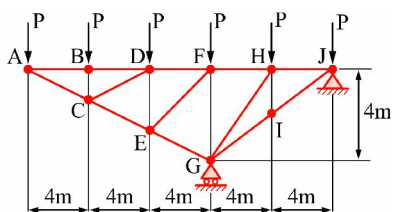


## جامدات

۱. نیروی داخلی عضو FH، در مکانیزم روبه‌رو، کدام است؟



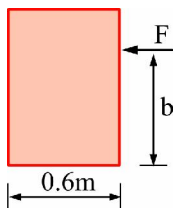
(۱)  $8P$

(۲)  $5P$

(۳)  $6P$

(۴)  $4P$

۲. جعبه‌ای به وزن  $75\text{ kg}$  روی یک سطح افقی با ضریب اصطکاک استاتیکی  $0.20$  قرار دارد. ارتفاع  $b$  چند متر باشد، تا جعبه حرکت کند، ولی واژگون نشود؟



(۱)  $2$

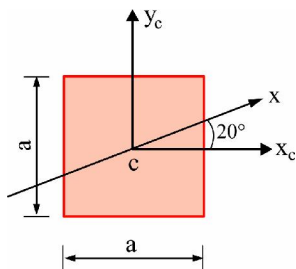
(۲)  $1.2$

(۳)  $1.5$

(۴)  $1$

۳. مربعی به ضلع  $a$  و محورهای  $x_c, y_c$  از مرکز سطح آن گذشته و موازی با اضلاع آن می‌باشند، مفروض است.

ممان اینرسی نسبت به محور  $x$  که زاویه  $20^\circ$  با محور  $x_c$  می‌سازد، کدام است؟



(۱)  $\frac{a^4}{12}$

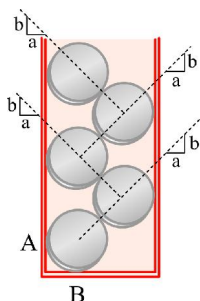
(۲)  $\frac{a^4}{12}(1 - \cos 40^\circ)$

(۳)  $\frac{a^4}{12}(1 + \cos 20^\circ)$

(۴)  $\frac{a^4}{12}(1 + \cos 40^\circ)$

۴. سکه‌های زیر، در ظرف صاف پلاستیکی قرار دارند، اگر وزن هر سکه برابر  $W$  باشد، نسبت عکس‌العمل‌های

تکیه‌گاهی سکه پایینی یعنی  $\frac{N_A}{N_B}$ ، برابر کدام است؟ (از اصطکاک سطوح صرف‌نظر شود).



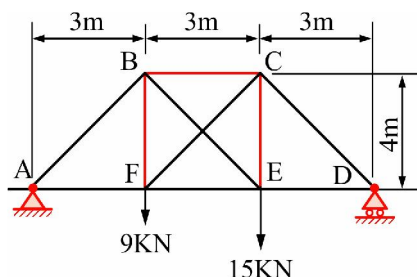
(۱)  $\frac{5b}{4a}$

(۲)  $\frac{4b}{5a}$

(۳)  $\frac{5a}{4b}$

(۴)  $\frac{4a}{5b}$

۵. در خرپای زیر، اعضای  $CF$ ,  $BE$  کابل بوده و بدون تماس با یکدیگر کشش را می‌توانند تحمل کنند. کابل ..... تحت کشش قرار داشته و عضو  $AB$  تحت نیروی ..... کیلو نیوتن قرار دارد.



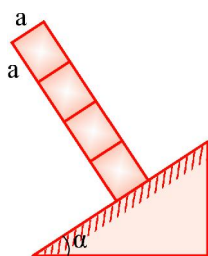
(۱)  $\frac{65}{4}$  فشاری،  $CF$

(۲)  $\frac{55}{4}$  فشاری،  $BE$

(۳)  $\frac{55}{4}$  کششی،  $CF$

(۴)  $\frac{33}{4}$  کششی،  $BE$

۶. حداکثر تعداد ( $n$ ) بلوک‌های یکسان مکعبی را که می‌توان بر روی سطح شیب‌دار روی هم چید، بدون آنکه تعادل آن‌ها بر هم بخورد، چقدر است؟ (کلیه سطوح زبر و با ضریب اصطکاک  $\mu$  فرض شوند).



