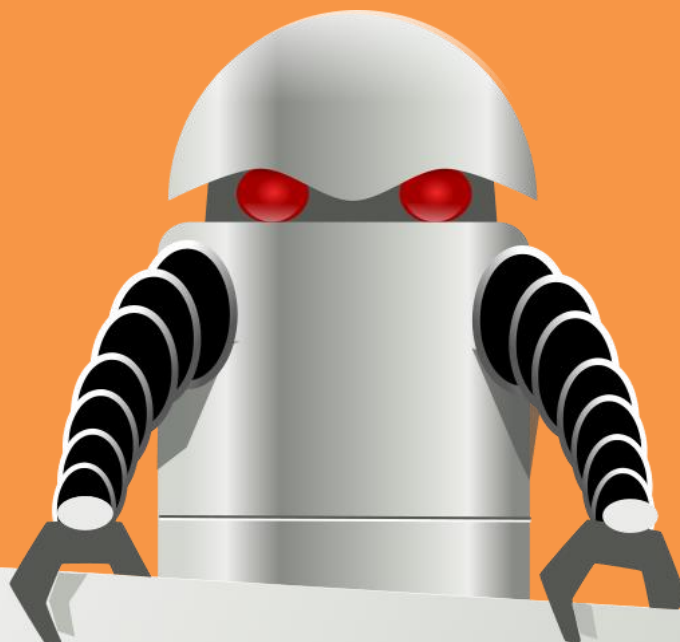


STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ A STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
PROFESORA ŠVEJCARA, PLZEŇ, KLATOVSKÁ 109



**Josef Gruber**

# **MECHANIKA II**

**PRUŽNOST A PEVNOST –  
PRACOVNÍ SEŠIT**

Vytvořeno v rámci Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost  
CZ.1.07/1.1.30/01.0038 Automatizace výrobních procesů ve strojírenství  
a řemeslech



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



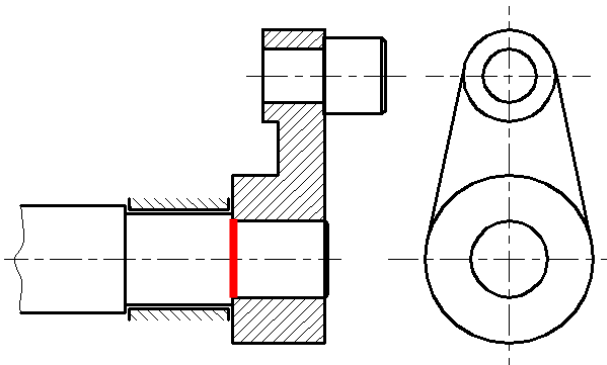
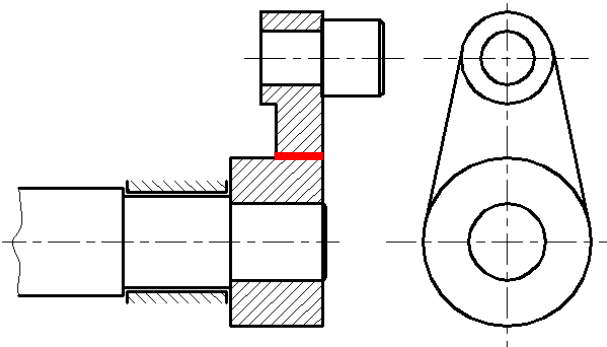
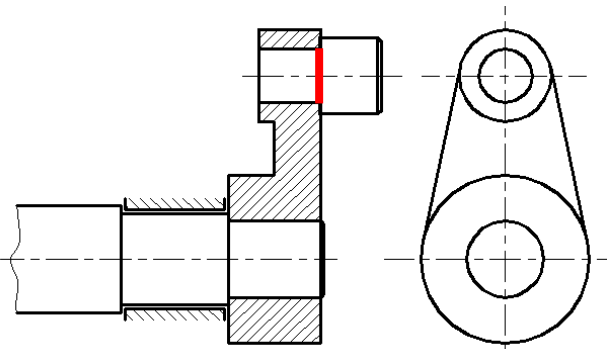
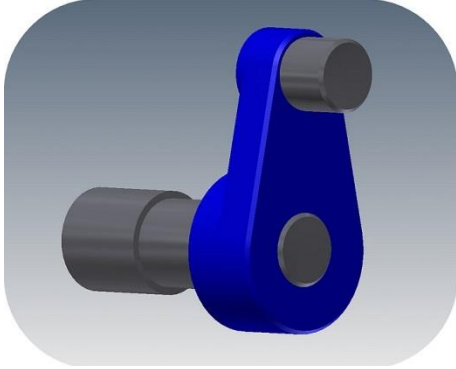
Dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte autora-Nevyužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 3.0 Česko.

# 1. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

## OSA PRŮŘEZU 1

**Dáno:** Součást – klika podle obrázku.

**Úkol:** Určete osy označených průřezů a zakreslete je (barevně zvýrazněte).

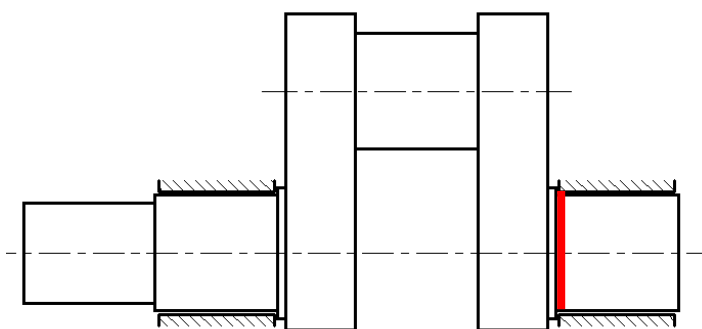
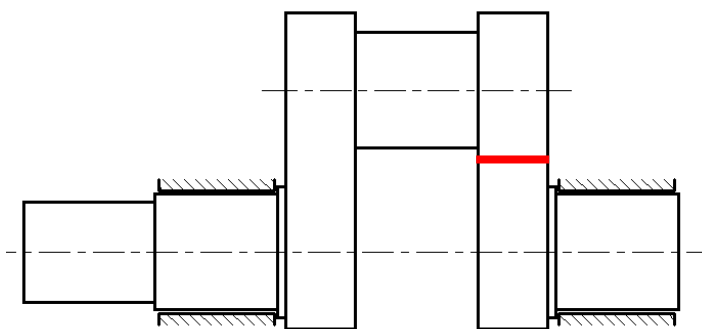
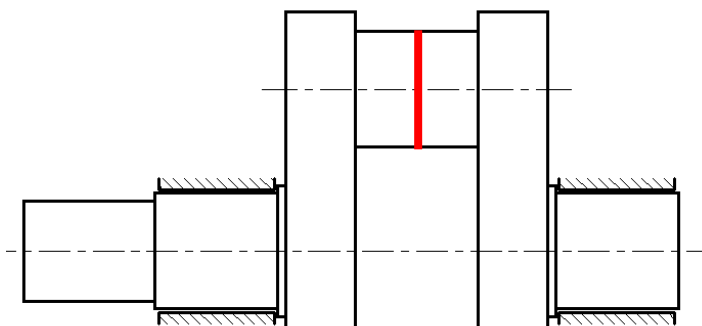
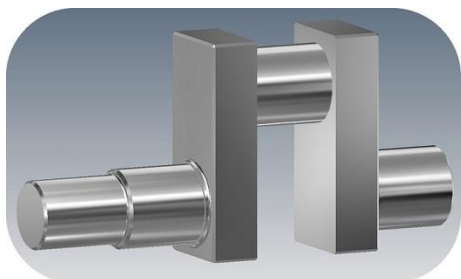


## 2. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### OSA PRŮŘEZU 2

**Dáno:** Součást – klikový hřídel podle obrázku.

**Úkol:** Určete osy označených průřezů a zakreslete je (barevně zvýrazněte).

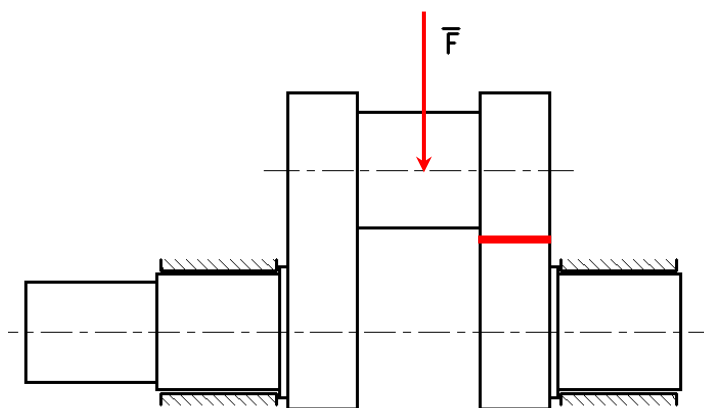
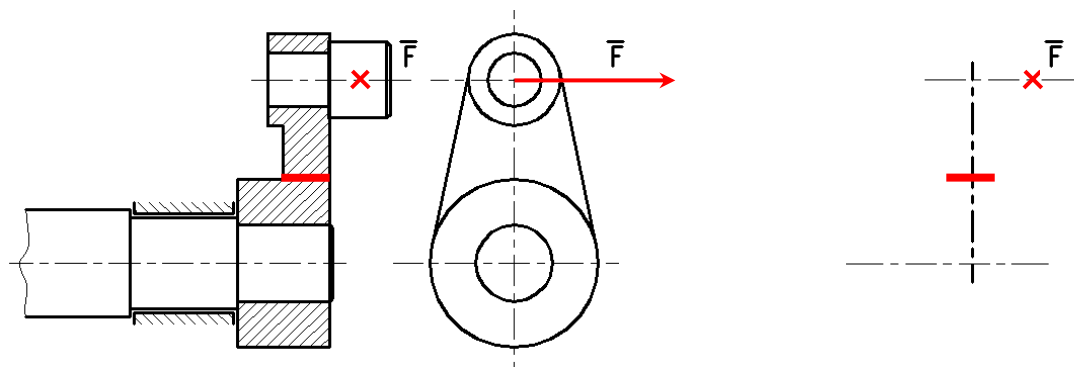


### 3. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### DRUHY NAMÁHÁNÍ

**Dáno:** Součásti s vyznačenými působícími silami.

**Úkol:** Nakreslete schéma s osou zvýrazněného průřezu podle prvního vzoru a rozhodněte o druzích namáhání daných průřezů.

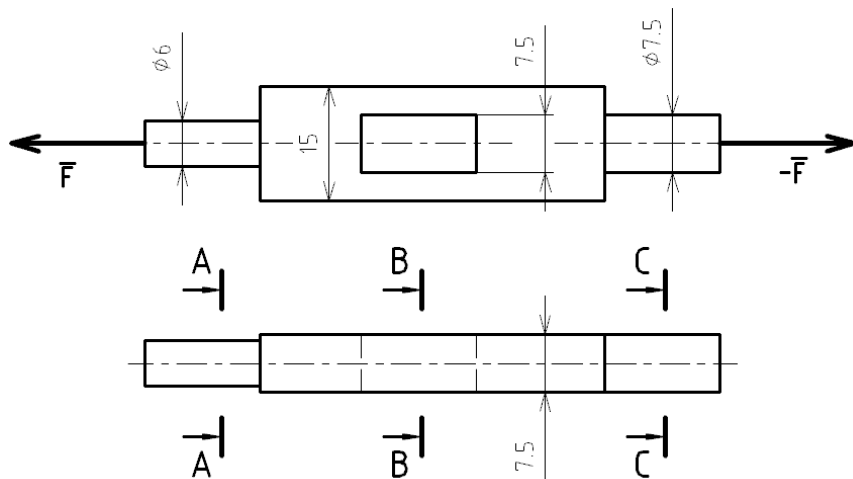


## 4. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ TAHEM 1

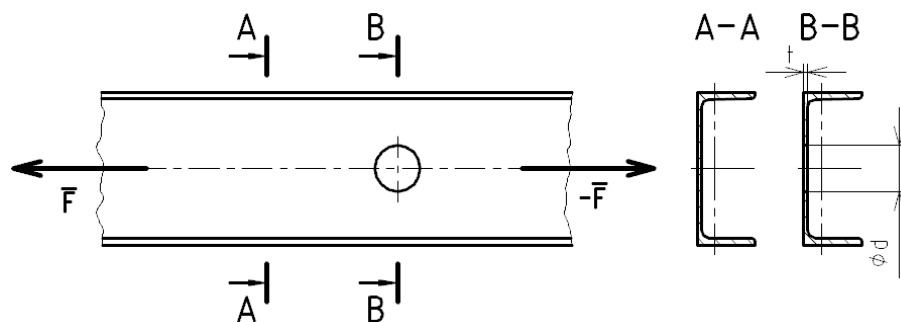
**Dáno:** Součást je zatížena osovou tahovou silou o velikosti  $F = 10$  kN.

**Úkol:** Vypočítejte napětí v průřezech A až C.



**Dáno:** Tyč profilu UE 200 ČSN 42 5571 – 11 523.0 je zatížena v ose průřezu silou o velikosti  $F = 225$  kN. Průměr otvoru je  $d = 50$  mm. Minimální bezpečnost je  $k = 2$ . Průměr  $d = 50$  mm,  $t = 5,2$  mm.

**Úkol:** Určete napětí v obou označených průřezech a proveďte pevnostní kontrolu.

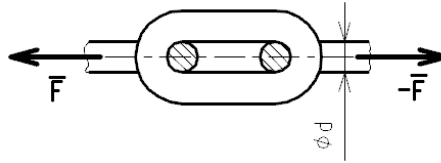


## 5. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ TAHEM 2

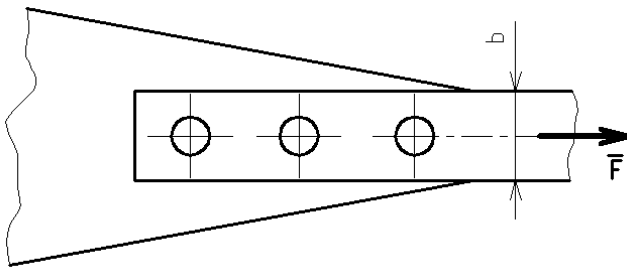
**Dáno:** Řetěz má přenášet sílu o velikosti  $F = 100$  kN. Dovolené napětí materiálu je 150 MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměr  $d$  článku řetězu. Předpokládejte míjivé zatížení,  $c_H = 0,85$ .



