

Modelové zařízení pro zjišťování reakcí zatíženého nosníku

Radek Číž



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Radek Číž
Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Modelové zařízení pro zjišťování reakcí zatíženého nosníku

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Navrhněte modelové zařízení pro zjišťování reakcí nosníku.**
- 3. Zhotovte výrobní výkresovou dokumentaci.**
- 4. Navrhněte metodiku laboratorní úlohy pro měření na daném zařízení.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Rulík, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2006

Ve Zlíně dne 11. ledna 2006


prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vypracovat výrobní dokumentaci a podle ní vyrobit přípravek pro měření reakcí zatíženého nosníku.

Teoretická část práce se zabývá způsoby zatížení nosníku a výpočtem reakcí.

Praktická část zahrnuje návrhy jednotlivých konstrukčních alternativ uspořádání přípravku, sestavení úloh pro laboratorní cvičení, výsledky praktického měření a zhodnocení přípravku.

Klíčová slova: nosník, uložení nosníku, zatížení, síly, vazbové síly, reakce, dynamometr

ABSTRACT

The main goals of this bachelor thesis was to design, draw up production documentation and construct a device for determination of reactions of loaded girder.

The theoretical part of thesis deals with methods of loading the girder and reactions calculations.

The practical part includes drafts of individual design alternatives of the device, compilation of assignments for laboratory practice, results of practical measurement and valuation of device.

Keywords: girder, mounting of girder, load, force, attachment forces, reaction force, dynamometer

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Rulíkovi CSc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při řešení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Šálkovi za pomoc při výrobě přípravku.

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 ZÁKLADNÍ TEORIE	9
1.1 SÍLA	9
1.1.1 Zákon akce a reakce	9
1.1.2 Vnější síly	10
1.1.3 Typy vnějšího primárního zatížení	10
1.2 VNITŘNÍ STATICKÉ ÚČINKY	11
1.2.1 Metoda myšleného řezu.	12
1.2.2 Složky účinků silové a momentové výslednice.	13
1.3 ZÁKLADNÍ DRUHY NAMÁHÁNÍ	15
1.4 ULOŽENÍ NOSNÍKŮ A VNĚJŠÍ STATICKÁ URČITOST	16
1.4.1 Vázané těleso	16
1.4.2 Přehled vazeb a vazbových sil (reakcí) v rovině	17
1.4.3 Rovnováha vázaného tělesa, metoda uvolňování	21
1.4.4 Řešení vazbových sil u staticky určitých úloh	23
2 MĚŘENÍ SIL	29
2.1 DEFORMAČNÍ DYNAMOMETRY	29
2.1.1 Dynamometry mechanické:	30
2.1.2 Dynamometry elektrické	32
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	33
3 NÁVRH MĚŘÍČÍHO PŘÍPRAVKU.....	34
3.1 ZÁKLADNÍ ČÁSTI PŘÍPRAVKU.....	34
3.2 ULOŽENÍ NOSNÍKŮ	36
3.3 TYPY VNĚJŠÍHO PRIMÁRNÍHO ZATÍŽENÍ.....	37
4 METODIKA MĚŘENÍ.....	41
4.1 ÚLOHA Č.1.....	41
4.2 ÚLOHA Č.2.....	43
4.3 ÚLOHA Č.3.....	45
4.4 ÚLOHA Č.4.....	48
4.5 ÚLOHA Č.5.....	50
5 NAMĚŘENÉ HODNOTY	54
6 DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	55
ZÁVĚR.....	56
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

V praxi při navrhování a dimenzování součástí se poměrně často setkáváme s výpočtem reakcí v uložení a s určováním vnitřních statických účinků. Je proto nutné dobře ovládat metodu výpočtu. Pro získání lepší představy o problematice je vhodné si teoreticky získané znalosti ověřit v praxi např. na modelovém zařízení.

Cílem této bakalářské práce bylo proto navrhnout a vypracovat výrobní dokumentaci a podle ní vyrobit modelové zařízení pro zjišťování reakcí zatíženého nosníku, které by sloužilo jako pomůcka v laboratorním cvičení studentům pro ověřování teoretických výpočtů. Toto modelové zařízení by mělo umožňovat sestavit běžné případy uložení a zatížení nosníků a měřit dané reakce.

Studijní a teoretická část je zaměřena na základní pojmy z mechaniky. V této části je obsažen princip uvolňování těles a metoda výpočtu reakcí a vnitřních statických účinků u staticky určitého uložení nosníku. Dále tato část obsahuje přehled jednoduchých metod měření sil pomocí deformačních dynamometrů.

V praktické části jsou podrobně popsány jednotlivé části navrženého přípravku a také zobrazení různých typů uložení a zatížení nosníku. Dále tato část obsahuje návrhy jednotlivých úloh měření na přípravku a ověření funkčnosti vyrobeného přípravku. Pro jednotlivé úlohy je zpracována metodika měření. Prakticky naměřené hodnoty, přehledně zpracované v tabulkové formě, jsou v závěru vyhodnoceny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

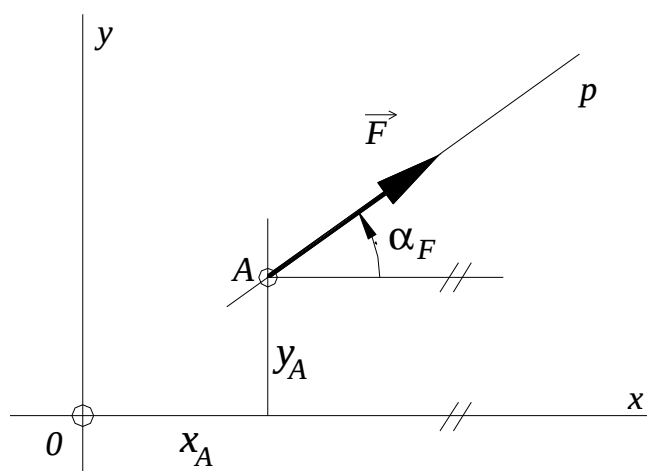
1 ZÁKLADNÍ TEORIE

1.1 Síla

Síla je veličina vektorová. Je určena působištěm, směrem, smyslem a velikostí. Působiště síly je bod, ve kterém se přenáší účinek síly na těleso. Směr síly je dán přímkou p , tzv. nositelka síly, a smysl síly určuje její orientaci na této nositelce. Tento smysl síly je vyznačen šipkou. Velikost síly určuje intenzitu jejího působení.

Graficky lze sílu jako vektor znázornit orientovanou úsečkou AB , kdy bod A je počáteční bod vektoru síly (působiště) a bod B je koncový bod. Šipka směřuje do koncového bodu B . Počátek A považujeme za působiště. [1]

Sílu označujeme jako vektor $\vec{F}$ a velikost síly F (bez šipky), (Obr. 1).



Obr. 1 Označování síly

1.1.1 Zákon akce a reakce

Zákon akce a reakce je nazýván také principem vzájemného působení těles a je vyjádřen třetím Newtonovým zákonem. Podle něj síly, kterými působí na sebe navzájem dvě spolu se stýkající tělesa, jsou stejně velké opačného smyslu a leží na stejné nositelce. Tyto síly spolu tvoří vzájemně sdružené reakce.

Působí-li těleso 1 na těleso 2 silou $\vec{F}_{1,2}$, vyvolá stejně velkou reakci tělesa 2 na těleso 1, tj. sílu $\vec{F}_{2,1}$ kterou působí těleso 2 na těleso 1 v opačném smyslu. Síla $\vec{F}_{1,2}$ působí s ostatními silami na těleso 2, kdežto síla $\vec{F}_{2,1}$ patří mezi síly působící na těleso 1.

I když jsou tyto síly stejně velké, stejného směru, na stejné nositelce a opačného smyslu, netvoří takový nulový vektor, který by bylo možno odebrat, protože každá síla působí na jiné těleso. [1]

Pro síly v místě styku platí:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{2,1} &= \vec{0} \\ |\vec{F}_{2,1}| &= |\vec{F}_{1,2}| \end{aligned} \quad (1)$$

1.1.2 Vnější síly

Vnější zatěžující síly jsou síly hmotové a síly působící na povrchu tělesa. Síly hmotové jsou např. síly setrvačné, magnetické a jiné, které působí na příslušný objem částic tělesa a jsou úměrné velikosti hmotnosti.