(۱)  $n \leq \frac{1}{\mu}$  مشروط بر آن که  $\mu \geq \tan \alpha$

(۲)  $n \leq \frac{1}{\mu}$  مشروط بر آن که  $\mu \leq \tan \alpha$

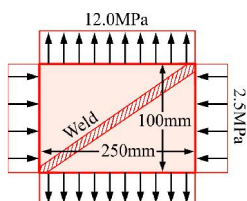
(۳)  $n \geq \frac{1}{\mu}$  مشروط بر آن که  $\mu \geq \tan \alpha$

(۴)  $n \geq \frac{1}{\mu}$  مشروط بر آن که  $\mu \leq \tan \alpha$

۷. ورق نشان داده شده در شکل در راستای قطر جوشکاری شده و در معرض تنش فشاری  $2.5 \text{ MPa}$  در جهت

طولی و تنش کششی  $12 \text{ MPa}$  در جهت عرضی قرار گرفته است. تنش قائم در جهت عمود بر خط جوش و تنش

برشی در امتداد خط جوش برحسب مگا پاسگال به ترتیب از راست به چپ کدامند؟ (ابعاد ورق  $100 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$  می‌باشند).



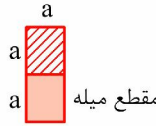
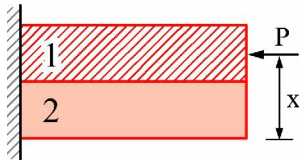
(۱)  $-0.5, 5$

(۲)  $5, -0.5$

(۳)  $-0.5, 10$

(۴)  $5, 10$

۸. دو میله با مقطع مربع به ضلع  $a$  مطابق شکل کاملاً به یکدیگر متصل شده‌اند، تامله‌ای با مقطع مستطیل به ابعاد  $a \times 2a$  را تشکیل دهند. نیروی محوری متمرکز  $P$  در نقطه‌ای از محور تقارن قائم سطح مقطع که در فاصله  $x$  از وسط ضلع پایینی سطح مقطع قرار دارد وارد می‌گردد. در صورتی که میله مرکب خم نشود،  $x$  کدام است؟ ( $E_2 = 2E_1$ )



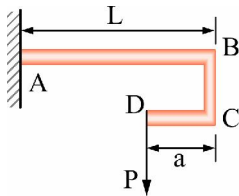
$$\frac{7}{6}a \quad (1)$$

$$\frac{4}{3}a \quad (3)$$

$$\frac{2}{3}a \quad (4)$$

$$\frac{5}{6}a \quad (2)$$

۹. در شکل زیر، برای خیز قائم نقطه B صفر باشد، نسبت  $\frac{a}{L}$  چقدر انتخاب شود؟



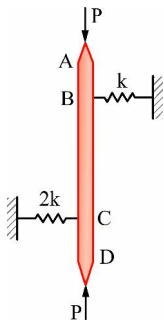
$$\frac{2}{3} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \quad (3)$$

$$\frac{1}{4} \quad (4)$$

$$\frac{1}{3} \quad (2)$$

۱۰. بار بحرانی قطعه زیر ( $P_{cr}$ )، چقدر است؟ ( $BC = 2a, AB = CD = a$ ) و میله صلب است.



$$2ak \quad (1)$$

$$\frac{4ak}{3} \quad (2)$$

$$ak \quad (3)$$

$$\frac{2ak}{3} \quad (4)$$

۱۱. دیسک نازکی به شعاع داخلی  $a$  و شعاع خارجی  $b$ ، با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  دوران می‌کند. گزینه صحیح، در مورد آن کدام است؟

(۱) تنش شعاعی، از جدار داخلی تا جدار خارجی، صفر می‌باشد.  
تنش محیطی، در جدار داخلی ماکزیمم و در جدار خارجی مینیمم می‌باشد.