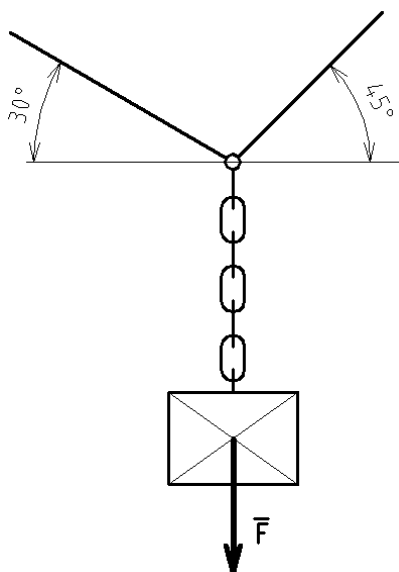
**Dáno:** Táhlo přenáší sílu o velikosti  $F = 900$  kN. Dovolené napětí materiálu táhla je 80 MPa. Poměr stran průřezu táhla je  $b:t = 4:1$ . Průměr otvorů je roven tloušťce táhla.

**Úkol:** Navrhněte průřezové rozměry táhla  $b$ ,  $t$ .



**Dáno:** Na dvou ocelových lanech je pomocí řetězu zavěšeno břemeno působící silou o velikosti  $F = 200$  kN. Dovolené napětí materiálu řetězu je 90 MPa, dovolené napětí lana je 400 MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměr článku řetězu a průřez lana.

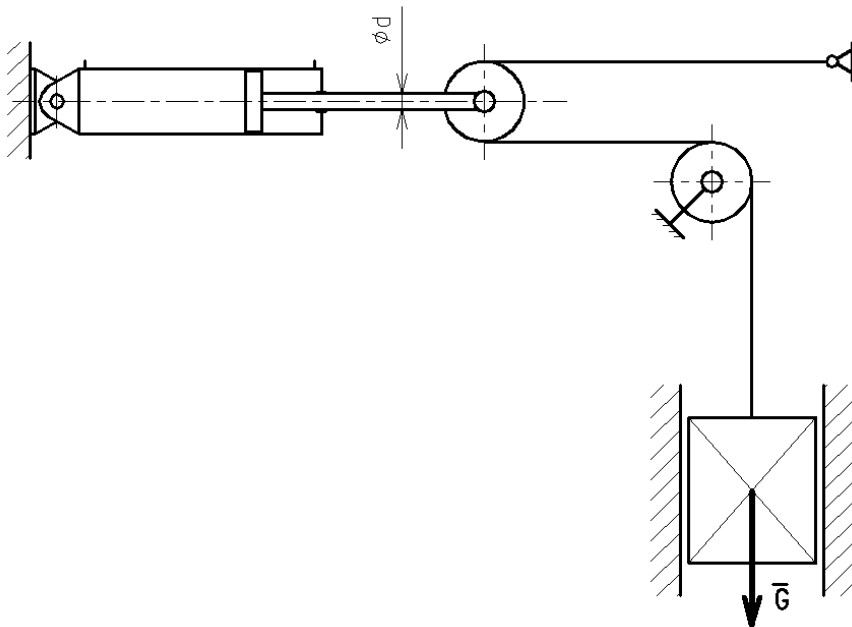


## 6. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ TAHEM 3

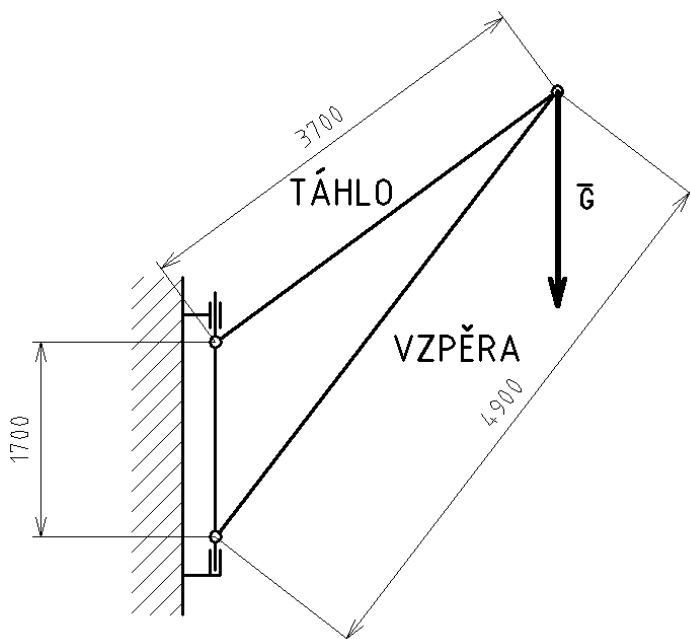
**Dáno:** Hydraulické zdvihadlo zvedá břemeno o tíze  $G = 50 \text{ kN}$ . Průměr pístnice  $d = 32 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Navrhněte potřebný průřez lana, je-li dovolené napětí  $400 \text{ MPa}$ , a vypočítejte napětí v pístnici.



**Dáno:** Konzolový jeřáb nese břemeno  $G = 2\,800 \text{ N}$ . Táhlo je složeno ze dvou tyčí kruhového průřezu z oceli 11 370. Požadovaná bezpečnost je  $k = 2$ .

**Úkol:** Početně nebo graficky určete síly v táhle a ve vzpěře, navrhněte průměr  $d$  tyčí tvořících táhlo a vypočítejte jejich prosté prodloužení. Předpokládejte míjivé zatížení.

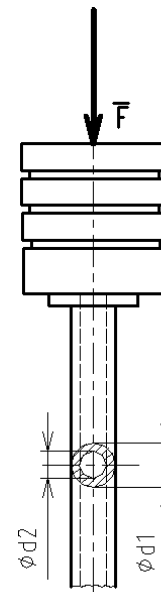


## 7. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ TLAKEM

**Dáno:** Na píst působí síla o velikosti  $F = 120$  kN. Průměry pístní tyče jsou  $d_1 = 300$  mm a  $d_2 = 150$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte tlakové napětí v průřezu pístní tyče.

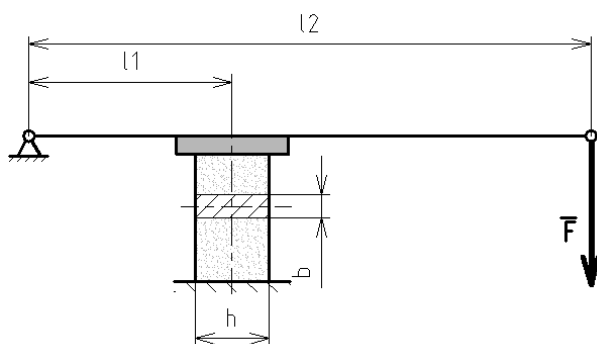


**Dáno:** Dutá podpěra mezikruhového průřezu ze šedé litiny bude zatížena tlakovou silou o velikosti  $F = 240$  kN. Potřebná výška podpěry je  $h = 150$  mm. Mez pevnosti materiálu je  $R_{md} = 450$  MPa, doporučená míra bezpečnosti je  $k = 3$ .

**Úkol:** Navrhněte průměry duté podpěry  $D$  a  $d$  za podmínky  $d/D = 0,6$  a vypočtěte prosté zkrácení podpěry.

**Dáno:** Tlaková pevnost cihel se zkouší pákovým mechanismem. Délky ramen jsou  $l_1 = 120$  mm,  $l_2 = 480$  mm. Cihla o rozměrech průřezu  $b = 50$  mm,  $h = 200$  mm se rozdrtí při síle o velikosti  $F = 60$  kN na konci páky.

**Úkol:** Vypočítejte mez pevnosti cihly  $R_{md}$  a dovolené napětí v tlaku při bezpečnosti  $k = 12$ .



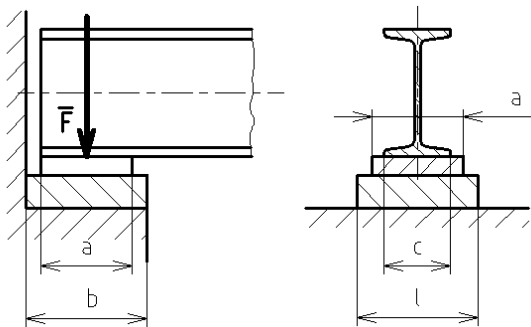


## 8. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### MĚRNÝ TLAK VE STYKOVÝCH PLOCHÁCH 1

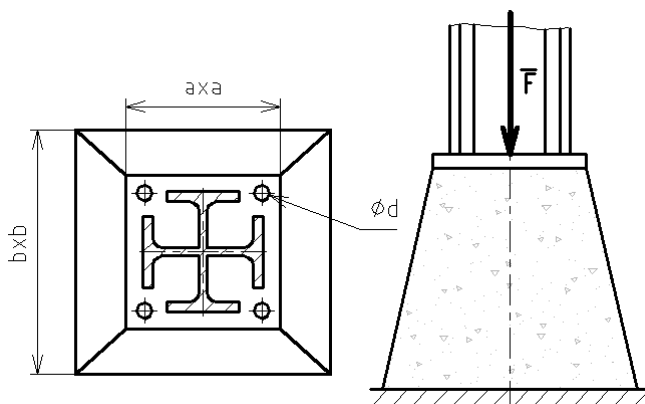
**Dáno:** Nosník profilu I je zatížen tak, že na podporu připadá síla  $F = 150$  kN. Tato síla je zachycena podložkou z litiny, spočívající na pískovcovém kvádru, a tímto kvádrem je přenášena dále na zdivo.

**Úkol:** Vypočítejte stranu čtverce  $a$  podložky pro dovolený tlak  $p_{D1} = 2,5$  MPa a potřebnou délku kvádru  $l$  pro šířku  $b = 380$  mm a dovolený tlak  $p_{D2} = 0,8$  MPa.



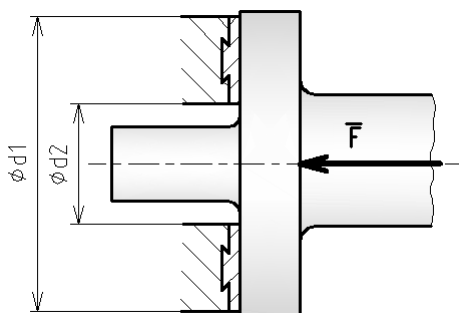
**Dáno:** Sloup, složený ze dvou profilů IPE, je uložen na betonový základ. Přenáší sílu o velikosti  $F = 400$  kN, dovolený tlak mezi ocelovou deskou a betonem je  $p_{D1} = 4$  MPa, dovolený tlak mezi betonem a zemínou je  $p_{D2} = 0,2$  MPa. Průměr otvorů je  $d = 30$  mm.

**Úkol:** Navrhněte stranu  $a$  čtvercové ocelové desky a stranu  $b$  betonového základu.



**Dáno:** Kluzné ložisko pro prstencový axiální čep má průměry  $d_1 = 600$  mm a  $d_2 = 300$  mm. Dovolенý tlak je  $p_D = 6$  MPa.

**Úkol:** Vypočítejte největší sílu, kterou je možno ložisko zatížit.

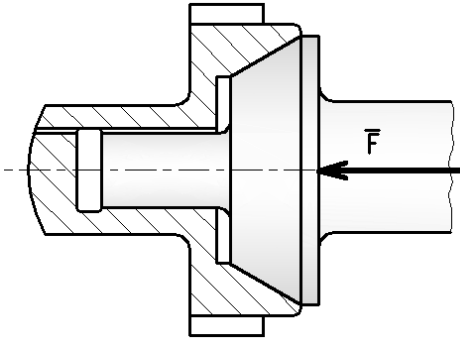


## 9. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### MĚRNÝ TLAK VE STYKOVÝCH PLOCHÁCH 2

**Dáno:** Beckerova kuželová brzda (na obrázku je základní funkční část), brzdí se třením v kuželové ploše.

**Úkol:** Sestavte rovnici pro výpočet měrného tlaku v kuželové ploše.



**Dáno:** Vřetenno šroubového lisu má vyvinout maximální sílu o velikosti  $F = 180 \text{ kN}$ . Závit je plochý, čtvercový, malý průměr závitu je 0,8 velkého průměru. Dovolené napětí v tlaku je 40 MPa. Dovolný měrný tlak v závitech je  $p_D = 10 \text{ MPa}$ .

**Úkol:** Vypočítejte malý a velký průměr šroubu (průměr jádra šroubu položte rovný malému průměru závitu), stoupání závitu, počet závitů a výšku matice.



Malý průměr závitu šroubu z pevnostní rovnice:

Velký průměr závitu:

Stoupání závitu (čtvercový profil):

Počet závitů (otlačení):

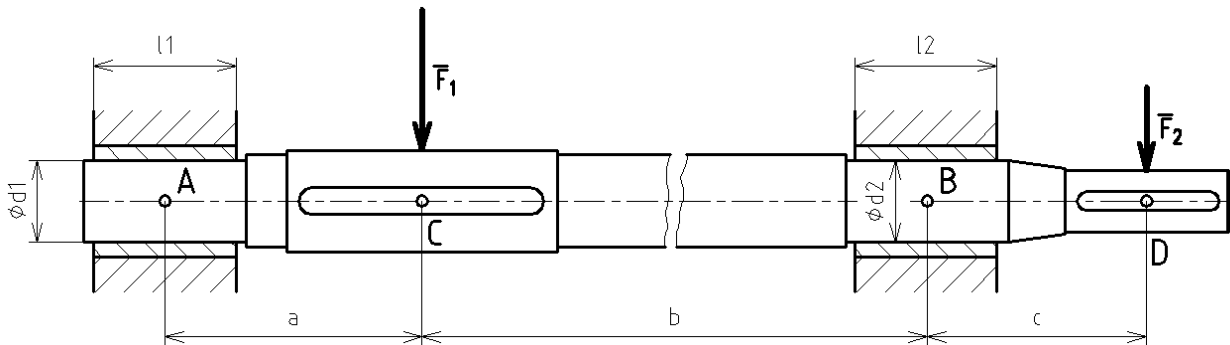
Výška matice:

## 10. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### MĚRNÝ TLAK VE STYKOVÝCH PLOCHÁCH 3

**Dáno:** Hřídel, uložený ve dvou kluzných ložiskách, je zatížen dvěma silami o velikostech  $F_1 = 6$  kN a  $F_2 = 2$  kN. Dovolené tlaky v ložiskách jsou 5 MPa. Rozměry:  $a = 0,4$  m,  $b = 0,8$  m,  $c = 0,3$  m.