Mezi povrchové síly, které působí v různých místech na povrchu tělesa počítáme primární síly a momenty, tj. síly akční a síly a momenty sekundární ve vazbách tělesa k tělesům, tj. síly reakční.

Síly mohou působit osaměle nebo spojitě na určité délce nebo ploše tělesa. Přitom může být působení vnějších sil v čase neproměnné nebo také funkcí času. V této souvislosti hovoříme o statickém nebo dynamickém zatížení. [2]

1.1.3 Typy vnějšího primárního zatížení

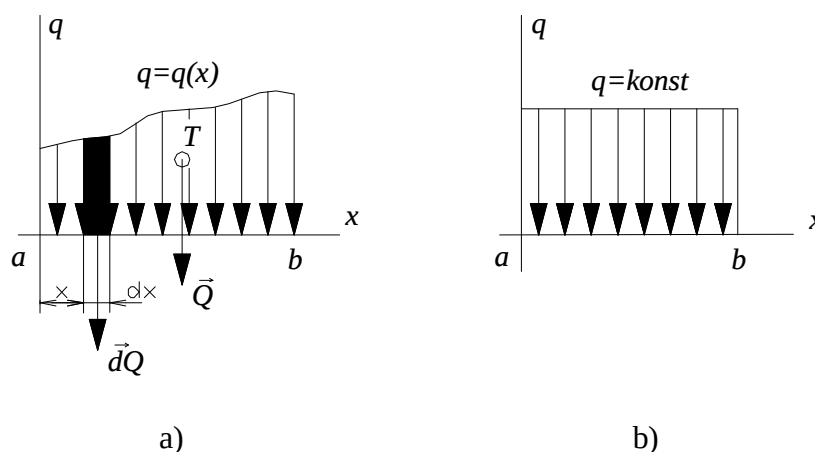
Osamělá síla je zatížení na povrchu tělesa soustředěné do bodu. Ve skutečnosti působí povrchové síly na určité ploše nebo délce. Je-li plocha velmi malá, lze toto zatížení považovat za bodové.

Osamělý moment je zatížení silovou dvojicí v jednom místě.

Spojité zatížení je zatížení rozložené na určité délce (ploše) povrchu tělesa. Průběh tohoto zatížení je dán funkcí $q = q(x)$ (Obr. 2a). Spojité zatížení $q(x)$ je tzv. měrné zatížení jednotky délky a je vyjádřeno vztahem

$$q(x) = \frac{dQ}{dx} \quad \left(\frac{N}{m} \right) \quad (2)$$

Je-li $q(x) = konst.$, jde o spojité rovnoměrné zatížení (Obr. 2b)



Obr. 2 Spojité zatížení

Elementární zatížení dQ na délce dx je $dQ = q(x) dx$. Zavádíme-li někdy náhradní celkové břemeno Q , je dáno vztahem

$$Q = \int_{(l)} dQ = \int_a^b q(x) dx \quad (3)$$

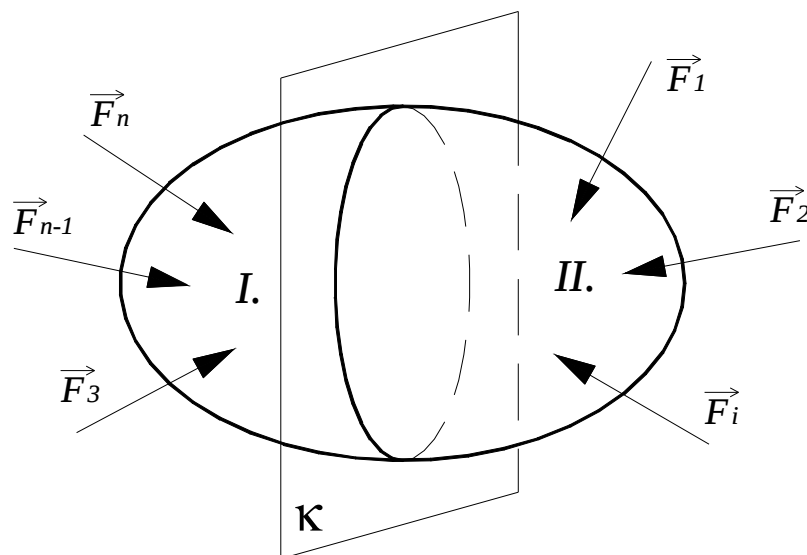
Geometricky je Q určeno velikostí plochy zatěžovacího obrazce, neboť součin $q(x)dx$ zde představuje plošku elementárního obdélníka. Náhradní celkové zatížení $\bar{Q}$ uvažujeme v těžišti T plochy zatěžovacího obrazce. [1]

1.2 Vnitřní statické účinky

Části konstrukcí se při působení vnějších sil deformují, tj. mění působením vnějších sil své rozměry a tvar. Pro vyšetřování vnitřních statických účinků silového působení používáme „metodu myšleného řezu“, pomocí níž stanovíme tzv. *vnitřní síly a momenty*. Ze zjištěných vnitřních sil a momentů pak určíme napětí a deformace.

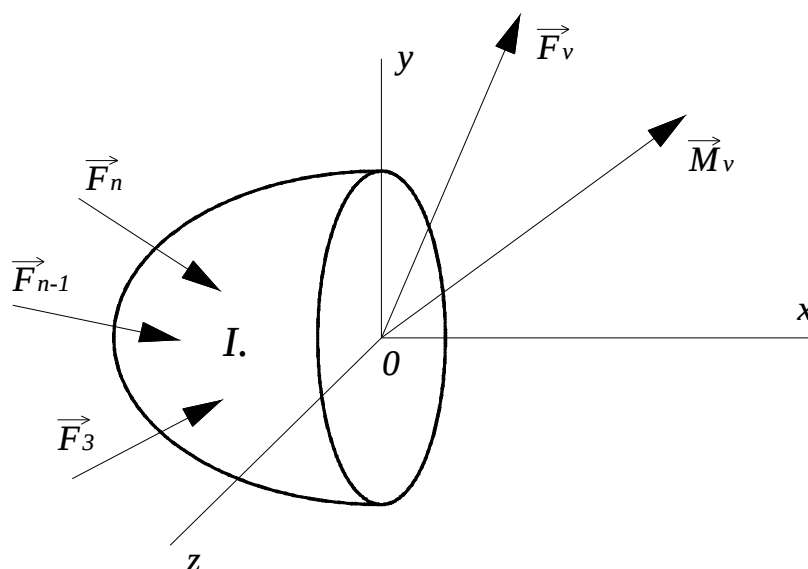
1.2.1 Metoda myšleného řezu.

Uvažujme, že na těleso působí obecně v prostoru akční a reakční síly, které spolu tvoří rovnovážnou soustavu sil. Vedeme-li ve vyšetřovaném místě myšlený řez rovinou k , rozdělíme těleso na dvě části I. a II. (Obr. 3)



Obr. 3 Řez tělesem

Jednu část, např. I, „uvolníme“ a druhou část II. myšlené „odstraníme“. Účinek „odstraněné“ části II. tělesa nahradíme v místě řezu silovou výslednicí $\vec{F}_v$ a momentovou výslednicí $\vec{M}_v$ všech sil působících na „odstraněné“ části II. tělesa. Na „uvolněné“ části jsou v rovnováze zbývající síly vnější s těmito výslednicemi. (Obr. 4)



Obr. 4 Metoda řezu

Silovou výslednici $\vec{F}_v$ nazýváme vektorem vnitřní síly a momentovou výslednici $\vec{M}_v$ nazýváme vektorem vnitřního momentu. Místo vektorů vnitřní síly a vnitřního momentu lze uvažovat dvě mimoběžné vnitřní síly $\vec{F}_{v1}$ a $\vec{F}_{v2}$ (vektorový kříž).