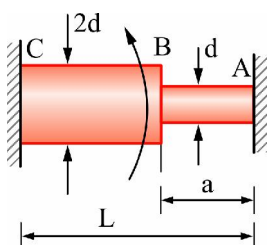
(۲) تنش شعاعی، از جدار داخلی تا جدار خارجی، به صورت خطی تغییر می‌کند.  
تنش محیطی، در جدار داخلی تا جدار خارجی، صفر می‌باشد.

(۳) در جدار داخلی، تنش شعاعی صفر و تنش محیطی، مینیمم می‌باشد.  
در جدار خارجی، تنش شعاعی صفر و تنش محیطی، ماکزیمم می‌باشد.

(۴) در جدار داخلی، تنش شعاعی صفر و تنش محیطی، ماکزیمم می‌باشد.  
در جدار خارجی، تنش شعاعی صفر و تنش محیطی، مینیمم می‌باشد.

۱۲. محور ABC با قطر d در فاصله AB و 2d در فاصله BC در دو انتها به تکیه‌گاه صلبی جوش شده، و در نقطه

B تحت گشتاور پیچشی T قرار گرفته است. برای این که دو تکیه‌گاه گشتاور مساوی تحمل کنند، نسبت  $\frac{a}{L}$  چقدر باید باشد؟



(۱)  $\frac{1}{17}$

(۲)  $\frac{1}{4}$

(۳)  $\frac{1}{8}$

(۴)  $\frac{1}{16}$

۱۳. یک مخزن استوانه‌ای جدار نازک تحت فشار، به شعاع r در معرض هم‌زمان فشار داخلی P گاز و نیروی فشاری F در دو سر آن قرار دارد. اندازه نیروی F چه مقدار باشد، تا برش خالص در دیواره استوانه اتفاق بیفتد؟



(۱)  $2\pi Pr^2$

(۲)  $1.5\pi Pr^2$

(۳)  $3\pi Pr^2$

(۴)  $\pi Pr^2$

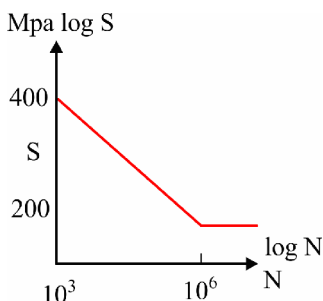
۱۴. در یک فنر مارپیچ، قطر میانگین فنر دو برابر و تعداد دورهای فعال آن نصف می‌گردد. در این صورت، آهنگ فنر (ضریب فنریت stiffness) چه تغییری می‌کند؟

- (۱) چهار برابر کم می‌شود.  
(۲) چهار برابر زیاد می‌شود.  
(۳) هشت برابر کم می‌شود.  
(۴) هشت برابر زیاد می‌شود.

۱۵. کدام گزینه، مبین معیار واماندگی براساس انرژی کرنشی واپیچشی می‌باشد؟

- (۱) هرگاه در شروع تسلیم، چگالی انرژی کرنشی کلی با چگالی انرژی کرنشی کلی در آزمایش کشش برابر شود.  
(۲) هرگاه انرژی ذخیره شده در جسم بیش‌تر از کار نیروهای خارجی باشد.  
(۳) هرگاه در شروع تسلیم، چگالی انرژی کرنشی انحرافی با چگالی انرژی کرنشی انحرافی در آزمایش کشش برابر شود.  
(۴) هرگاه انرژی ذخیره شده در جسم کم‌تر از کار نیروهای خارجی باشد.

۱۶. یک شافت فولادی با منحنی  $S-N$ ،  $S_u = 1000 \text{ MPa}$ ،  $S_y = 800 \text{ MPa}$  تحت تنش متناوب کششی ناشی از خمش به میزان 75MPa و تنش برشی ثابت ناشی از پیچش به میزان 300MPa قرار گرفته است. براساس محافظه کارانه‌ترین معیارها، آینده قطعه چگونه پیش‌بینی می‌شود؟

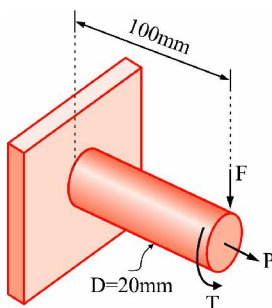


- (۱) قبل از 1000 سیکل خواهد شکست.  
(۲) حدود 50000 سیکل کار می‌کند.  
(۳) در اولین سیکل تسلیم می‌شود.  
(۴) قبل از 5000 سیکل تسلیم خواهد شد.