**Úkol:** Navrhněte průměr a délku kluzných ložisek. U obou ložisek má být poměr délky k průměru rovný dvěma.



Vazbové síly:

Výpočet ložisek:

## 11. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

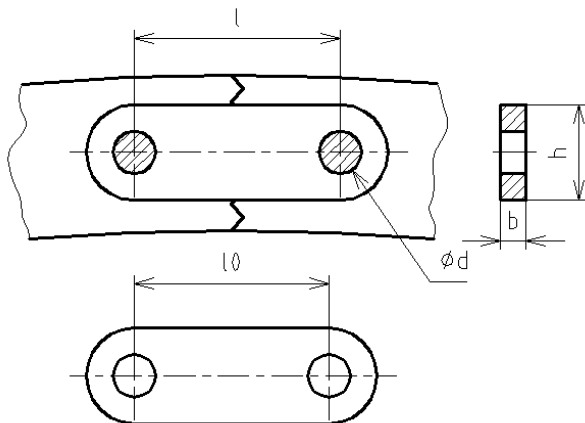
### STATICKY NEURČITÉ PŘÍPADY, VLIV TEPLoty NA NAMÁHÁNÍ

**Dáno:** Ocelová výztuha profilu I 100 je na obou koncích upnuta.

**Úkol:** Vypočítejte, jaké napětí v tlaku a jaká síla vznikne ve výztuze, jestliže se ohřeje o 50 °C.

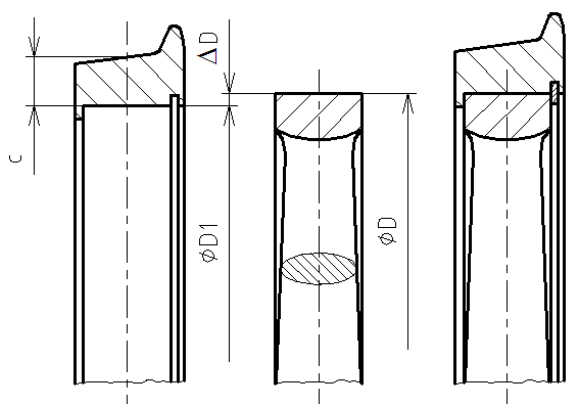
**Dáno:** Věvec dvoudílného setrvačnicku má být spojen plochými ocelovými zděřemi (sponami, které se za tepla nasadí na čepy). Vzdálenost os čepů je  $l = 300$  mm. Rozměry průřezu zděře jsou  $b = 40$  mm,  $h = 150$  mm. Napětí ve zděři nemá překročit hodnotu  $\sigma_t = 120$  MPa.

**Úkol:** Vypočítejte vzdálenost os otvorů volné studené zděře  $l_0$  a sílu  $F$ , kterou zděř stahuje poloviny setrvačnicku po montáži. Vliv otvorů neuvažujte.



**Dáno:** Při rekonstrukci parní lokomotivy se za tepla nasazují nákolky na kola z lité oceli. Průměr kola  $D = 1\,600$  mm. Střední tloušťka nákolku je  $c = 75$  mm. Po nasazení a ochlazení nákolku v něm má vzniknout napětí  $\sigma_t = 180$  MPa.

**Úkol:** Vypočítejte vnitřní průměr  $D_1$  studeného nákolku, teplotní rozdíl, o který je třeba nákollek zahřát před nasazením ( $E = 2,1 \cdot 10^5$  MPa), a měrný tlak mezi nákolkem a kolem za předpokladu, že kolo nezmění svůj průměr.



Potřebná změna průměru:

Vnitřní průměr nákolku:

Přírůstek teploty:

Měrný tlak (nákollek pokládejte za tenkostěnnou nádobu namáhanou vnitřním přetlakem):

## 12. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ TLAKOVÝCH NÁDOB A POTRUBÍ

**Dáno:** Kulový vařák vnitřního průměru  $D = 900$  mm s vnitřním přetlakem  $p = 0,8$  MPa a tloušťkou stěny  $s = 12$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte napětí ve stěně.

**Dáno:** Přivaděč vody (potrubí) k vodní turbíně je zatížen hydrostatickým tlakem sloupce vody o výšce  $h = 200$  m. Potrubí s vnitřním průměrem  $D = 1\,200$  mm má být z oceli 11 370, požadovaná bezpečnost je  $k = 2$ .

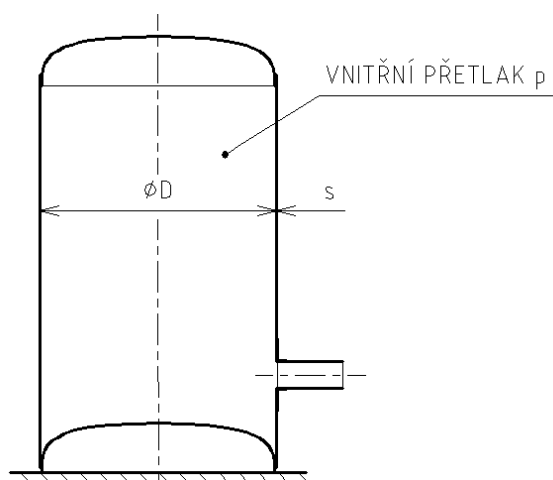
**Úkol:** Vypočítejte potřebnou teoretickou tloušťku stěny.

**Dáno:** Ocelová tlaková láhev na stlačené plyny má vnitřní průměr  $D = 184$  mm a vnější průměr  $D_1 = 200$  mm. Je vyrobena z oceli 11 650.

**Úkol:** Vypočítejte přetlak  $p$ , při němž by se láhev roztrhla.

**Dáno:** Vzdušník kompresoru (tlaková nádoba na vzduch) má být navržen na přetlak 1,5 MPa. Vnitřní průměr je  $D = 600$  mm, vzdušník je zhotoven z ocelového plechu s mezí kluzu 220 MPa. Požadovaná bezpečnost je  $k = 2$ . Teoretickou tloušťku je nutno zvětšit o 20 % vzhledem k pevnosti svarů, doporučený přírůstek na korozi je  $c = 1$  mm.

**Úkol:** Navrhněte potřebnou tloušťku plechu.

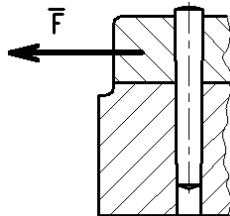


### 13. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### NAMÁHÁNÍ SMYKEM 1

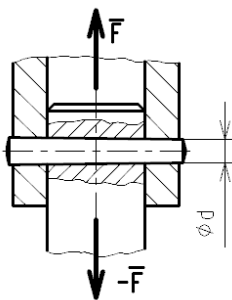
**Dáno:** Kolík je namáhán na smyk klidnou silou o velikosti  $F = 10$  kN. Dovolené napětí ve smyku je 50 MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměr kolíku a vyberte normalizovaný kuželový kolík.



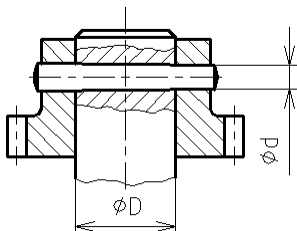
**Dáno:** Objímka je připojena k táhlu kuželovým kolíkem o průměru  $d = 8$  mm. Dovolené napětí ve smyku je 70 MPa.

**Úkol:** Vypočítejte velikost největší síly  $F_{max}$ , kterou může kolík přenést.



**Dáno:** Na hřídeli o průměru  $D = 30$  mm, který přenáší výkon  $P = 0,75$  kW při otáčkách  $n = 240$  min<sup>-1</sup>, je nasazeno ozubené kolečko. Spojení náboje s hřídelem je provedeno kuželovým kolíkem z oceli 11 500.

**Úkol:** Navrhněte podle normy průměr kolíku  $d$  tak, aby platilo  $d < D/3$ , a zkontrolujte smykové napětí. Dovolené napětí je 70 MPa.

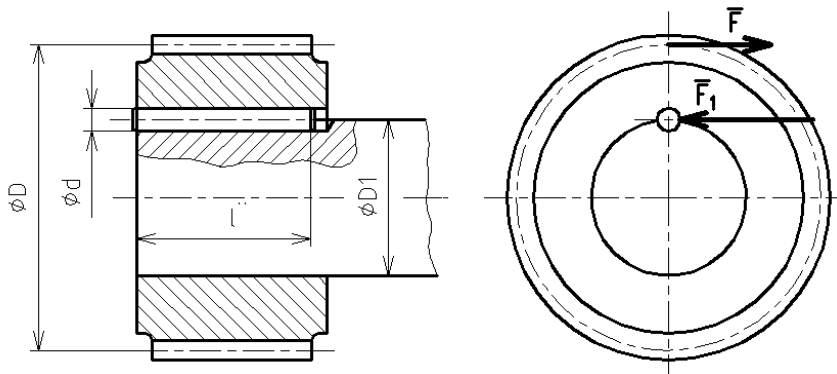


## 14. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ SMYKEM 2

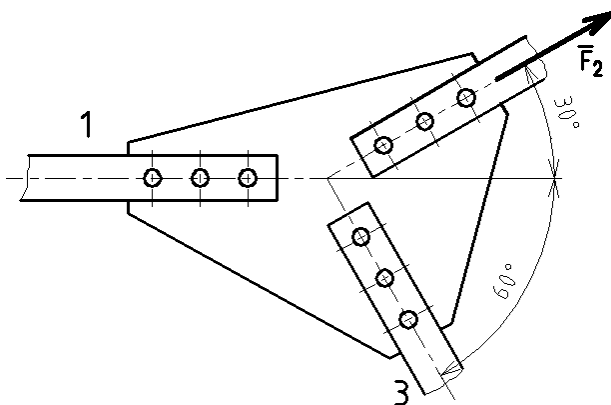
**Dáno:** Ozubené kolo s roztečným průměrem  $D = 100$  mm přenáší obvodovou sílu o velikosti  $F = 10$  kN. Průměr hřídele  $D_1 = 50$  mm. Spojení je provedeno spárovým kolíkem o průměru  $d = 10$  mm a délce  $l = 70$  mm.

**Úkol:** Proveďte kontrolní výpočet kolíku na smyk a na otláčení, je-li dovolené napětí  $\tau_{Ds} = 50$  MPa a dovolený tlak  $p_D = 60$  MPa.



**Dáno:** Na styčník příhradové nýtované konstrukce působí tři síly. Síla  $F_2$  má velikost 40 kN. Jednostřížné nýty jsou z oceli 11 341. Plech i táhla mají tloušťku  $t = 4$  mm. Dovolené napětí nýtů ve smyku  $\tau_{Ds} = 80$  MPa, dovolený měrný tlak v oblíně nýtů je  $p_D = 120$  MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměr nýtů na základě obvyklého vztahu  $d \approx 2t$  a určete počty nýtů ve spojích tak, aby nýty vyhovovaly na smyk i na otláčení.

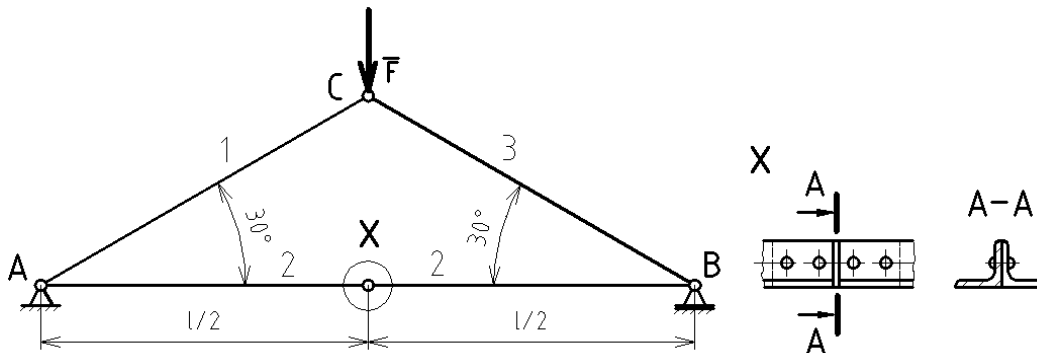


## 15. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ SMYKEM 3

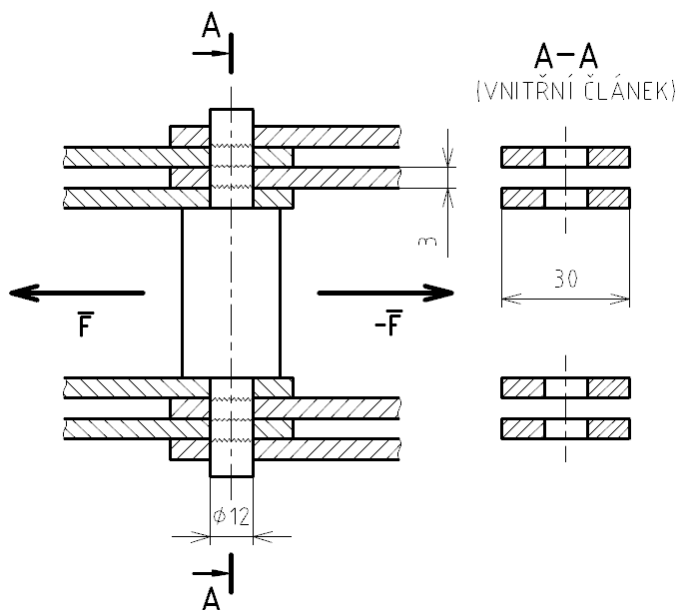
**Dáno:** Příhradová konstrukce je zatížena mýjivou silou o velikosti  $F = 60$  kN. Táhlo 2 je složeno ze dvou úhelníků  $65 \times 65 \times 6$  ČSN 42 5541.01 – 10 341, které jsou snýtovány pomocí stejného stykového úhelníku nýty s průměrem  $d = 12$  mm. Rozpětí konstrukce je  $l = 4$  m. Dovolené napětí nýtů je  $\tau_{Ds} = 66$  MPa a dovolený měrný tlak  $p_D = 150$  MPa (započteno mýjivé zatížení).