Vnitřní silová výslednice $\vec{F}_v$ je dána vektorovým součtem všech zbývajících vektorů vnějších sil akčních a reakčních na „odstraněné“ části. Vnitřní momentová výslednice $\vec{M}_v$ je dána vektorovým součtem všech zbývajících vektorů momentů sil akčních a reakčních na odstraněné části k bodu O . Bod O je zpravidla totožný s těžištěm T průřezu. [2]

1.2.2 Složky účinků silové a momentové výslednice.

Počátek O souřadnicového systému zvolme v těžišti T plochy myšleného řezu a osu x vedme kolmo k průřezu. Proložíme-li rovinu osou x a nositelkou vektoru síly $\vec{F}_v$, tak tato rovina protíná rovinu průřezu v průsečnici t (Obr. 5). Vnitřní silová výslednice má podle zákona rovnoběžníka vektorů dvě složky a to složku $\vec{N}$ na ose x a složku $\vec{T}$ na přímce t v rovině průřezu. Platí:

$$\vec{F}_v = \vec{N} + \vec{T} \quad (4)$$

Složka $\vec{N}$ působí kolmo k průřezu a podle svého smyslu vyjadřuje tahový resp. tlakový účinek „odstraněné“ části na část „uvolněnou“. Složka $\vec{T}$ leží v ploše průřezu a vyjadřuje smykový účinek. Síla $\vec{N}$ se nazývá normálová síla, síla $\vec{T}$ příčná síla.

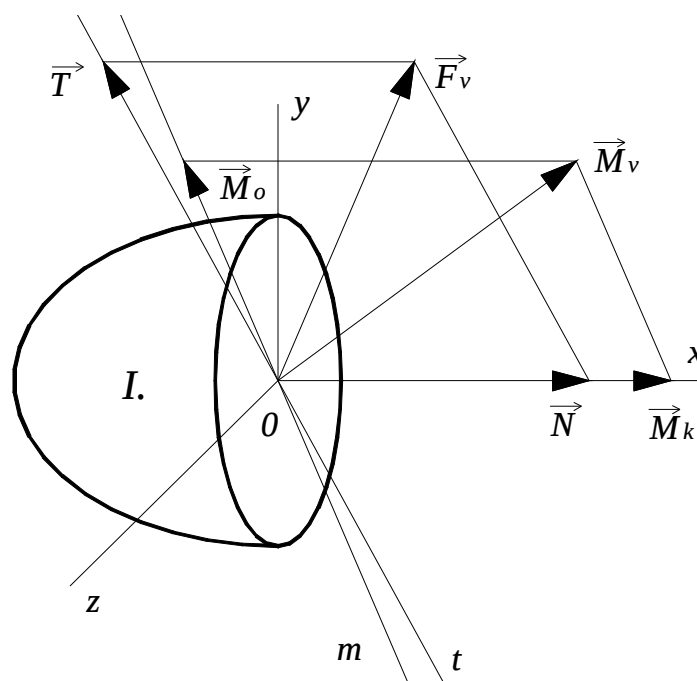
Proložíme-li rovinu osou x a nositelkou vektoru $\vec{M}_v$, která protíná rovinu řezu v průsečnici m , můžeme rozložit vektor $\vec{M}_v$ na složky ve směru osy x a přímky m . Obdržíme vektory $\vec{M}_k$ a $\vec{M}_o$ pro které platí:

$$\vec{M}_v = \vec{M}_k + \vec{M}_o \quad (5)$$

Složka $\vec{M}_k$ vektoru momentové výslednice vystihuje otáčivý účinek kolem osy x a nazývá se kroutící moment.

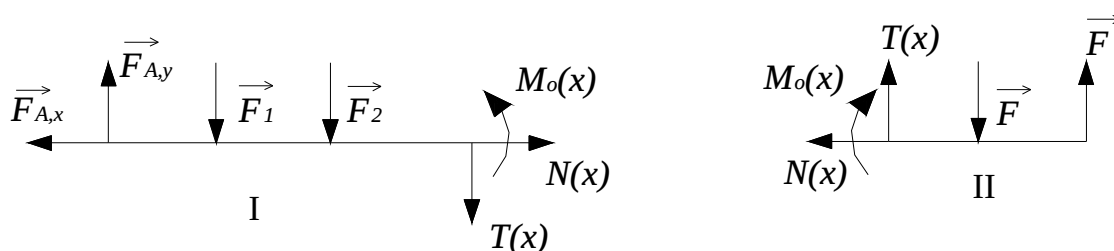
Složka $\vec{M}_o$ vektoru momentové výslednice vystihuje ohybový účinek v daném průřezu a nazývá se ohybový moment.

Na obrázku (Obr. 5) jsou zakresleny rovnoběžníky příslušných vektorů normálové síly $\vec{N}$, příčné síly $\vec{T}$, ohybového momentu $\vec{M}_o$ a kroutícího momentu $\vec{M}_k$. [2]



Obr. 5 Složky účinků silové a momentové výslednice

Znaménkové pravidlo slouží pro určení smyslu složek vnitřních sil, v souladu s obrázkem (Obr. 6) platí:



Obr. 6 Znaménkové pravidlo

Kladný smysl síly $\vec{N}(x)$ je shodný se smyslem vnější normály příčného řezu uvolněné části tělesa.

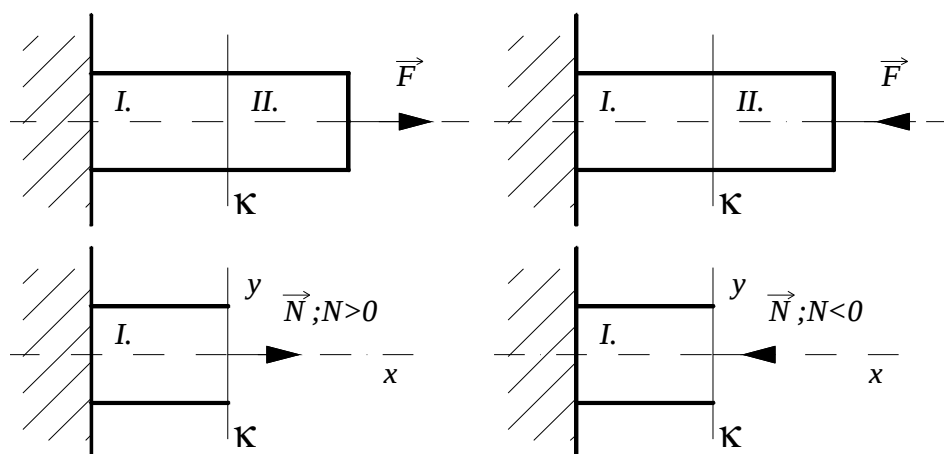
Kladný smysl síly $\vec{T}(x)$ je shodný se smyslem otočené kladné síly $\vec{N}(x)$ ve směru pohybu hodinových ručiček o 90° .

Kladný ohybový moment $\vec{M}_o(x)$ takový, který působí na levou část tělesa proti smyslu pohybu hodinových ručiček a na pravou část ve směru pohybu hodinových ručiček. [2]

1.3 Základní druhy namáhání

Z předchozího rozboru jednotlivých silových účinků „odstraněné“ části tělesa na část „uvolněnou“ vyplývá, že celkový účinek lze nahradit dvěma silami $\vec{N}$ a $\vec{T}$ a dvěma momenty $\vec{M}_o$ a $\vec{M}_k$. Jestliže budou z těchto čtyř složek tři složky nulové nebo zanedbatelné, zůstane jen jeden účinek. Hovoříme o tzv. prostém nebo základním namáhání v průřezu. [2]

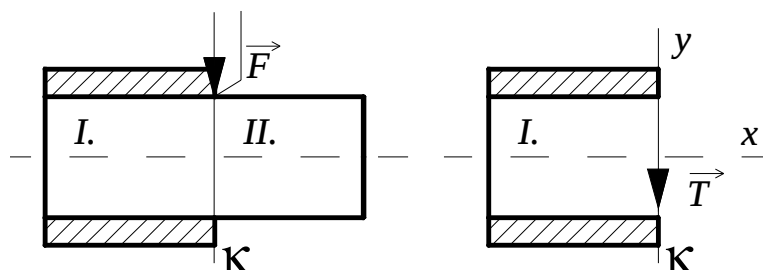
1. Prostý tah (tlak) vznikne tehdy, když $\vec{M}_o = \vec{0}$, $\vec{M}_k = \vec{0}$, $\vec{T} = \vec{0}$ ale $\vec{N} \neq \vec{0}$. Síla $\vec{N}$ se nazývá normálová síla ve směru osy x a její smysl určuje tah nebo tlak. Směřuje-li šipka normálové síly ven z průřezu, jde o tah a $N > 0$. Je-li $N < 0$, jde o tlak (Obr. 7).