۱۷. در یک یاتاقان روغنی با تغذیه قطره‌ای، نیروی وارد و سرعت دورانی به طور هم زمان دو برابر می‌شوند. در این صورت، حداقل فاصله شافت با دیواره .....  
 (۱) افزایش می‌یابد.  
 (۲) کاهش می‌یابد.  
 (۳) تغییر نمی‌کند.  
 (۴) قابل پیش‌بینی نیست.

۱۸. براساس تئوری تسلیم واپیچشی، حداقل ضریب ایمنی برای قطعه زیر، چقدر است؟

$$D = 20 \text{ mm}, F = 0.55 \text{ kN}, P = 8.0 \text{ kN}, T = 30 \text{ Nm}, S_y = 280 \text{ MPa}$$



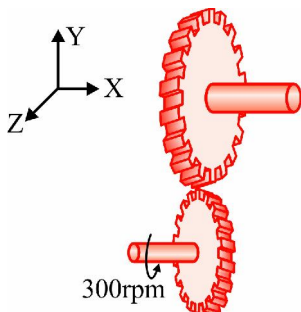
(۱) 6.22

(۲) 2.77

(۳) 5.31

(۴) 1.84

۱۹. قدرت  $50\pi (W)$  مطابق شکل از طریق درگیری دو چرخ دنده ماریچ با زاویه فشار نرمال  $\phi_n = 30^\circ$  و زاویه ماریچ  $\psi = 45^\circ$  منتقل می‌شود. چرخ دنده راننده دارای قطر گامی 100 mm است و با سرعت زاویه‌ای  $300 \hat{i} \text{ (rpm)}$  دوران می‌کند. نیروی محوری وارد بر چرخ دنده راننده چند نیوتن است؟



(۱)  $+100 \hat{i}$

(۲)  $-100 \hat{i}$

(۳)  $+\frac{100}{\sqrt{3}} \hat{i}$

(۴)  $-\frac{100}{\sqrt{3}} \hat{i}$

۲۰. در یاتاقان ژورنال، با افزایش ویسکوزیته روغن و ثابت نگه‌داشتن تمامی پارامترهای طراحی دیگر (بار، سرعت، لقی شعاعی، قطر شافت و طول یاتاقان)، فشار ماکزیمم چه تغییری می‌کند؟

(۱) کاهش می‌یابد.

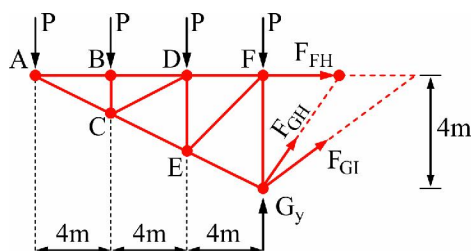
(۲) بستگی به نوع روغن دارد.

(۴) افزایش می‌یابد.

(۳) بستگی به نسبت  $\frac{L}{D}$  دارد.

## پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۳ درست است.

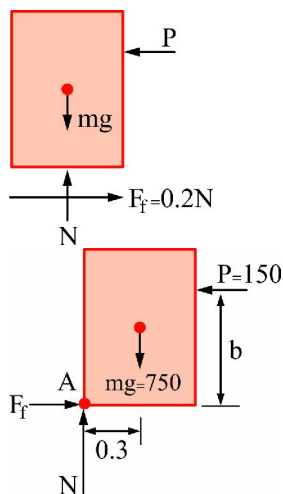


$$\sum M_G = 0$$

$$-F_{FH} \times 4 + P \times 4 + P \times 8 + P \times 12 = 0$$

$$F_{FH} = 6P$$

۲. گزینه ۳ درست است.



$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = mg = 75 \times 10 = 750$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow P = 0.2N = 0.2 \times 750 = 150 \text{ N}$$

برای لحظه واژگونی:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 750(0.3) - 150 \times b = 0 \rightarrow b = 1.5 \text{ m}$$

۳. گزینه ۱ درست است.