**Úkol:** Určete potřebný počet nýtů a zkontrolujte táhlo 2 pro součinitel bezpečnosti  $k = 2$ .



**Dáno:** Článek Gallova řetězu o rozteči 40 mm má tyto parametry: průměr čepu  $d = 12$  mm, šířka destičky  $b = 30$  mm, tloušťka destičky  $s = 3$  mm. Řetěz přenáší sílu o velikosti  $F = 16$  kN.

**Úkol:** Zkontrolujte smykové napětí v čepu a otláčení mezi čepem a destičkou.  $\tau_{Ds} = 60$  MPa,  $p_D = 120$  MPa.





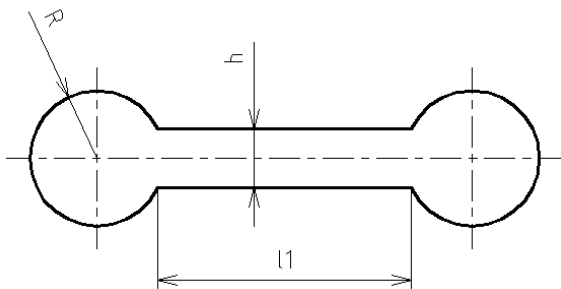
## 16. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST STŘÍHÁNÍ

**Dáno:** Kruhový výstřížek o průměru  $d$  z plechu tloušťky  $s = 4$  mm. Mez pevnosti plechu ve smyku je  $R_{ms} = 200$  MPa. Dovolené napětí kaleného střížného nástroje v tlaku je 500 MPa.

**Úkol:** Určete průměry otvorů, které je možno vystříhnout, aniž by byl střížník nepřípustně namáhán na tlak.

**Dáno:** Z plechu o tloušťce  $s = 5$  mm má být vystřížen výstřížek podle obrázku. Mez pevnosti materiálu ve smyku je  $R_{ms} = 300$  MPa. Rozměry výstřížku jsou  $l_1 = 100$  mm,  $R = 30$  mm,  $h = 30$  mm.

**Úkol:** Určete minimální potřebnou střížnou sílu.



**Dáno:** Kaleným razníkem se má prostříhnout kruhový otvor o průměru  $d$  z plechu z oceli 10 370 s mezí pevnosti ve smyku  $R_{ms} = 220$  MPa. Razník má mez pevnosti v tlaku  $R_{md} = 1\,500$  MPa a dovolené napětí v tlaku je  $0,8 R_{md}$ .

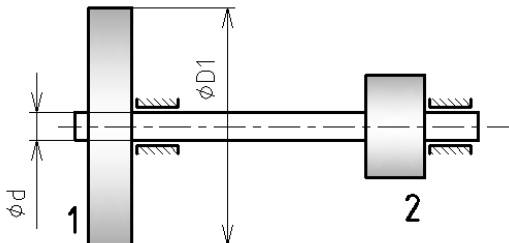
**Úkol:** Určete největší použitelný poměr tloušťky plechu  $s$  k průměru otvoru  $d$ .

## 17. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ KRUTEM 1

**Dáno:** Na předlohovový hřídel z oceli 11 500 se ozubenými koly přenáší výkon  $P = 10 \text{ kW}$ . Hřídel se otáčí otáčkami  $n = 300 \text{ min}^{-1}$  a je zatížen míjivě.

**Úkol:** Navrhněte minimální průměr hřídele pro bezpečnost  $k = 2$ .



**Dáno:** Automobil jede rychlostí  $90 \text{ km.h}^{-1}$ , výkon motoru při této rychlosti je  $P = 35 \text{ kW}$ . Hnací polonáprava má průměr  $d = 22 \text{ mm}$ , průměr kola je  $D = 550 \text{ mm}$ . Ztráty v převodovém ústrojí jsou 10 %.

**Úkol:** Vypočítejte smykové napětí v jedné polonápravě. Určete, jak se změní napětí při jízdě do strmého kopce rychlostí  $10 \text{ km.h}^{-1}$  při plném výkonu motoru.

**Dáno:** Odstředivé čerpadlo dodávající objemový průtok  $Q_V = 40 \text{ l.s}^{-1}$  do výšky  $H = 80 \text{ m}$  je poháněno elektromotorem s krátkým hřídelem, který koná otáčky  $n = 920 \text{ min}^{-1}$ .

**Úkol:** Vypočítejte průměr hřídele  $d$ , je-li účinnost čerpadla 70 % a připouští-li se dovolené napětí  $\tau_{Dk} = 60 \text{ MPa}$ .

## 18. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ KRUTEM 2

**Dáno:** Dutý litinový hřídel s vnějším průměrem  $D = 200$  mm a s vnitřním průměrem  $d = 150$  mm má být nahrazen plným hřídelem ocelovým.

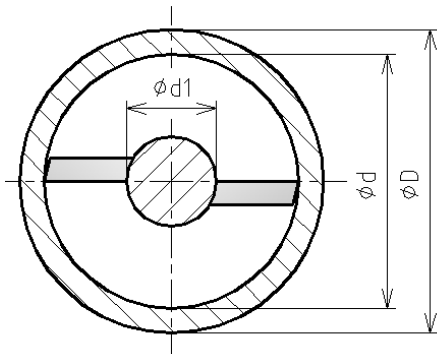
**Úkol:** Vypočítejte potřebný průměr  $d_2$  nového hřídele, jestliže v litinovém hřídeli bylo největší napětí v krutu 20 MPa a v ocelovém má být 100 MPa.

**Dáno:** Plný ocelový hřídel o průměru  $d_1 = 50$  mm má být nahrazen dutým hřídelem ocelovým o stejné únosnosti.

**Úkol:** Vypočítejte průměry dutého hřídele, jestliže poměr vnitřního a vnějšího průměru je  $d/D = 0,6$ , a porovnejte hmotnosti obou hřídelů.

**Dáno:** Válec o vnitřním průměru  $d = 200$  mm a vnějším průměru  $D = 250$  mm je vyvrtáván vyvrtávací tyčí, na jejíž jeden břit působí míjivá síla o velikosti  $F = 10$  kN. Dovolené napětí vyvrtávací tyče je  $\tau_{Dk} = 120$  MPa,  $c_H = 0,70$ .

**Úkol:** Navrhněte průměr  $d_1$  vyvrtávací tyče a vypočítejte napětí v krutu v průřezu válce.

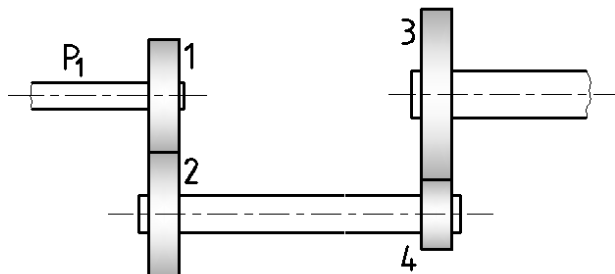


## 19. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ KRUTEM 3

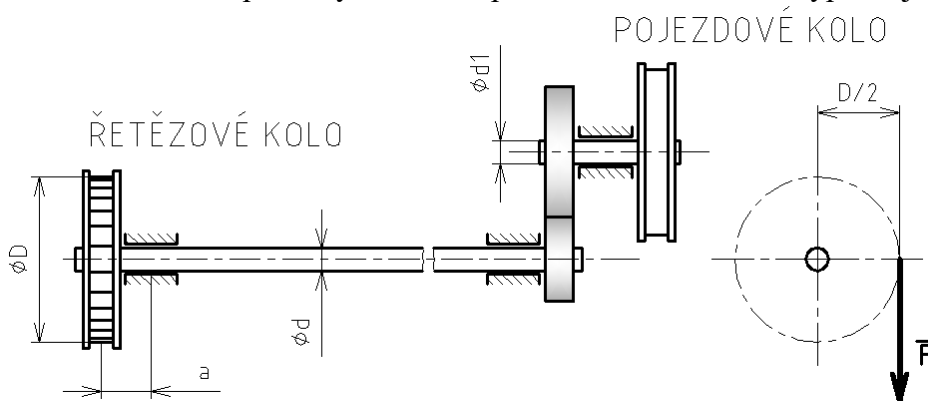
**Dáno:** Převod je složen z ozubených kol s počty zubů  $z_1 = 50$ ,  $z_2 = 60$ ,  $z_3 = 45$ ,  $z_4 = 130$ . Vstupní výkon je  $P_1 = 28$  kW, otáčky  $n_1 = 30$  s<sup>-1</sup>. Dovolené napětí hřídelů v krutu je 30 MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměry hřídelů.



**Dáno:** Pojezdové kolo mostu jeřábu je poháněno řetězem na obvodu řetězového kola přes předlohový hřídel párem čelních ozubených kol s převodovým poměrem  $i = 3$ . Síla v ose řetězu má velikost  $F = 200$  N, průměr řetězového kola je  $D = 800$  mm. Hnací a předlohový hřídel budou z oceli 11 420. Zatížení je střídavé. Vzhledem k přidavnému ohybu volíme součinitel bezpečnosti  $k = 2$ . Ztráty zanedbejte.

**Úkol:** Navrhněte průměry hnacího a předlohového hřídele a vypočítejte zkrut hnacího hřídele.

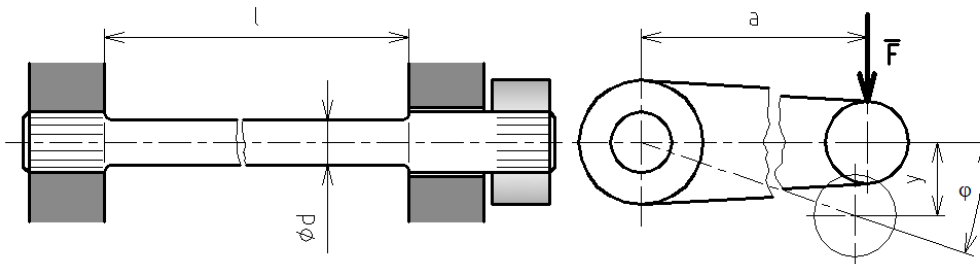


## 20. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ KRUTEM 4

**Dáno:** Torzní pružina přenáší sílu o velikosti  $F = 3$  kN. Délka ramene  $a = 300$  mm. Úhlu zkroucení přísluší deformační výchylka  $y = 131$  mm.

**Úkol:** Navrhněte průměr  $d$  a délku  $l$  činné části torzní tyče, je-li materiálem pružinová ocel s dovoleným napětím v krutu  $500$  MPa a modulem pružnosti ve smyku  $G = 0,83 \cdot 10^5$  MPa. Vzhledem k rázům za provozu a bezpečnosti počítejte s krouticím momentem zvětšeným o 50 %.



Krouticí moment:

Návrh průměru tyče:

Výpočet úhlu zkroucení:

Výpočet délky činné části:

**Dáno:** Regulační hřídel pro natáčení lopatek oběžného kola Kaplanovy turbíny má délku  $l = 6$  m a má se pootáčet o úhel regulačního výkyvu  $60^\circ$ . Největší úhel zkroucení nesmí překročit 1 % regulačního výkyvu. Hřídel přenáší krouticí moment  $M_k = 1\,500$  Nm.

**Úkol:** Navrhněte průměr hřídele pro  $G = 0,8 \cdot 10^5$  MPa a  $\tau_{Dk} = 30$  MPa.

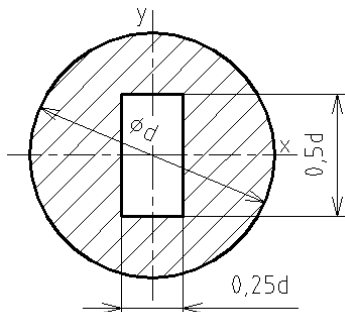


## 21. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM I

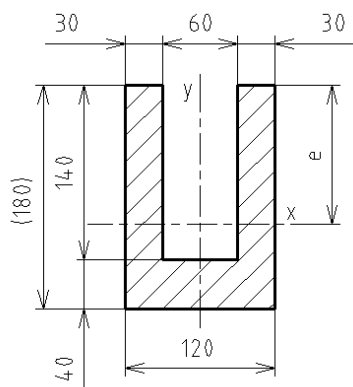
**Dáno:** Je dán kruhový profil o průměru  $d = 100$  mm s obdélníkovým otvorem.

**Úkol:** Vypočítejte kvadratické momenty a průřezové moduly v ohybu k osám  $x$ ,  $y$ .



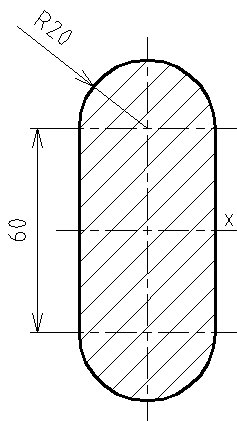
**Dáno:** Je dán profil tvaru U.