Obr. 7 Prostý tah a tlak

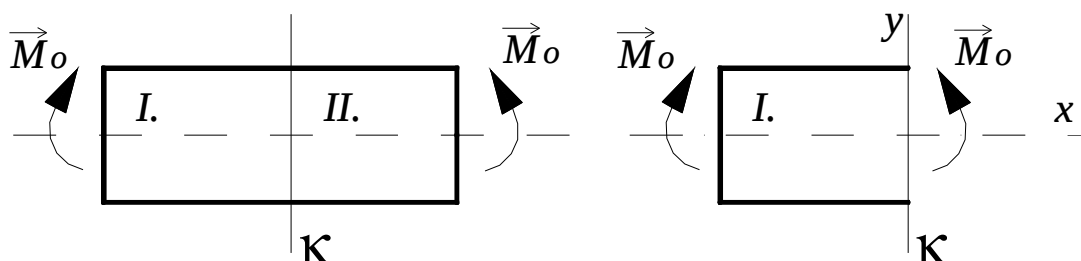
2. Prostý smyk vznikne tehdy, když $\vec{M}_o = \vec{0}$, $\vec{M}_k = \vec{0}$, $\vec{N} = \vec{0}$ ale $\vec{T} \neq \vec{0}$.

Ve vyšetřovaném průřezu působí jen síla $\vec{T}$. Tato síla se nazývá příčná nebo také posouvající síla (Obr. 8).



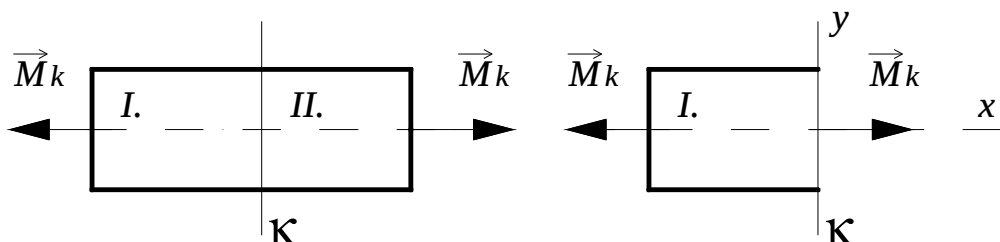
Obr. 8 Prostý smyk

3. Prostý ohyb vznikne tehdy, když $\vec{N} = \vec{0}$, $\vec{M}_k = \vec{0}$, $\vec{T} = \vec{0}$ a v průřezu působí jen moment $\vec{M}_o \neq \vec{0}$. Moment $\vec{M}_o$ nazýváme ohybový moment (Obr. 9).



Obr. 9 Prostý ohyb

4. Prostý krut vznikne tehdy, když $\vec{N} = \vec{0}$, $\vec{T} = \vec{0}$, $\vec{M}_o = \vec{0}$ a $\vec{M}_k \neq \vec{0}$. Ve vyšetřovaném průřezu působí jen moment $\vec{M}_k$. Tento moment se nazývá kroutící moment. Vektor momentu $\vec{M}_k$ má svou nositelku totožnou s osou x (Obr. 10).



Obr. 10 Prostý krut

1.4 Uložení nosníků a vnější statická určitost

1.4.1 Vázané těleso

Vázané těleso (obecně útvar) je takové těleso, které se stýká s jinými tělesy, jimiž je jeho pohyb omezen. Realizace vzájemného uložení dvou těles v rovině může být prostřednictvím kinematických dvojic různá.

Základní uložení v rovině jsou rotační, posuvné, valivé, obecné a pevné (vetknutí). Podle druhu vzájemného uložení je odebrán tělesu určitý počet stupňů volnosti. Každému zabráněnému pohybu odpovídá silový nebo momentový účinek a celkový počet vazeb určuje počet neznámých parametrů v dané úloze.

Počet stupňů volnosti útvaru udává počet nezávislých souřadnic určujících jeho polohu nebo také počet na sobě nezávislých možných pohybů, které může útvar konat.

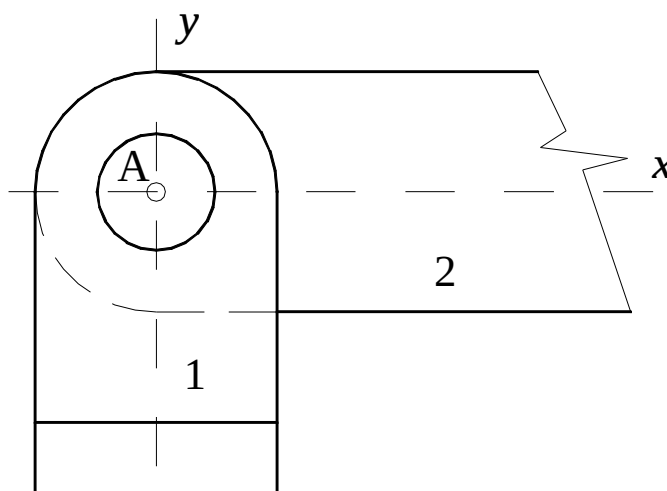
Jak je známo z kinematiky, má volné těleso v rovině 3 stupně volnosti. Jeho polohu určují 3 nezávislé souřadnice x_A , y_A , j_{BA} .

Z hlediska pohybu může volné těleso v rovině konat 3 nezávislé pohyby - dva posuvy a jednu rotaci. Počet stupňů volnosti označujeme písmenem i a počet vazeb písmenem m . [1]

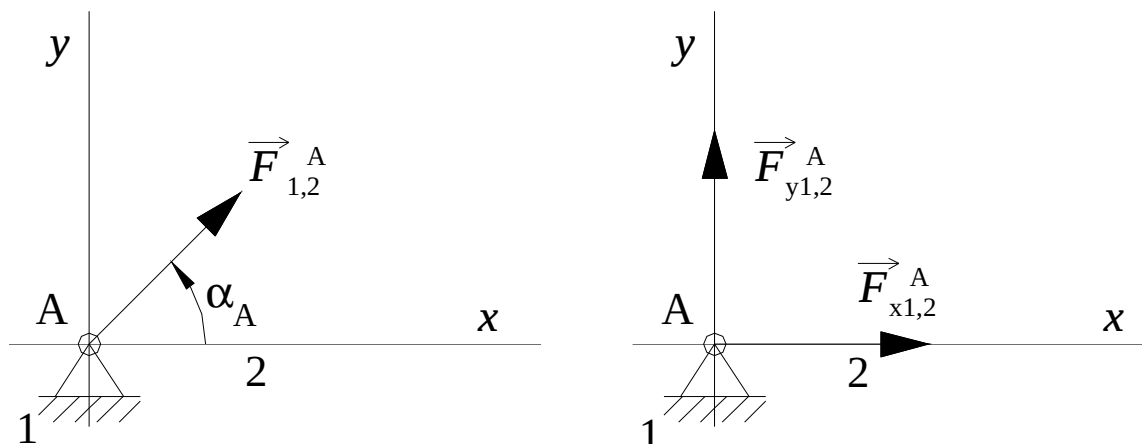
1.4.2 Přehled vazeb a vazbových sil (reakcí) v rovině

Uložení rotační – otočné – (kloub)

je realizováno prostřednictvím radiálního čepu v pánvi (Obr. 11), schématicky se zakresluje podle obrázku (Obr. 12).