ممان اینرسی مربع پس از  $\alpha$  درجه دوران حول مرکز آن تغییر نخواهد کرد.

$$I_{x_c} = I_{y_c} = I_x = \frac{a^4}{12}$$

۴. گزینه ۴ درست است.

برای کل مجموعه:

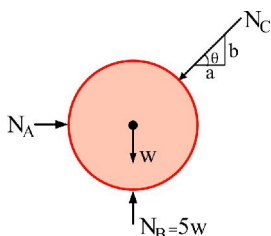
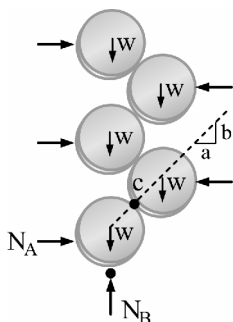
$$\sum F_y = 0 \rightarrow N_B = 5W$$

برای سکه پایینی:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N_C \sin \theta + w = 5w$$

$$N_C = \frac{4w}{\sin \theta} \quad (I)$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow N_C \cos \theta = N_A \rightarrow N_C = \frac{N_A}{\cos \theta} \quad (II)$$



$$I, II \rightarrow \frac{4W}{\sin \theta} = \frac{N_A}{\cos \theta} \rightarrow N_A = 4W \cot \theta = 4w \frac{a}{b}$$

$$\rightarrow \frac{N_A}{N_B} = \frac{4a}{5b}$$

۵. گزینه ۲ درست است.

$$\sum M_D = 0$$

$$15 \times 3 + 9 \times 6 = A_y \times 9 \rightarrow A_y = 11 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 9 + 15 - 11 = D_y$$

$$\rightarrow D_y = 13 \text{ kN}$$

برای ارضا شدن تعادل:

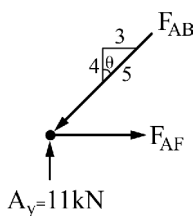
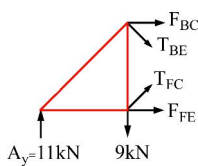
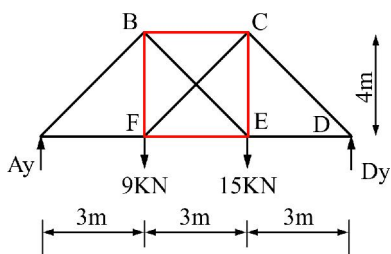
$$T_{FC} = 0 \quad F_{BE} > 0$$

در گره A داریم:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{AB} \cos \theta = 11$$

$$F_{AB} = \frac{11}{\frac{4}{5}} = \frac{55}{4}$$

که به صورت فشاری فرض شده است.



۶. گزینه ۱ درست است.

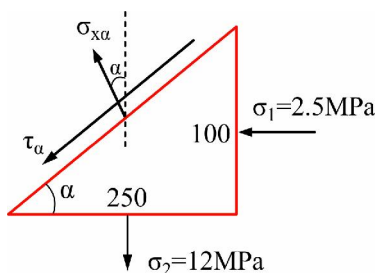
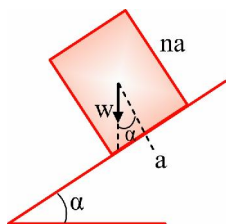
برای عدم واژگون شدن:

$$\tan \alpha \leq \frac{\frac{a}{2}}{\frac{na}{2}} = \frac{1}{n} \xrightarrow{\tan \alpha = \mu} \mu \leq \frac{1}{n} \rightarrow n \leq \frac{1}{\mu}$$

برای عدم لغزش:

$$\tan \alpha \leq \mu$$

۷. گزینه ۴ درست است.



$$\sigma_{x\alpha} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

$$\sigma_{x\alpha} = \frac{-2.5 + 12}{2} + \frac{-2.5 - 12}{2} \cos(\pi + 2\alpha)$$

$$\sigma_{x\alpha} = 4.75 + \frac{-14.5}{2} \times (- (1 - 25 \sin^2 \alpha))$$

$$\alpha_{x\alpha} = 4.75 + 7.25 \left( 1 - 2 \left( \frac{100}{\sqrt{250^2 + 100^2}} \right)^2 \right) = 10$$