**Úkol:** Nalezněte polohu těžiště a vypočítejte kvadratické momenty k osám  $x$ ,  $y$ .



**Dáno:** Je dán profil podle obrázku.

**Úkol:** Vypočítejte největší kvadratický moment a průřezový modul.

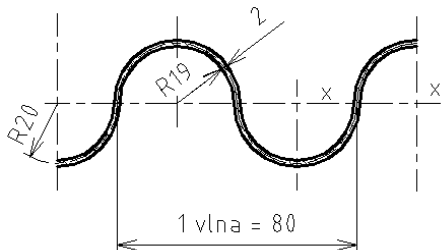


## 22. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 2

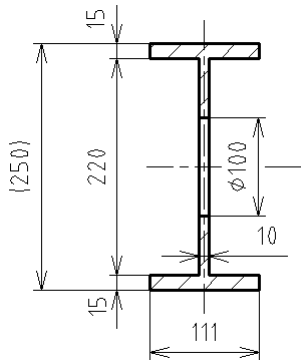
**Dáno:** Je dán profil vlnitého plechu o tloušťce 2 mm.

**Úkol:** Vypočítejte kvadratický moment jedné vlny, počet vln na 1 m šířky a celkový průřezový modul k ose  $x$ .



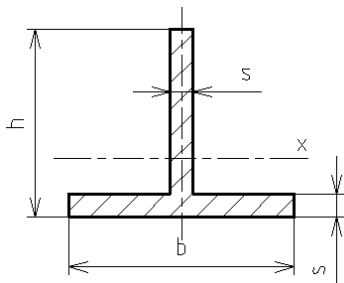
**Dáno:** Je dán profil I s otvorem.

**Úkol:** Vypočítejte, o kolik procent se zmenší průřez nosníku a o kolik průřezový modul v ohybu.



**Dáno:** Litinový rám, namáhaný ohybem, má mez pevnosti v tlaku třikrát větší než v tahu. Míra bezpečnosti je stejná pro tah i pro tlak. Výška  $h = 12s$ .

**Úkol:** Určete šířku  $b$  a průřezové moduly k ose  $x$  v závislosti na tloušťce  $s$ . (Návod: z poměru dovolených napětí určete vzdálenost krajních vláken od osy  $x$ , z rovnice pro určení polohy těžiště vypočítejte  $b$  a následně vypočítejte průřezové moduly).

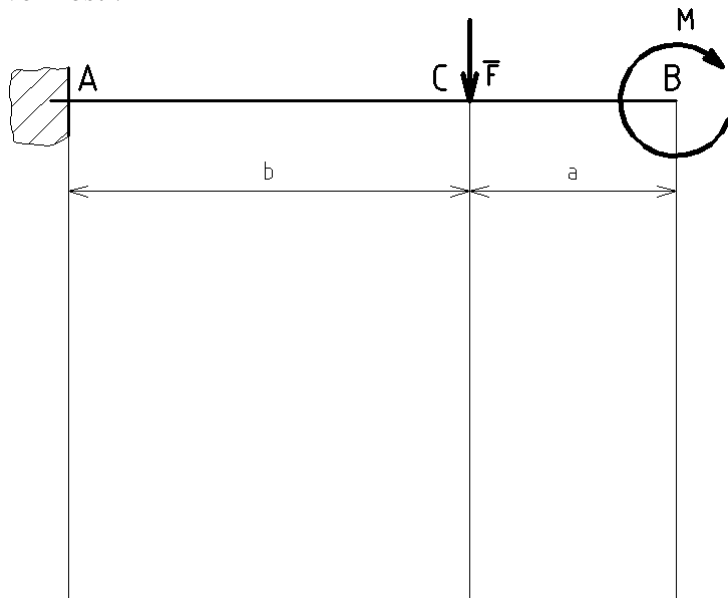


## 23. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 3

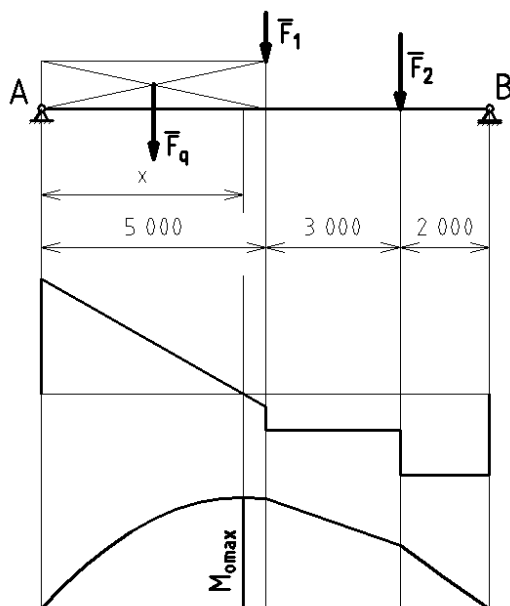
**Dáno:** Nosník je zatížen ohybovým momentem o velikosti  $M = 132 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$ , působícím na konci, a osamělou silou o velikosti  $F = 600 \text{ N}$ . Vzdálenosti  $a = 500 \text{ mm}$ ,  $b = 1000 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Nakreslete průběhy posouvající síly a ohybového momentu a určete jejich maximální velikosti.



**Dáno:** Nosník na dvou podporách je zatížen osamělými silami o velikostech  $F_1 = 9 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 15 \text{ kN}$  a spojitým zatížením  $q = 10 \text{ N.mm}^{-1}$ .

**Úkol:** Metodou superpozice analyzujte zatížení nosníku a nakreslete dílčí průběhy posouvajících sil a ohybových momentů. Vypočítejte vzdálenost  $x$ , v níž působí maximální moment, a určete jeho velikost.





## 24. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

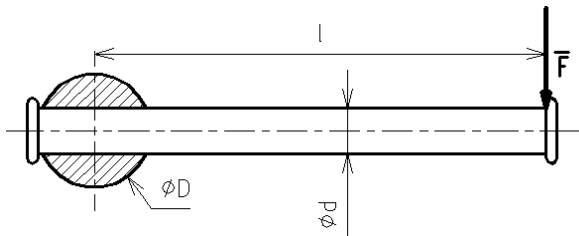
### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 4

**Dáno:** Vetknutý nosník délky  $l = 1,5$  m je na volném konci zatížen břemenem o hmotnosti  $m = 900$  kg.

**Úkol:** Určete číslo profilu I a napětí v nebezpečném průřezu, nemá-li průhyb na konci být větší než 5 mm.

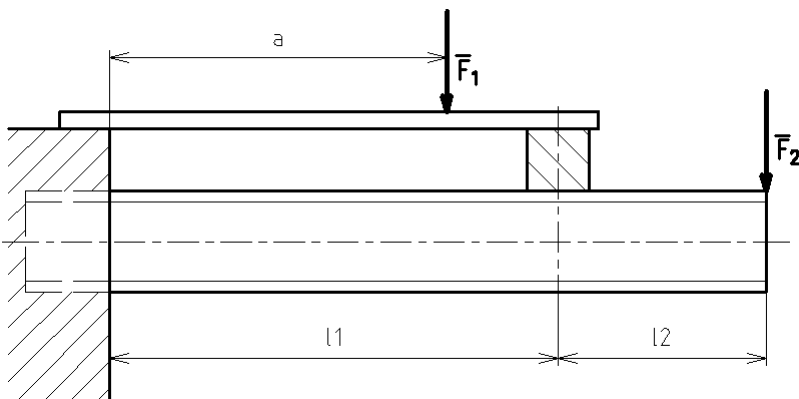
**Dáno:** Rukojeť svěráku o délce  $l = 240$  mm, průměr vřetene je  $D = 60$  mm. Na konci působí síla o velikosti  $F = 500$  N. Dovolené napětí je 90 MPa.

**Úkol:** Navrhněte průměr rukojeti  $d$ .



**Dáno:** Vetknutý nosník s průřezem I 180 je zatížen podle schématu. Velikost síly  $F_1 = 20$  kN, velikost síly  $F_2 = 5$  kN. Délky  $l_1 = 0,9$  m,  $l_2 = 0,3$  m,  $a = 0,54$  m.

**Úkol:** Proveďte kontrolní výpočet nosníku, je-li dovolené napětí 100 MPa.

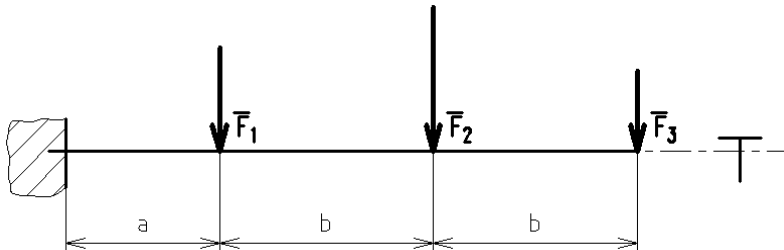


## 25. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 5

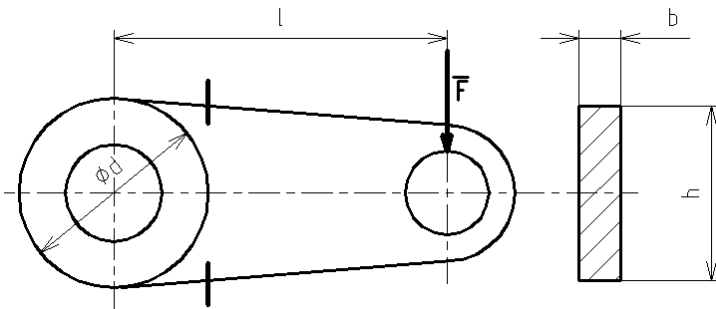
**Dáno:** Větknutý nosník je zatížen třemi osamělými silami o velikostech  $F_1 = 300$  N,  $F_2 = 500$  N a  $F_3 = 200$  N. Vzdálenosti  $a = 200$  mm,  $b = 300$  mm. Materiál je 11 343.0, součinitel bezpečnosti  $k = 1,6$ , míjivé zatížení.

**Úkol:** Určete velikost profilu T a skutečné největší napětí v krajních tažených vláknech.



**Dáno:** Na páčku vačkového hřídele působí od ventilu zatěžující síla o velikosti  $F = 1,4$  kN.

**Úkol:** Určete průřezové rozměry  $b \times h$  v označeném průřezu, je-li  $l = 44$  mm,  $d = 25$  mm, poměr  $b : h = 2 : 7$  a dovolené napětí 100 MPa.

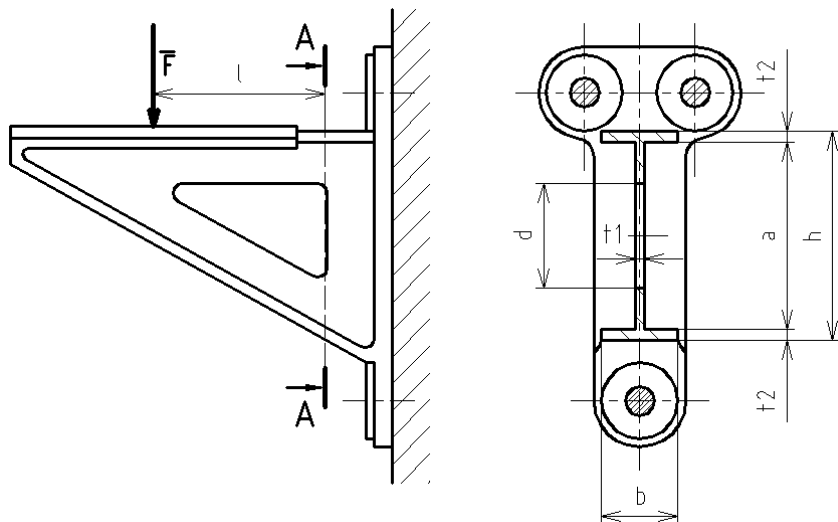


## 26. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 6

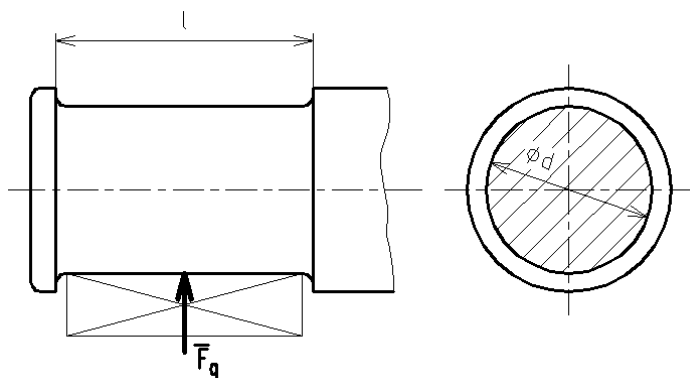
**Dáno:** Litá konzola s dovoleným napětím v ohybu 12 MPa. Rozměry:  $l = 190$  mm,  $h = 220$  mm,  $b = 80$  mm,  $t_1 = 10$  mm,  $t_2 = 12$  mm,  $d = 110$  mm.

**Úkol:** Vypočítejte kvadratický moment a průřezový modul vyznačeného průřezu a největší přípustnou zatěžující sílu.



**Dáno:** Ocelový válcový čep je zatížen spojitým zatížením, jehož výsledná síla má velikost  $F_q = 90$  kN. Navržené rozměry čepu jsou  $d = 130$  mm,  $l = 200$  mm.