Obr. 11 Otočné uložení

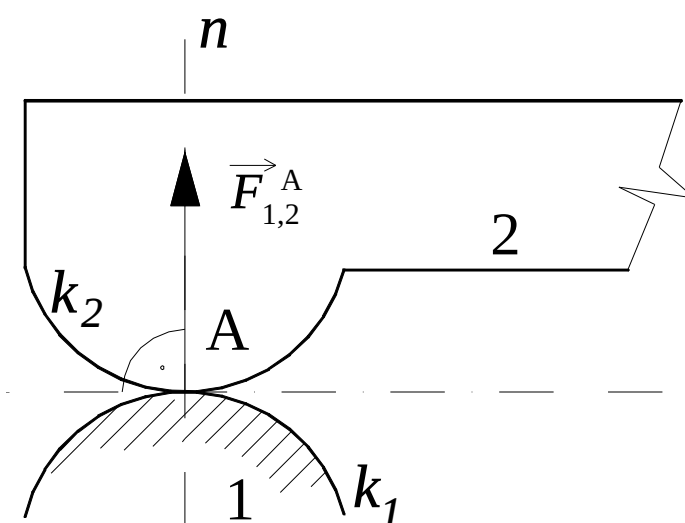


Obr. 12 Schéma otočného uložení

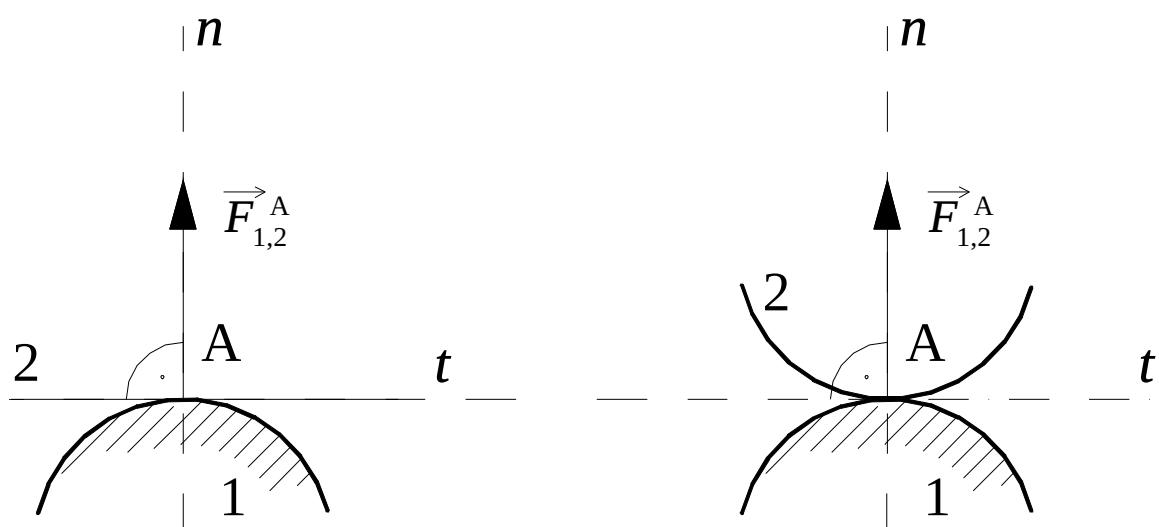
Toto uložení tělesa 2 na tělese 1 (na tzv. rámu) umožňuje vzájemnou rotaci kolem bodu A, ale zabraňuje dvěma vzájemným posuvům uvažovaných bodem A ve směru os x a y . Uložení tedy představuje dvě vazby ($m = 2$), a proto v bodě A působí dvě neznámé složky reakce $\vec{F}_{x1,2}^A$ a $\vec{F}_{y1,2}^A$ nebo neznámá celková reakce $\vec{F}_{1,2}^A$ pod neznámým úhlem α_A . Tyto parametry představují při uvolnění tělesa dvě neznámé. Indexem 1,2 vyjadřujeme účinek tělesa 1 na těleso 2. Rotační uložení odebírá tělesu dva stupně volnosti.

Uložení obecné (křivková podpěra)

je realizováno dotykem křivek povrchů těles 2 a 1 v bodě A (Obr. 13), schématicky se znázorňuje podle obrázku (Obr. 14).



Obr. 13 Obecné uložení



Obr. 14 Schéma obecného uložení

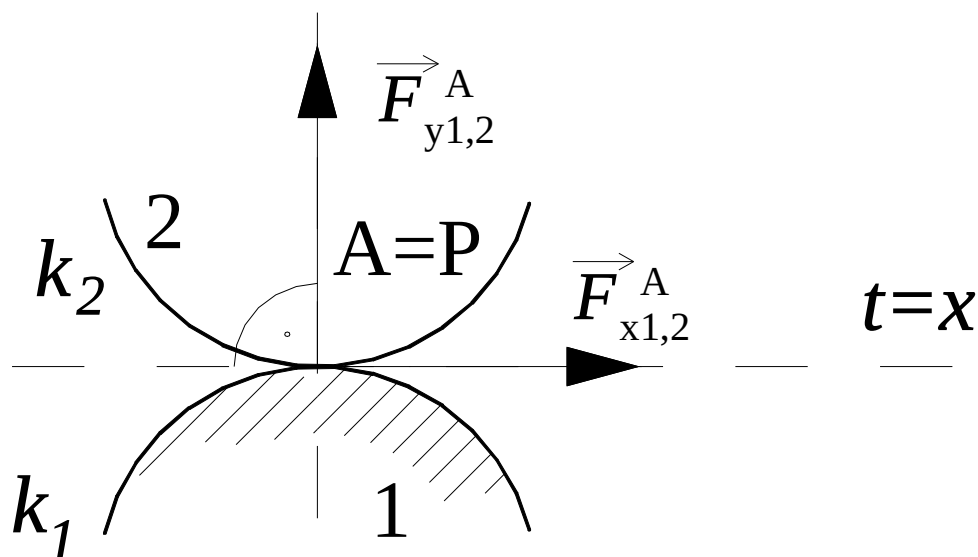
Toto uložení zabraňuje vzájemnému posuvu těles ve směru normály n ke křivkám v dotykovém bodě A a představuje tedy jednu vazbu ($m = 1$), ale nebrání možnému posuvu ve směru tečny t ani možné rotaci kolem dotykového bodu A. Jedné vazbě odpovídá jedna neznámá reakce $\vec{F}_{1,2}^A$ ve směru n .

Uložení vyžaduje silový styk, kdy přenášená síla musí působit ve smyslu do tělesa 2 jako síla s tlakovým účinkem. V opačném případě přestává být uložení funkční.

Uložení valivé

je realizováno také dotykem křivek povrchů těles 1 a 2 s tím, že tyto křivky se vzájemně nemohou posunout ve směru společné tečny v dotykovém bodě A.

Uložení umožňuje pouze rotaci kolem bodu A, který je pólem pohybu P (Obr. 15).



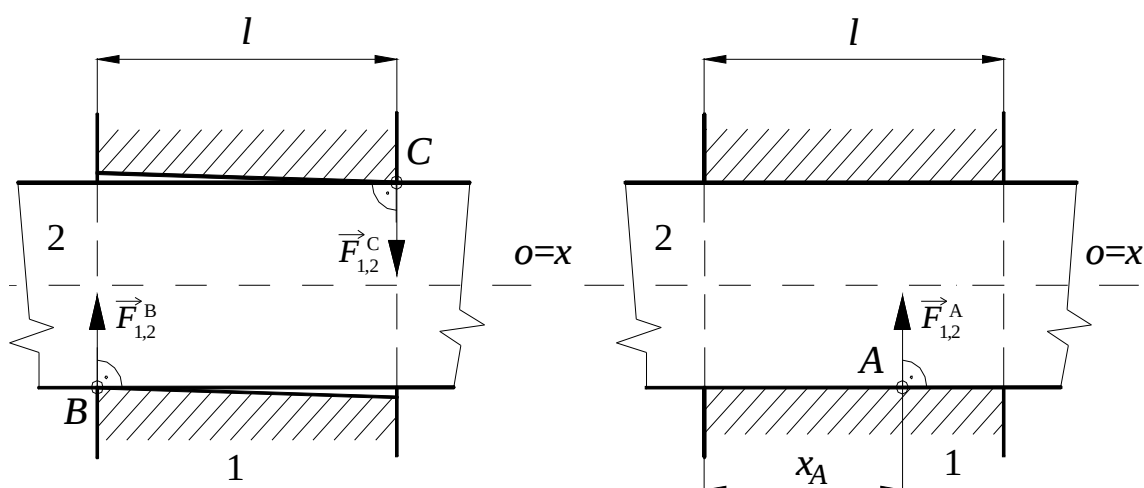
Obr. 15 Schéma valivého uložení

Toto uložení zabraňuje dvěma posuvům ve směru normály n a tečny t v dotykovém bodě A. Zabráněným pohybům odpovídají dvě složky reakce, tj. síly $\vec{F}_{x1,2}^A$ a $\vec{F}_{y1,2}^A$ nebo celková reakce $\vec{F}_{1,2}^A$ pod úhlem α_A . Počet vazeb $m = 2$ u tohoto uložení představuje 2 neznámé parametry. Valivé uložení odebírá tělesu dva stupně volnosti.