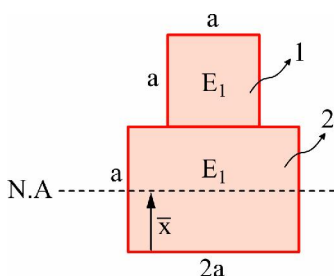
$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} \sin 2\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

$$\tau_{\alpha} = \frac{12 + 2.5}{2} \times (-25 \sin \alpha \cos \alpha)$$

$$\tau_{\alpha} = -14.5 \times \frac{100}{\sqrt{250^2 + 100^2}} \times \frac{250}{\sqrt{250^2 + 100^2}} = -5$$

که علامت  $\tau_x$  به صورت مثبت یا منفی قابل قبول است.

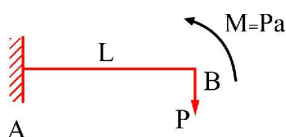
۸. گزینه ۲ درست است.



$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 A_1 + \bar{x}_2 A_2}{A_1 + A_2} = \frac{\left(a + \frac{a}{2}\right) a^2 + \frac{a}{2} 2a \times a}{a^2 + 2a \times a}$$

$$\bar{x} = \frac{5}{6} a$$

۹. گزینه ۱ درست است.



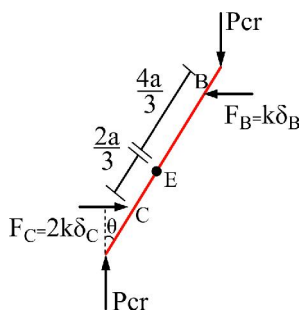
$$y_B = \frac{PL^3}{3EI} - \frac{ML^2}{2EI} = 0$$

$$y_B = \frac{PL^3}{3EI} - \frac{PaL^2}{2EI} = 0$$

$$\frac{a}{L} = \frac{2}{3}$$



۱۰. گزینه ۴ درست است.



$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_B = F_C$$

$$\rightarrow k\delta_B = 2k\delta_C \rightarrow \delta_B = 2\delta_C$$

$$\sum M = 0 \rightarrow P_{cr} \times 4a\theta = F_B \times 2a$$

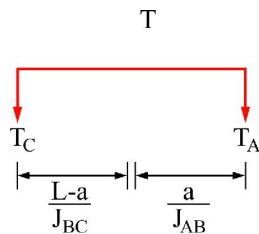
$$F_B = k\delta_B = k\left(\frac{4a}{3}\theta\right)$$

$$\rightarrow P_{cr} \times 4a\theta = k\left(\frac{4a}{3}\theta\right) \times 2a \rightarrow P_{cr} = \frac{2\alpha k}{3}$$

۱۱. گزینه ۴ درست است.

در جداره داخلی دیسک دوار تنش شعاعی صفر، تنش محیطی ماکزیمم و در جداره خارجی دیسک دوار تنش شعاعی صفر و تنش محیطی مینیمم است.

۱۲. گزینه ۱ درست است.



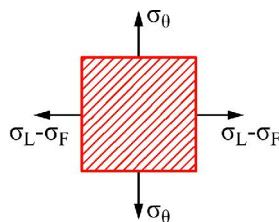
$$\rightarrow a = \frac{L-a}{2^4} \rightarrow \frac{a}{L} = \frac{1}{17}$$

$$\frac{T_A a}{J_{AB}} = \frac{T_C (L-a)}{J_{BC}}$$

$$\frac{T_A = T_C}{J_{AB}} \rightarrow \frac{a}{J_{AB}} = \frac{L-a}{J_{BC}}$$

$$\rightarrow \frac{a}{\frac{\pi d^4}{32}} = \frac{L-a}{\frac{\pi (2d)^4}{32}}$$

۱۳. گزینه ۳ درست است.



$$\sigma_L - \sigma_F = -\sigma_\theta$$

$$\frac{Pr}{2t} - \frac{F}{2\pi r t} = -\frac{Pr}{t} \rightarrow F = 3Pr^2 \pi$$

۱۴. گزینه ۱ درست است.

$$k_1 = \frac{Gd^4}{8D^3 N_a}$$

$$k_2 = \frac{Gd^4}{8(2D)^3 \frac{N_a}{2}} = \frac{k_1}{4}$$

۱۵. گزینه ۳ درست است.