**Úkol:** Proved'te kontrolu čepu na střídavý ohyb a otláčení, jestliže  $\sigma_{DoI} = 80$  MPa a  $p_D = 5$  MPa.

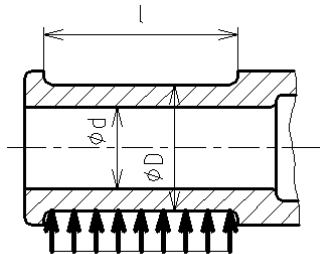


## 27. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 7

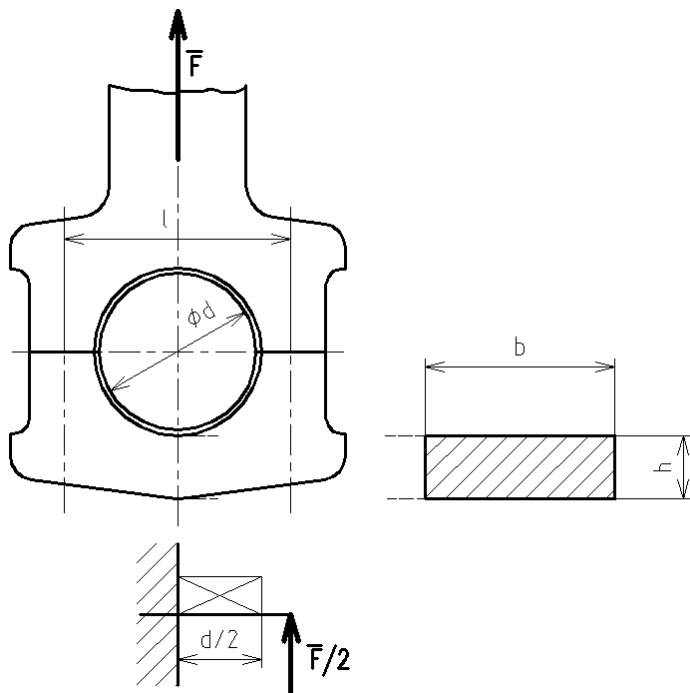
**Dáno:** Dutý čep má přenášet zatížení  $q = 618 \text{ N.mm}^{-1}$ . Poměr průměrů čepu je volen  $d/D = 2/3$ . Dovolené napětí v ohybu je  $\sigma_{Do} = 60 \text{ MPa}$  a dovolený měrný tlak je  $p_D = 5 \text{ MPa}$ .

**Úkol:** Navrhněte průměry a délku dutého čepu.



**Dáno:** Ojnice spalovacího motoru je vyrobena z niklové oceli s mezí pevnosti  $R_m = 750 \text{ MPa}$ . Rozteč ojnicích šroubů je  $l = 220 \text{ mm}$ , průměr pánve  $d = 165 \text{ mm}$ , šířka víka hlavy  $b = 110 \text{ mm}$ . Velikost síly  $F = 33 \text{ kN}$ .

**Úkol:** Navrhněte výšku  $h$  víka ojnicí hlavy. Víko považujte za dva vetknuté nosníky zatížené podle schématu. Uvažujte součinitel bezpečnosti  $k = 10$ .

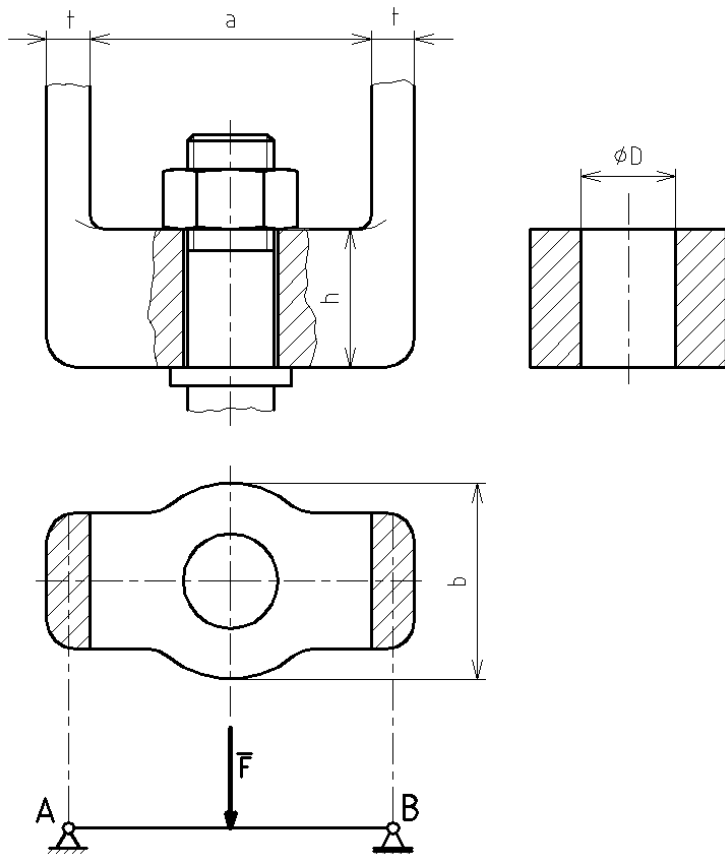


## 28. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 8

**Dáno:** Je navrhován příčník pro zavěšení jeřábového háku. Nosnost je  $m_Q = 3$  t a dovolené napětí je 60 MPa. Rozměry:  $a = 100$  mm,  $t = 15$  mm,  $b = 80$  mm,  $D = 36$  mm.

**Úkol:** Určete výšku příčníku  $h$ .



**Dáno:** Nosník z profilu I 140 délky  $l = 5,2$  m je na obou koncích podepřen. Jeho největší průhyb smí být  $y = 8$  mm.

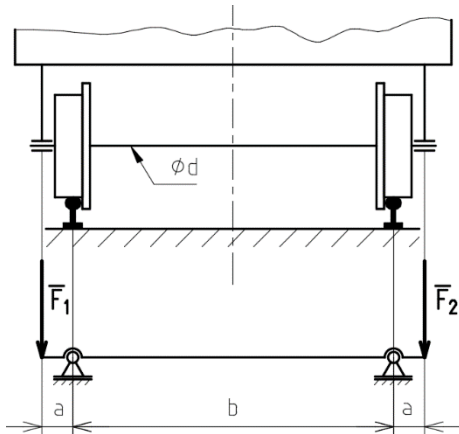
**Úkol:** Určete největší přípustné zatížení uprostřed nosníku bez zřetele k vlastní tíze nosníku a největší napětí v průřezu.

## 29. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 9

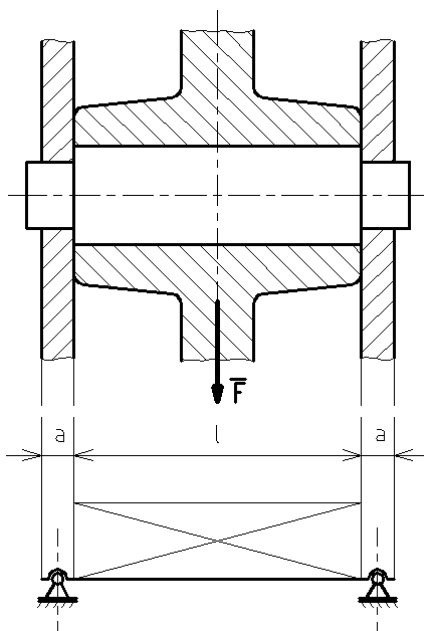
**Dáno:** Vozík je konstruován na největší zatížení 10 tun. Rozměry  $a = 140$  mm,  $b = 670$  mm.

**Úkol:** Navrhněte průměr nápravy  $d$  a určete největší průhyb ( $F_1 = F_2$ ). Předpokládaný materiál je ocel 11 500. (Pro výpočet průhybu nosník rozdělte uprostřed na dva vetknuté nosníky a pracujte metodou superpozice).



**Dáno:** Čep kladky o průměru  $d = 50$  mm je uložen ve dvou postranicích, jejichž tloušťka je  $a = 12$  mm; délka čepu je  $l = 120$  mm. Z kladky na čep se přenáší síla o velikosti  $F = 59$  kN.

**Úkol:** Zkontrolujte napětí v ohybu čepu a měrný tlak, je-li dovolené napětí 90 MPa a dovolený tlak ve styčné ploše 10 MPa.

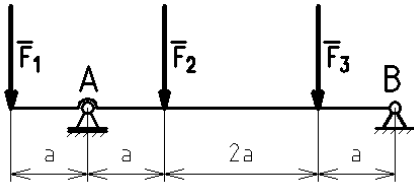


### 30. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### NAMÁHÁNÍ OHYBEM 10

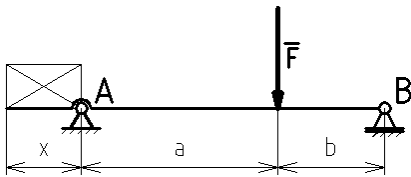
**Dáno:** Dřevěný trám nese zatížení  $F_1 = 3\,000\text{ N}$ ,  $F_2 = 4\,500\text{ N}$  a  $F_3 = 1\,500\text{ N}$ . Profil trámu je obdélníkový s poměrem stran  $b : h = 5 : 7$ , dovolené napětí v ohybu je  $10\text{ MPa}$ ,  $a = 1\text{ m}$ .

**Úkol:** Nakreslete obrazec posouvajících sil a ohybových momentů a určete rozměry trámu  $b$ ,  $h$ .



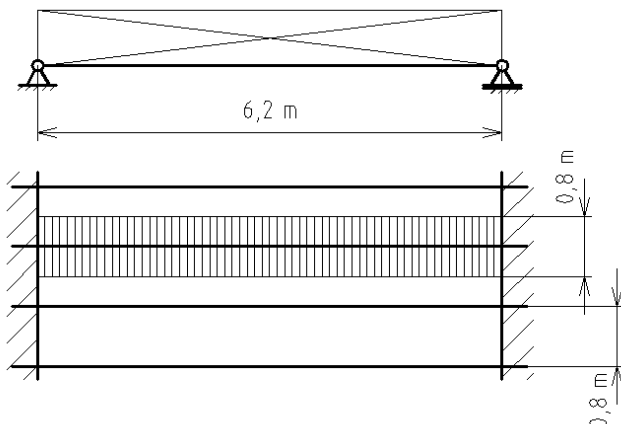
**Dáno:** Nosník profilu U je zatížen osamělou silou o velikosti  $F = 10\text{ kN}$  a spojitým zatížením o velikosti  $q = 8\text{ kN.m}^{-1}$ . Vzdálenosti  $a = 2,5\text{ m}$ ,  $b = 1,5\text{ m}$ .

**Úkol:** Stanovte délku  $x$  tak, aby moment v podpoře A byl stejný jako moment pod silou  $F$  a navrhnete číslo profilu U. Dovolené napětí v ohybu je  $100\text{ MPa}$ .



**Dáno:** Podlaha skladiště je nesena trámy o průřezu  $b \times h = 20 \times 28\text{ cm}$  na vzdálenost  $s = 0,8\text{ m}$ . Užitečné zatížení podlahy i s uvažováním vlastní hmotnosti je  $600\text{ kg.m}^{-2}$ .

**Úkol:** Zkontrolujte trám, jestliže dovolené napětí v ohybu je  $9\text{ MPa}$  a přípustný průhyb je  $3\text{ cm}$ . (Návod: z plošného zatížení, které nese 1 trám, určete zatížení na 1 m délky trámu  $q$ ).

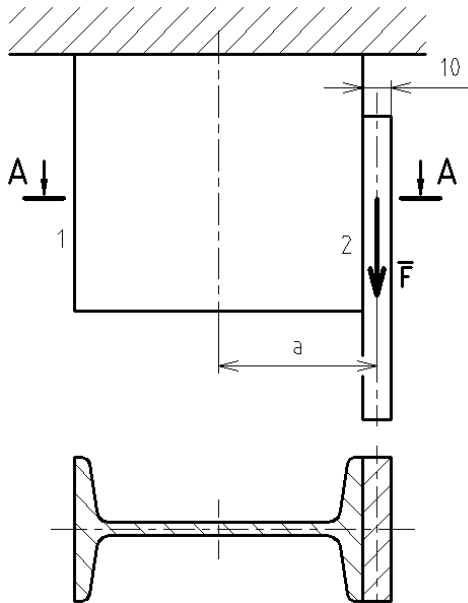


### 31. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ 1

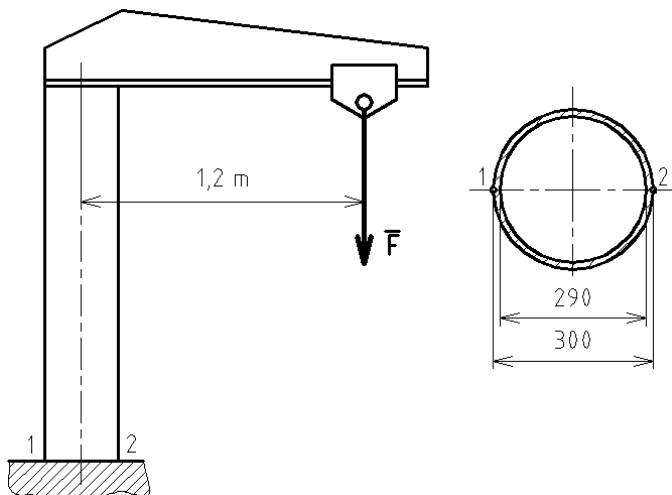
**Dáno:** K profilu I 100 – ČSN 42 5550 z oceli 11 343.0 je přivařena plochá tyč 50x10 – ČSN 42 5522 z téhož materiálu. Dovolené napětí  $\sigma_{Dt} = 120 \text{ MPa}$ .

**Úkol:** Určete největší sílu, kterou můžeme soustavu zatížit.



**Dáno:** Sloupový jeřáb je zatížen břemenem, které působí silou o velikosti  $F = 19 \text{ kN}$ . Sloup je dutý.

**Úkol:** Vypočítejte napětí v krajních vláknech 1 a 2 sloupu a nakreslete průběhy napětí.



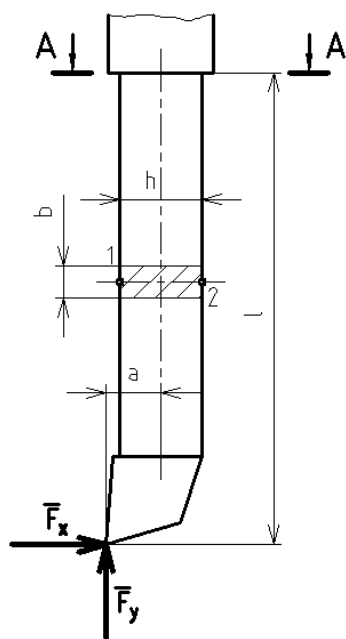


## 32. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ 2

**Dáno:** Obráběcí nůž hoblovky je namáhán řeznou silou  $F_x$  a násadovou silou od odporu obrobku  $F_y = F_x$ . Řezná síla je dána součinem průřezu třísky  $S$  a řezného odporu  $p$ . Průřez třísky je  $S = h \cdot s = 4 \text{ mm} \cdot 0,8 \text{ mm} = 3,2 \text{ mm}^2$ ,  $p = 1\,550 \text{ MPa}$  ( $h$  je hloubka třísky,  $s$  je posuv). Rozměry nože jsou  $a = 20 \text{ mm}$ ,  $l = 120 \text{ mm}$ ,  $b \times h = 20 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Určete největší napětí v průřezu A-A nože a posuďte výsledek.