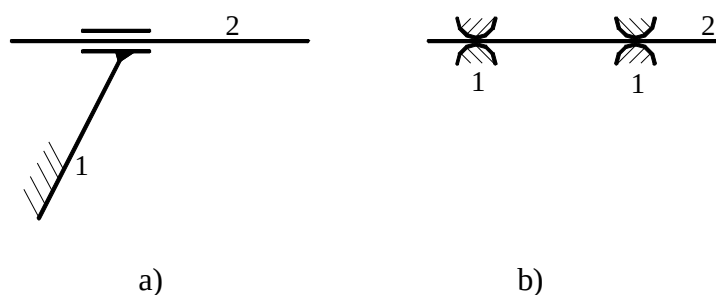
Uložení posuvné

je realizováno delším vedením tělesa 2 vzhledem k tělesu 1 (

Obr. 16), takže se může jen posouvat ve směru podélné osy $o = x$.



Obr. 16 Posuvné uložení



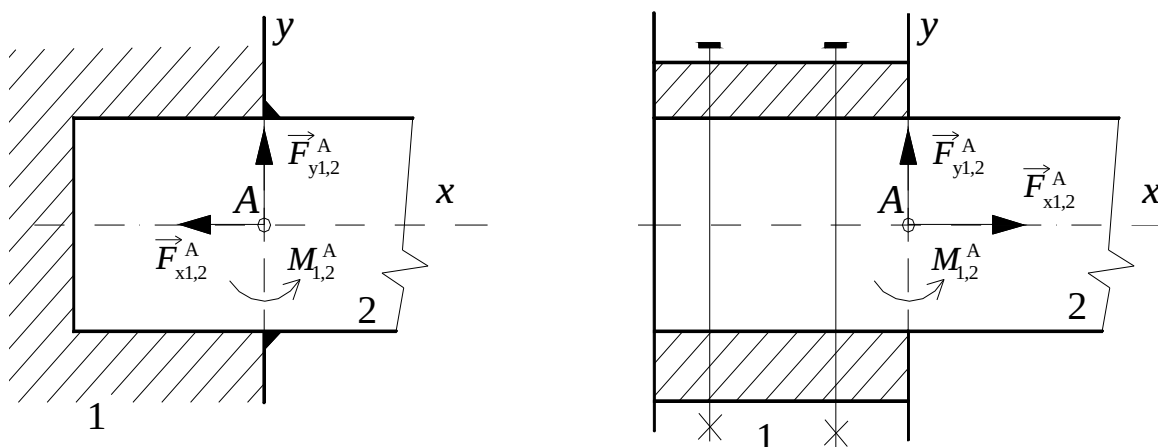
Obr. 17 Schéma posuvného uložení

Tímto uložení je zabráněno dvěma pohybům a to posuvu ve směru kolmém k ose x také rotaci kolem některého bodu. Zabráněným pohybům odpovídají dvě reakce $\vec{F}_{1,2}^C$ a $\vec{F}_{1,2}^B$ kolmé k ose x ve zvolených bodech C a B nebo jedna výsledná reakce $\vec{F}_{1,2}^A \perp o$ ve vzdálenosti x_A . Počet vazeb $m = 2$ u tohoto uložení představuje 2 neznámé parametry.

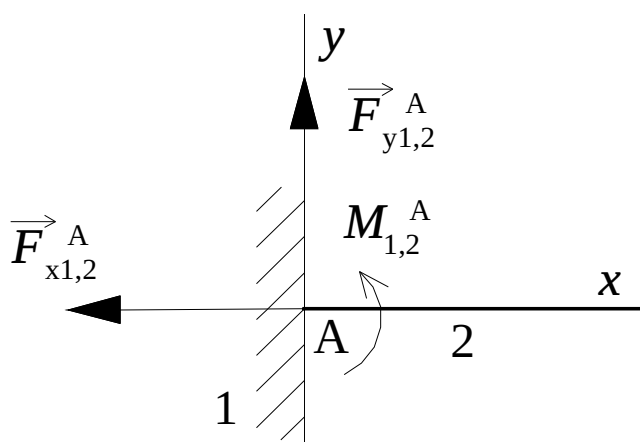
Posuvné uložení odebrává tělesu dva stupně volnosti a lze jej též nahradit dvěma obecnými kinematickými dvojicemi (Obr. 17b).

Pevné - nepohyblivé - uložení

je realizováno např. svařením, nalisováním nebo tuhým sešroubováním obou těles v daném místě. Toto uložení nazýváme také vetknutím (Obr. 18). Schématicky jej zakreslujeme podle obrázku (Obr. 19).



Obr. 18 Pevné uložení



Obr. 19 Schéma pevného uložení

Pevné uložení (vetknutí) zabránuje všem vzájemným pohybům tělesa v rovině, tj. rotaci kolem bodu A a dvěma posuvům ve směrech x a y . Počet vazeb $m = 3$ představuje tři neznámé parametry v dané úloze. Zabráněným pohybům odpovídají tři reakční účinky a to podporový moment $\vec{M}_{1,2}^A$ a dvě složky reakce $\vec{F}_{x1,2}^A$ a $\vec{F}_{y1,2}^A$. Pevné uložení odebrává tělesu tři stupně volnosti.

1.4.3 Rovnováha vázaného tělesa, metoda uvolňování

Těleso je vystaveno působení vnějších sil akčních, kterými mohou být osamělé síly, spojitě zatížení a momenty silových dvojic. Akční síly se nazývají také síly prvotní - primární.

V místech, kde se stýká těleso s okolními tělesy, působí síly reakční. Tyto síly jsou silami ve vazbách a nazývají se druhotné - sekundární síly a jsou vyvolány silami akčními. K řešení sil ve vazbách používáme metodu uvolňování.

Pod pojmem uvolnění tělesa rozumíme jeho myšlené vynětí ze soustavy okolních těles, jeho osamostatnění a nahrazení účinku okolních těles vazbovými silami - reakcemi v místech uložení.

Těleso je pod současným účinkem sil akčních a reakčních v rovnováze a platí pro něj podle typu silové soustavy příslušné podmínky rovnováhy sil.

Po uvolnění tělesa a zavedení reakcí obdržíme v dané úloze určitý počet neznámých parametrů. [1]

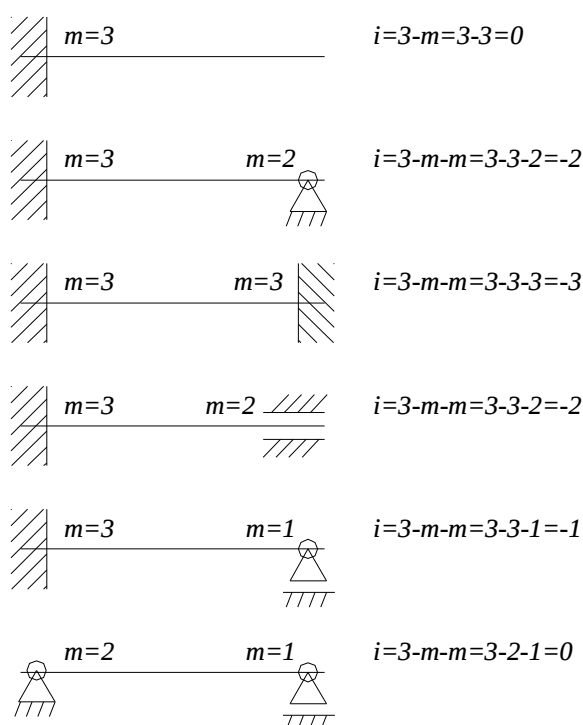
Těleso, které má stupeň volnosti $i \leq 0$ může plnit funkci nosného prvku. V případě, že je nosník - tj. těleso 2 - uložen na rámu 1 pomocí několika podpěr a celkový počet stupňů volnosti $i = 0$, je nosník staticky určitý tehdy, nemůže-li soustava konat ani virtuální pohyb (podmínka tvarové určitosti).

Je-li $i = 0$ jde o soustavu staticky určitou,

Je-li $i < 0$ jde o soustavu staticky neurčitou,

Je-li $i > 0$ jde o soustavu staticky přeuročenu.