۱۶. فاقد گزینه صحیح می باشد.

$$\sigma_a = 75 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 300 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_m = \sqrt{3} \tau_m = 300\sqrt{3}$$

برای طراحی استاتیکی:

$$n_f = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m} = \frac{800}{75 + 300\sqrt{3}} > 1$$

برای طراحی خستگی طبق محافظه کارانه ترین تئوری:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n_f} \rightarrow \frac{75}{200} + \frac{300\sqrt{3}}{800} = \frac{1}{n_f} \rightarrow n_f < 1 \rightarrow N = \text{محدود}$$

$$\sigma'_a = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_y}} = \frac{75}{1 - \frac{300\sqrt{3}}{800}} \approx 214$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= AN_1^B \rightarrow \frac{\sigma_{a1}}{\sigma_{a2}} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^B \rightarrow B = \frac{\log \frac{\sigma_{a1}}{\sigma_{a2}}}{\log \frac{N_1}{N_2}} \\ \sigma_{a2} &= AN_2^B \end{aligned}$$

$$\rightarrow A = \frac{\sigma_{a1}}{N_1^B}$$

$$B = \frac{\log 2}{\log 10^{-3}} = -0.1 \rightarrow A = \frac{400}{1000^{-0.1}} = 800$$

$$214 = 800N^{-0.1}$$

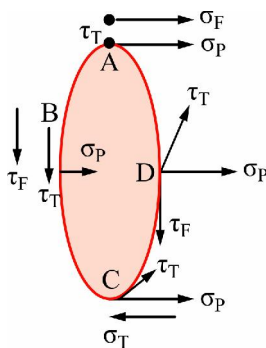
$$N = 533042 \text{ سیکل}$$

۱۷. گزینه ۳ درست است.

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \left( \frac{R}{C} \right)^2 \frac{\mu n}{P_1}, P_1 = \frac{W}{LD} \\ S_2 &= \left( \frac{R}{C} \right)^2 \frac{\mu_2 n}{2P_1}, P_2 = \frac{2W}{LD} = 2P_1 \end{aligned} \right\} \rightarrow S_1 = S_2$$

۱۸. گزینه ۲ درست است.

در مقطع گیردار تیر، نقطه A بحرانی ترین است:



$$\sigma_A = \sigma_F + \sigma_P = \frac{MC}{I} + \frac{P}{A}$$

$$\sigma_A = \frac{100 \times 550 \times 10}{\pi 20^4} + \frac{8 \times 10^3}{\pi 20^2} = 95.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_A = \tau_T = \frac{Tr}{J} = \frac{30 \times 10^3 \times 10}{\frac{\pi 20^4}{32}} = 19 \text{ MPa}$$

$$n_{von} = \frac{S_y}{\sigma_e} = \frac{280}{\sqrt{95.5^2 + 3(19)^2}} = \frac{280}{101} = 2.77$$

۱۹. گزینه ۲ درست است.

$$T_{(N.m)} = \frac{9550P(kw)}{N(rpm)} = \frac{9550 \times 50 \times \pi \times 10^{-3}}{300} = 5 \text{ N.m}$$

$$F_t \frac{d}{2} = T \rightarrow F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \times 5 \times 10^3}{100} = 100 \text{ N} \rightarrow F_a = F_t \tan \Psi = 100 \tan 45 = 100$$

جهت نیروی مذکور در چرخنده راننده به سمت  $-x$  است.

۲۰. گزینه ۱ درست است.

با افزایش  $\mu$  عدد سامرفیلد افزایش می‌یابد و در  $\frac{L}{D}$  ثابت،  $\frac{P}{P_{max}}$  افزایش و لذا  $P_{max}$  کاهش می‌یابد.