Řezná síla a násadová síla:

Ohybové napětí od řezné síly:

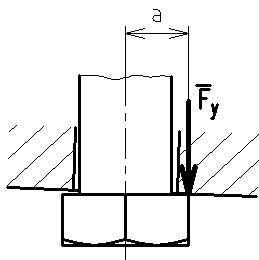
Tlakové napětí od násadové síly:

Ohybové napětí od násadové síly:

Výsledná napětí:

**Dáno:** Spojovací šroub M 16 se opírá o hranu šestihřanné hlavy.

**Úkol:** Porovnejte napětí, vznikající ve šroubu při tomto chybném styku, s napětím ve správně namontovaném šroubu.

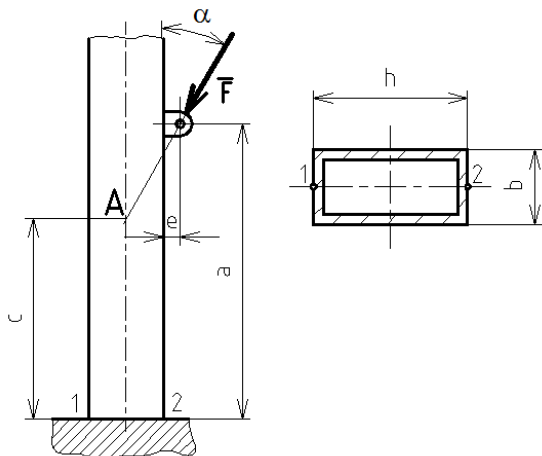


### 33. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ 3

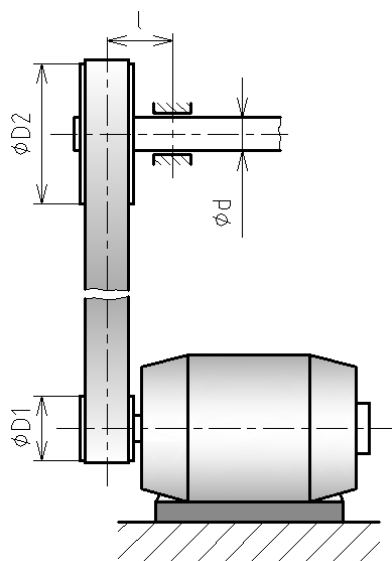
**Dáno:** Na sloup působí šikmá síla o velikosti  $F = 45$  kN. Sloup je dutý, rozměry jsou  $h = 360$  mm,  $b = 120$  mm, tloušťka stěny je  $t = 12$  mm. Vzdálenosti  $a = 1485$  mm,  $e = 100$  mm, úhel  $\alpha = 30^\circ$ .

**Úkol:** Vypočítejte napětí v krajních vláknech 1 a 2. (Návod: posuňte sílu  $F$  do bodu A).



**Dáno:** Z elektromotoru se řemenovým převodem přenáší na hnaný hřídel výkon  $P = 10$  kW při otáčkách  $n = 1440$  min<sup>-1</sup>. Průměr  $D_1 = 100$  mm, převodový poměr je  $i = 3$ , vzdálenost  $l = 80$  mm.

**Úkol:** Navrhnete průměr hřídele  $d$ , je-li hřídel z oceli 11 500.

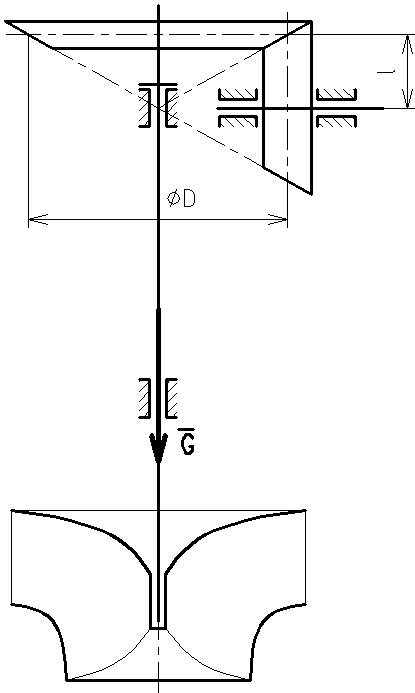


## 34. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ 4

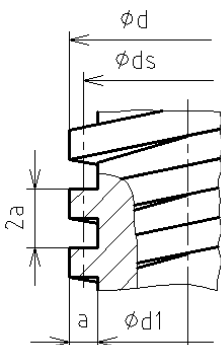
**Dáno:** Francisova turbína o výkonu  $P = 1,47 \text{ MW}$  má otáčky  $n = 70 \text{ min}^{-1}$ . Na hřídel působí kromě krouticího momentu i osová síla o velikosti  $G = 58 \text{ kN}$ . Hřídel je z oceli s mezí kluzu  $450 \text{ MPa}$ . Rozměry  $D = 1500 \text{ mm}$ ,  $l = 500 \text{ mm}$ .

**Úkol:** Navrhněte průměr hřídele  $d$ .



**Dáno:** Pohybovým šroubem se vyvozuje tlaková síla  $F_o = 69 \text{ kN}$ . Dovolené napětí jednocho-  
dého šroubu je  $58 \text{ MPa}$  (šroub je z oceli 12 040), součinitel tření je  $f = 0,1$ .

**Úkol:** Navrhněte rozměry šroubu ( $d$ ,  $d_1$ ,  $a$ , úhel stoupání) za podmínky, že velký průměr šroubu  $d = (1,2 \text{ až } 1,33) d_1$ . (Návod: malý průměr navrhnete na prostý tlak s dovoleným napětím sníženým na 70 % zadané hodnoty a provedte kontrolu na kombinované namáhání. Krouticí moment je moment obvodové síly).



### 35. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 1

**Dáno:** Hladká válcová tyč o průměru  $d = 20$  mm je namáhána osovou tahovou silou, jejíž velikost kolísá mezi  $F_{max} = 31\,400$  N a  $F_{min} = 10\,000$  N.

**Úkol:** Nakreslete časový průběh změny napětí, vypočítejte velikost středního napětí a určete, o jaký druh namáhání se jedná.

**Dáno:** Jsou dána kmitavá namáhání s těmito hodnotami amplitud: a) 30 MPa, b) 20 MPa, c) 15 MPa, d) 10 MPa. Střední napětí je ve všech případech 20 MPa.

**Úkol:** Nakreslete časové průběhy napětí a určete ve všech případech horní a dolní napětí. Jaké jsou názvy uvedených cyklů?

**Dáno:** Konaly se únavové zkoušky uhlíkové oceli s minimální pevností v tahu 400 MPa. Na 10 tyčích byly při souměrném střídavém zatížení zjištěny tyto výsledky:

|           |                      |                                 |           |
|-----------|----------------------|---------------------------------|-----------|
| Tyč č. 1  | $\sigma_a = 420$ MPa | $N_1 = 2$ kmitů                 | praskla   |
| Tyč č. 2  | $\sigma_a = 400$ MPa | $N_2 = 10^4$ kmitů              | praskla   |
| Tyč č. 3  | $\sigma_a = 350$ MPa | $N_3 = 5 \cdot 10^4$ kmitů      | praskla   |
| Tyč č. 4  | $\sigma_a = 300$ MPa | $N_4 = 1,8 \cdot 10^5$ kmitů    | praskla   |
| Tyč č. 5  | $\sigma_a = 250$ MPa | $N_5 = 4 \cdot 10^5$ kmitů      | praskla   |
| Tyč č. 6  | $\sigma_a = 200$ MPa | $N_6 = 1,2 \cdot 10^6$ kmitů    | praskla   |
| Tyč č. 7  | $\sigma_a = 150$ MPa | $N_7 = 2,5 \cdot 10^6$ kmitů    | praskla   |
| Tyč č. 8  | $\sigma_a = 120$ MPa | $N_8 = 5 \cdot 10^6$ kmitů      | praskla   |
| Tyč č. 9  | $\sigma_a = 110$ MPa | $N_9 = 10^7$ kmitů              | praskla   |
| Tyč č. 10 | $\sigma_a = 105$ MPa | $N_{10} = 1,1 \cdot 10^7$ kmitů | nepraskla |

**Úkol:** Pomocí milimetrového papíru nebo tabulkového kalkulátoru sestrojte Wöhlerovu křivku v semilogaritmických souřadnicích a vyznačte mez únavy zkoušené oceli.

## 36. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 2

**Dáno:** Ocel z předchozí úlohy, Wöhlerova křivka.

**Úkol:** a) Určete počet kmitů, při němž se materiál poruší při amplitudě 140 MPa,  
b) určete mez časové únavy pro  $N = 2 \cdot 10^6$  kmitů.

**Dáno:** Ocel 11 423.

**Úkol:** Pomocí strojnických tabulek sestrojte v měřítku linearizovaný Smithův diagram pro ohyb. Pracujte na milimetrový papír nebo v grafickém programu.

**Dáno:** Ocel s mezí pevnosti  $R_m = 370$  MPa,  $R_e = 220$  MPa,  $\sigma_C = 140$  MPa.

**Úkol:** Sestrojte Haighův diagram pomocí Goodmanova kritéria (Goodmanovy přímky), vyšrafujte oblast, která zahrnuje pouze pružné deformace a zjistěte velikost mezních amplitud hladkých zkušebních tyčí při středních napětích 50 MPa, 100 MPa, 200 MPa.

**Dáno:** Pulsující cykly jsou dány velikostí středních a horních napětí:

|    |                      |                      |
|----|----------------------|----------------------|
| a) | $\sigma_m = 50$ MPa  | $\sigma_h = 65$ MPa  |
| b) | $\sigma_m = 35$ MPa  | $\sigma_h = 40$ MPa  |
| c) | $\sigma_m = 150$ MPa | $\sigma_h = 195$ MPa |
| d) | $\sigma_m = 140$ MPa | $\sigma_h = 160$ MPa |
| e) | $\sigma_m = 200$ MPa | $\sigma_h = 260$ MPa |

**Úkol:** Zjistěte, které cykly jsou podobné.

**Dáno:** Součást z oceli s mezí pevnosti  $R_m = 500$  MPa a mezí únavy v ohybu 200 MPa po krátké době provozu praskla. Amplituda střídavého napětí byla 82 MPa.

**Úkol:** Určete dynamickou bezpečnost a vyvoďte z výpočtu závěr, jestliže tvarový součinitel  $\alpha = 4$  (ostré přechody), součinitel vrubové citlivosti  $\eta = 0,5$ , součinitel stavu povrchu  $\varepsilon_p = 0,83$ , součinitel velikosti  $\varepsilon_m = 1$ .

Vrubový součinitel  $\beta$ :

Snížená mez únavy:

Dynamická bezpečnost:

### 37. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 3

**Dáno:** Hřídel o průměru  $d = 40$  mm je zeslaben drážkou pro pero. Je zatížen krouticím momentem  $M_k = 300 \cdot 10^3$  Nmm. Materiál hřídele je ocel 11 500.

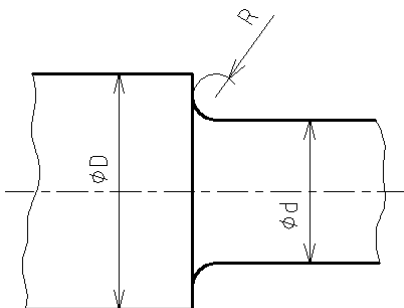
**Úkol:** Zjistěte skutečné maximální napětí v krutu. (Pozn.: Vztah pro výpočet napětí hřídele s drážkou je ve strojnických tabulkách).

Jmenovité napětí v krutu:

Vrubový součinitel pro krut (tabulky):

Maximální napětí v krutu:

**Dáno:** Broušený hřídel z oceli 11 423 je zatížen:



a) střídavým souměrným ohybem momentem o velikosti  $M_o = \pm 75,2 \cdot 10^4$  Nmm,

b) míjivým ohybem s  $M_{omax} = 75,2 \cdot 10^4$  Nmm,

c) střídavým nesouměrným ohybem, kdy velikosti momentů  $M_{omax} = 46,2 \cdot 10^4$  mm,  $M_{omin} = - 29,0 \cdot 10^4$  Nmm, střední napětí je stálé.

Průměry  $D = 82$  mm,  $d = 50$  mm, poloměr zaoblení  $R = 8$  mm.

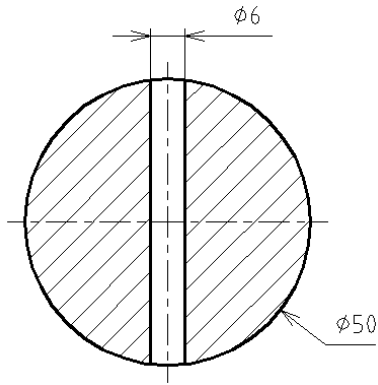
**Úkol:** Určete dynamickou bezpečnost ve všech třech případech a posuďte výsledky.

### 38. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 4

**Dáno:** Jemně broušený hřídel z oceli 11 373 má mazací otvor. Hřídelem se přenáší kmitavý krouticí moment, jehož stálá střední hodnota je  $M_{km} = 500 \text{ Nm}$  a amplituda  $M_{ka} = \pm 600 \text{ Nm}$ .

**Úkol:** Určete dynamickou bezpečnost. Průřezový modul vynásobte součinitelem  $A = 0,9$  (vliv příčného otvoru)<sup>1</sup>.