Příklady staticky určitých a neurčitých nosníků jsou na obrázku (Obr. 20). Záporné číslo udávající počet stupňů volnosti určuje stupeň statické neurčitosti. [1]

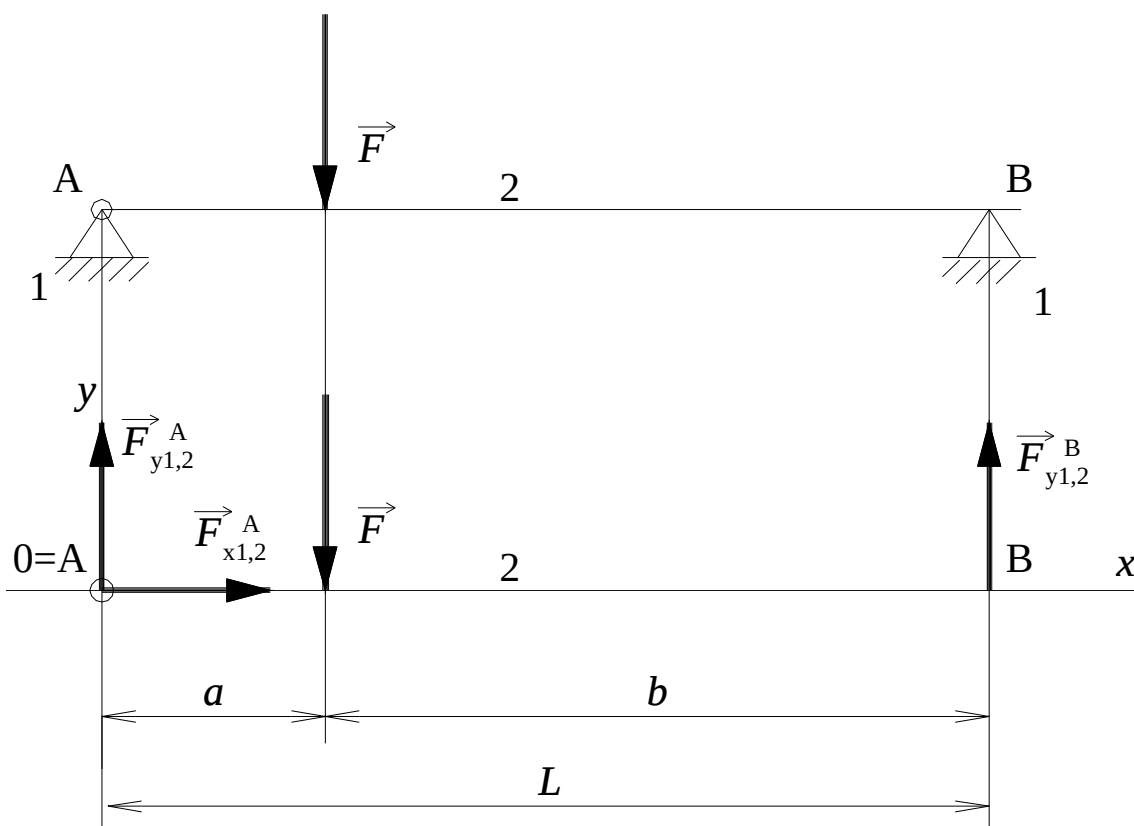


Obr. 20 Příklady staticky určitých a neurčitých nosníků.

1.4.4 Řešení vazbových sil u staticky určitých úloh

Příklad 1

Nosník (2) uložený na rámu (1) je zatížen osamělou silou F . V místě A je rotační uložení a v místě B obecné (Obr. 21). V místech uložení A a B vzniknou vazbové síly - reakce. V těchto místech myšleně odstraníme rám a jeho účinek nahradíme reakcemi $\vec{F}_{x1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^A, \vec{F}_{1,2}^B$. Reakce tvoří 3 neznámé parametry.



Obr. 21 Příklad 1

Akční zatěžující síla a síly reakční (vazbové) tvoří silovou soustavu o různých působíštích v rovině a musí splňovat 3 složkové podmínky rovnováhy. Úloha je staticky určitá, neboť obsahuje 3 neznámé parametry a jsou pro jejich vyřešení k dispozici 3 lineárně nezávislé rovnice rovnováhy. ($m = 3^\circ, i = 0^\circ$)

Souřadnicový systém $0, x, y$ volíme tak, aby byl počátek 0 v průsečíku nositelek dvou neznámých složek reakcí, tj. $0 = A$. V takovém případě obsahuje složková rovnice rovnováhy momentů pouze jednu neznámou a tím se řešení zjednoduší.

Z podmínky rovnováhy vyplývají složkové rovnice:

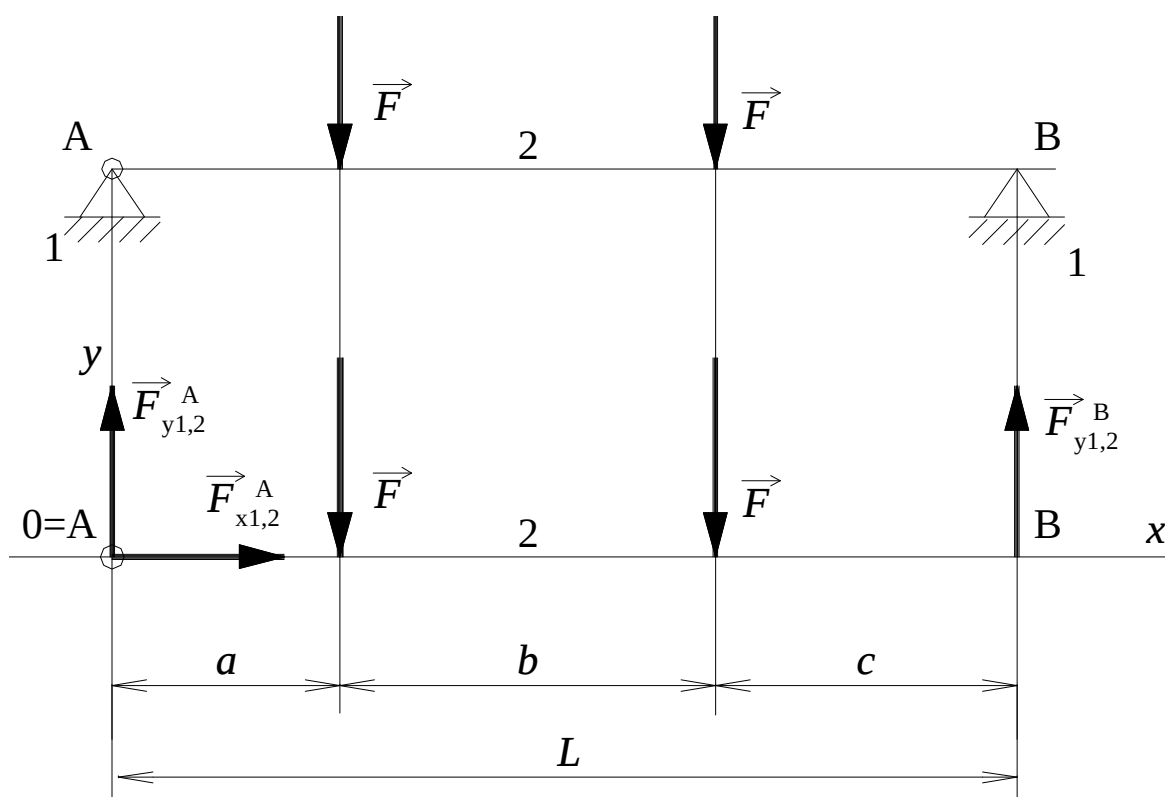
$$\begin{aligned}\sum_1^n F_{ix} &= 0 \dots F_{x1,2}^A = 0 \\ \sum_1^n F_{iy} &= 0 \dots F_{y1,2}^A - F + F_{y1,2}^B = 0 \\ \sum_1^n M_{iA} &= 0 \dots F_{y1,2}^B L - Fa = 0\end{aligned}\quad (6)$$

Řešením soustavy rovnic získáme neznámé parametry:

$$\begin{aligned}F_{x1,2}^A &= 0 \\ F_{y1,2}^A &= F - F_{y1,2}^B = F - \frac{Fa}{L} = \frac{Fb}{L} \\ F_{y1,2}^B &= \frac{Fa}{L}\end{aligned}\quad (7)$$

Příklad 2

Těleso (2) je zatíženo dvěma osamělými silami F shodné velikosti a je uloženo na rámu (1) (Obr. 22). V místě A je rotační uložení a v místě B obecné. Jde o staticky určitou úlohu ($m = 3^\circ$, $i = 0^\circ$). Reakce tvoří opět 3 neznámé parametry $\vec{F}_{x1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^B$.