Průběh napětí a základní hodnoty:

Určení snížené meze únavy:

Haighův nebo Smithův diagram a určení mezního cyklu:

Dynamická bezpečnost:

---

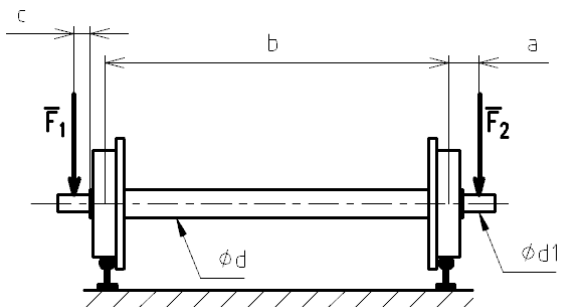
<sup>1</sup> Shigley, J. E., Mischke, CH. R., Budynas, R. G. *Konstruování strojních součástí*. 1. čes. vyd. Brno : VUTUUM, 2010.

### 39. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

#### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 5

**Dáno:** Dvojkolí železničního vozu se skládá z ocelového hřídele, na který jsou nalisovaná kola z lité oceli. Pevnost v tahu oceli hřídele je  $R_m = 500$  MPa, její mez únavy je  $\sigma_{oC} = 240$  MPa. Na každý z čepů působí síla o velikosti  $F_1 = F_2 = F = 63$  kN. Rozměry jsou  $b = 1500$  mm,  $a = 228$  mm,  $c = 100$  mm,  $d = 155$  mm,  $d_1 = 115$  mm. Přechod čepu na průměr hřídele (osazení) je zaoblený s poloměrem 15 mm.

**Úkol:** Zkontrolujte dynamickou bezpečnost v místě zaobleného přechodu,  $k_{dmin} = 2$ .



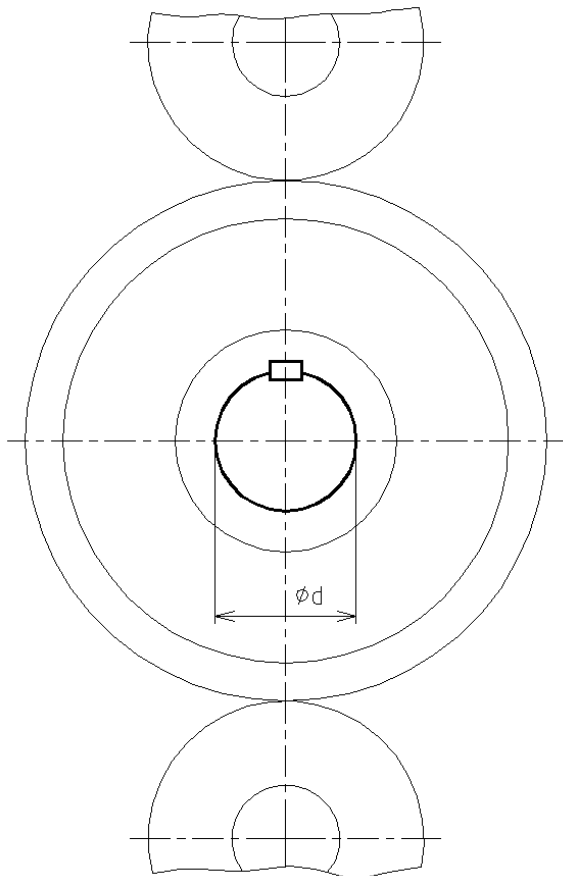


## 40. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### KMITAVÉ NAMÁHÁNÍ A ÚNAVA MATERIÁLU 6

**Dáno:** Hnací kolo třecího převodu je upevněno na broušený konec hřídele pomocí těsného pera. Kolem se přenáší maximální výkon  $P = 20$  kW při úhlové rychlosti  $\omega = 21$  s<sup>-1</sup>. Krouticí moment se mění míjivě. Materiál hřídele je ocel 11 500.

**Úkol:** Vypočítejte průměr konce hřídele vzhledem ke koncentraci napětí způsobené drážkou pro pero při dynamické bezpečnosti  $k_d = 1,2$ .



**Dáno:** Hlava válce kompresoru, který stlačuje vzduch na tlak  $p = 0,9$  MPa, je upevněna šrouby s metrickým závitem. Rozteč šroubů předpokládáme  $t = 150$  mm (těsnost). Průměr (vrtání) válce je  $D = 630$  mm, šrouby s pevností 500 MPa jsou na roztečné kružnici o průměru  $D_s = 730$  mm. Šrouby jsou utaheny silou 1,3x větší, než je síla připadající na jeden šroub při plném tlaku vzduchu. Požadovaná dynamická bezpečnost je  $k_d = 1,3$ , vrubový součinitel šroubů je  $\beta = 3$  (pro metrické šrouby volíme 2,5-3), součinitel stavu povrchu  $\varepsilon_p = 0,91$ .

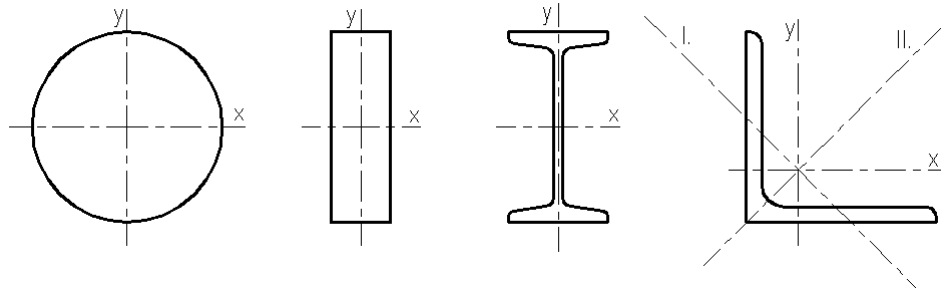
**Úkol:** Stanovte způsob namáhání šroubů a nakreslete časový průběh napětí a vypočítejte počet šroubů (zaokrouhlete na sudý počet) a velikost závitu.

## 41. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### VZPĚR 1

**Dáno:** Čtyři vzpěry s nakreslenými průřezy.

**Úkol:** Určete, kterým směrem dojde k vybočení, jestliže jsou konce ve směrech os  $x$ ,  $y$  stejně uloženy.



**Dáno:** Vzpěra průřezu I 80 má délku  $l = 4\,000$  mm a její oba konce jsou vetknuté.

**Úkol:** Vypočítejte štíhlost pro dokonalá vetknutí a pro případ, že se předpokládá mírné natočení osy vzpěry.

**Dáno:** Příčný prut z ocelové trubky o průměrech  $D = 40$  mm,  $d = 34$  mm má oba konce uložené kloubově a vzdálenost kloubů je  $l = 2$  m.

**Úkol:** Určete maximální provozní sílu, má-li být prut namáhán na vzpěr s požadovanou bezpečností  $k = 3$ .

## 42. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### VZPĚR 2

**Dáno:** Vzpěra mezikruhového průřezu má průměry  $D = 160$  mm a  $d = 50$  mm a štíhlost 47.

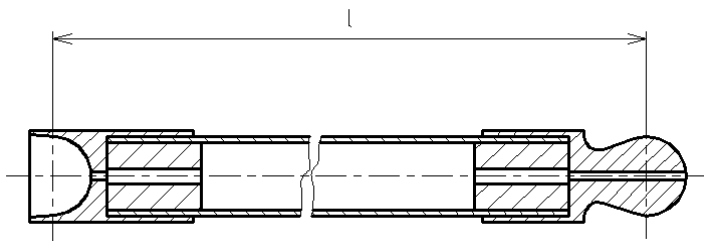
**Úkol:** Určete štíhlost vzpěry s plným kruhovým průřezem, jehož plocha je stejná jako plocha průřezu mezikruhového (za jinak stejných podmínek).

**Dáno:** Ocelová vzpěra kruhového průřezu je zatížena osovou tlakovou silou o velikosti  $F = 78$  kN. Oba konce jsou uloženy kloubově a jejich vzdálenost je  $l = 1\,350$  mm. Požadovaná míra bezpečnosti je  $k = 3,5$ .

**Úkol:** Určete průměr vzpěry. (*Pomůcka: předpokládejte pružný vzpěr a na konci výpočtu ověřte jeho platnost*).

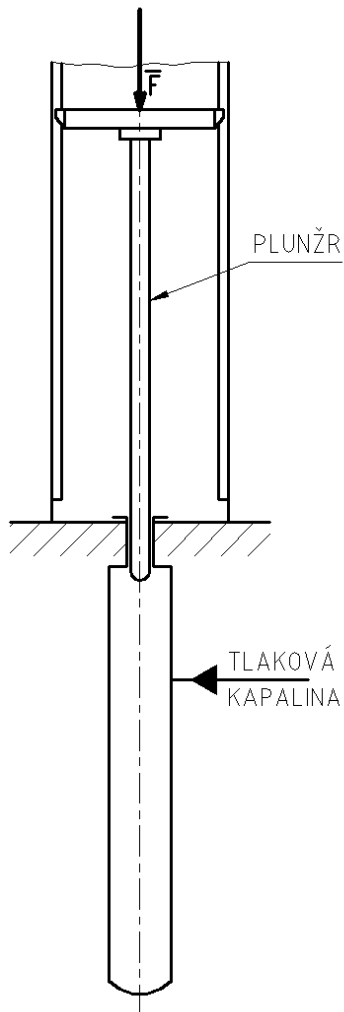
**Dáno:** Tyčka ventilového rozvodu OHV má mezikruhový průřez s průměry  $d_1 = 6$  mm,  $d_2 = 4,8$  mm. Přímá vzdálenost středů kulových čepů, jimiž se tyčka opírá o zdvihátko a vahadlo ventilu, je  $l = 288$  mm. Osová tlaková síla, nutná pro otevření ventilu, má velikost  $F = 275$  N. Tyčka je z oceli 11 500.

**Úkol:** Zkontrolujte tyčku při součiniteli bezpečnosti  $k = 4$  (délku tyčky ztotožněte se vzdáleností středů kloubů).



## 43. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### VZPĚR 3



**Dáno:** Hydraulický výtah s přímým pohonem je poháněn ocelovým plunžrem. Plunžr má mezikruhový průřez s průměry  $D = 90$  mm a  $d = 74$  mm. Plošina výtahu je vedena výtahovou šachtou. V ose plunžru působí tlaková síla o velikosti  $F = 8\,000$  N (tíha plošiny a tíha břemene). Výška zdvihu je  $l = 6$  m.

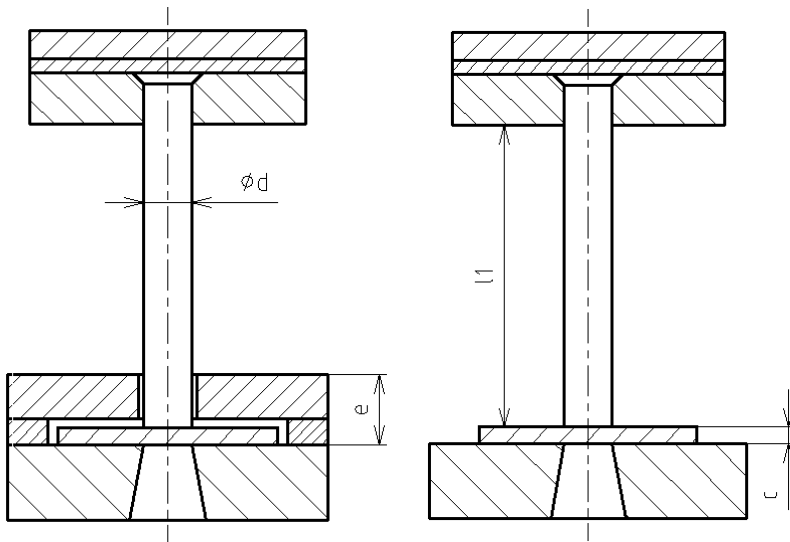
**Úkol:** Zkontrolujte rozměry plunžru, jestliže součinitel bezpečnosti má být  $k = 12$ .

## 44. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### VZPĚR 4

**Dáno:** Střížným nástrojem máme vystříhovat do plechu o tloušťce  $c = 1,5$  mm kruhové otvory o průměru  $d = 3$  mm. Plech je z hliníkové slitiny s mezí pevnosti ve smyku  $R_{ms} = 98$  MPa.

**Úkol:** Zkontrolujte střížník z hlediska tvarové stability v případech, že stříháme s vodící deskou a bez vodící desky. Volná délka střížníku  $l_1 = 60$  mm, tloušťka vodící desky je  $e = 11,5$  mm. Bezpečnost proti vybočení je  $k = 2 - 3$ .



**Dáno:** Vzpěra kruhového průřezu s průměrem  $d = 80$  mm má délku  $l = 2$  m a je zatížena osovou tlakovou silou  $F = 50$  kN. Její konce jsou uloženy v neposuvných kloubech.

**Úkol:** Určete, o jaký teplotní rozdíl můžeme vzpěru ohřát, aby součinitel bezpečnosti proti vybočení byl ještě  $k = 3$ . Vzpěra je z oceli, jejíž napětí na mezi úměrnosti je 220 MPa, součinitel tepelné roztažnosti  $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

## 45. PRACOVNÍ LIST – PRUŽNOST A PEVNOST

### VZPĚR 5

**Dáno:** Pístní tyč délky  $l = 1\,200$  mm má přenášet největší tlakovou sílu o velikosti  $F = 196,2$  kN. Tyč má být z oceli 11 500, součinitel bezpečnosti  $k = 8$ .

**Úkol:** Navrhněte průměr pístní tyče (II. způsob uložení). Předběžný návrh proveďte na prostý tlak se sníženým dovoleným napětím 60 MPa.

**Dáno:** Ocelová konstrukce otočného jeřábu je z oceli 10 373. Vzpěra je složena ze dvou U profilů uspořádaných tak, že kvadratické momenty k osám  $x$  a  $y$  jsou shodné ( $J_x = J_y$ ). Jeřáb nese břemeno o hmotnosti  $m = 7\,000$  kg.

**Úkol:** Navrhněte číslo U profilů a určete jejich vzdálenost.