Obr. 22 Příklad 2

Z podmínky rovnováhy vyplývají složkové rovnice:

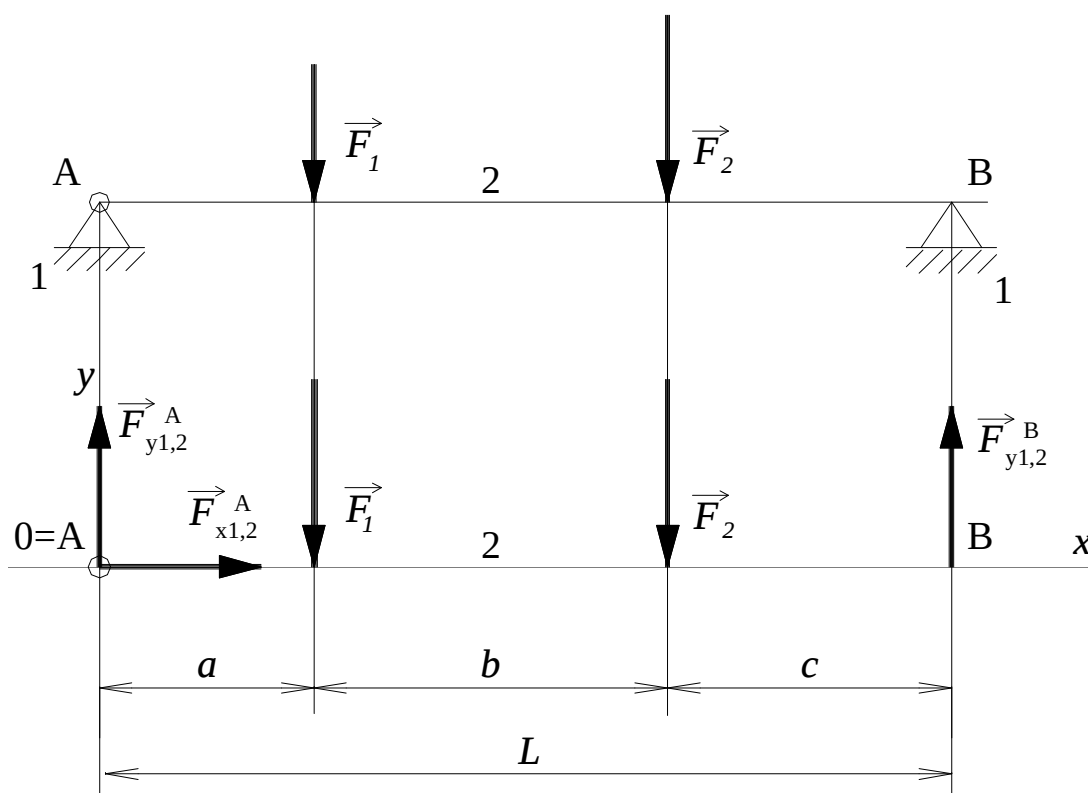
$$\begin{aligned}\sum_1^n F_{ix} &= 0 \dots F_{x1,2}^A = 0 \\ \sum_1^n F_{iy} &= 0 \dots F_{y1,2}^A - F - F + F_{y1,2}^B = 0 \\ \sum_1^n M_{iA} &= 0 \dots F_{y1,2}^B L - F(a+b) - Fa = 0\end{aligned}\quad (8)$$

Řešením soustavy rovnic získáme neznámé parametry:

$$\begin{aligned}F_{x1,2}^A &= 0 \\ F_{y1,2}^A &= 2F - F_{y1,2}^B = 2F - \frac{F(2a+b)}{L} = \frac{F(2c+b)}{L} \\ F_{y1,2}^B &= \frac{F(2a+b)}{L}\end{aligned}\quad (9)$$

Příklad 3

Nosník (2) je zatížen dvěma různými osamělými silami F_1 a F_2 a je uložen na rámu (1) (Obr. 23). V místě A je rotační uložení a v místě B obecné. Jedná se o staticky určitou úlohu ($m = 3^\circ$, $i = 0^\circ$). Reakce tvoří 3 neznámé parametry $\vec{F}_{x1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^B$.



Obr. 23 Příklad 3

Z podmínky rovnováhy opět získáme složkové rovnice:

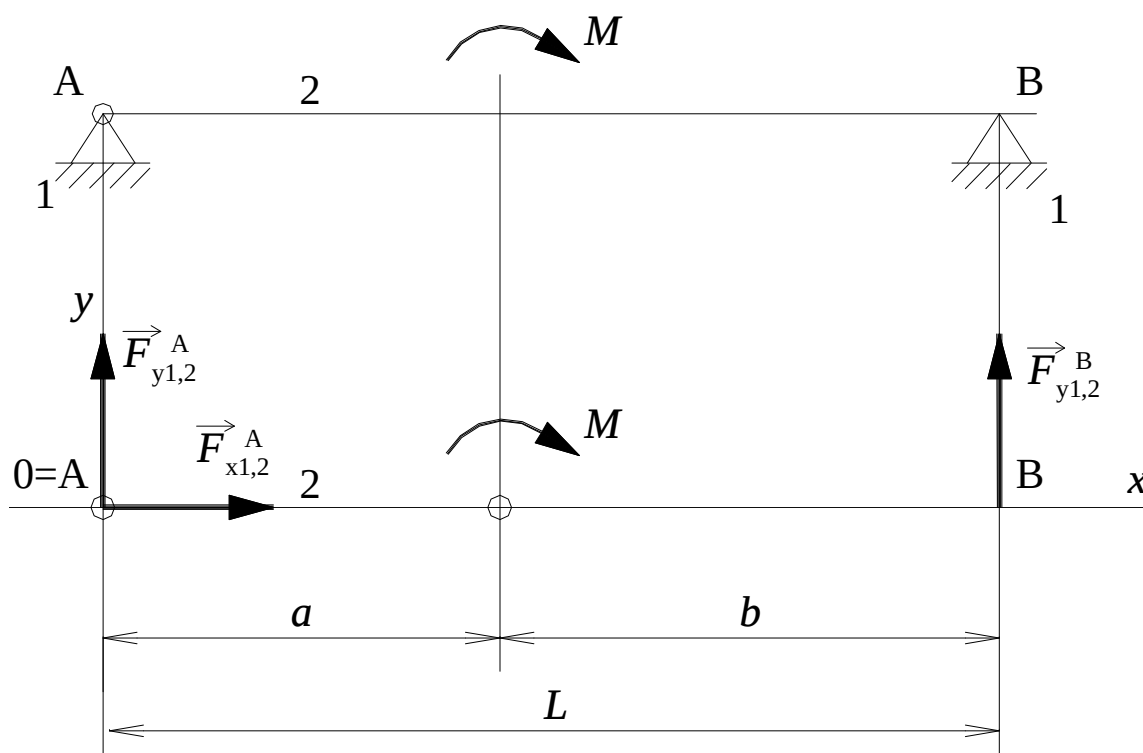
$$\begin{aligned}\sum_1^n F_{ix} &= 0 \dots F_{x1,2}^A = 0 \\ \sum_1^n F_{iy} &= 0 \dots F_{y1,2}^A - F_1 - F_2 + F_{y1,2}^B = 0 \\ \sum_1^n M_{iA} &= 0 \dots F_{y1,2}^B L - F_2(a+b) - F_1 a = 0\end{aligned}\quad (10)$$

Řešením soustavy rovnic získáme neznámé parametry:

$$\begin{aligned}F_{x1,2}^A &= 0 \\ F_{y1,2}^A &= F_1 + F_2 - F_{y1,2}^B = F_1 + F_2 - \frac{F_2(a+b) + F_1 a}{L} = \frac{F_1(b+c) + F_2 c}{L} \\ F_{y1,2}^B &= \frac{F_2(a+b) + F_1 a}{L}\end{aligned}\quad (11)$$

Příklad 4

Na obrázku (Obr. 24) je nosník (2) na dvou podpěrách zatížený osamělým momentem M (dvojicí sil). V místě A je rotační podpěra a v místě B je obecná podpěra. Jedná se o staticky určitou úlohu ($m = 3^\circ$, $i = 0^\circ$). Neznámými jsou opět $\vec{F}_{x1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^B$.



Obr. 24 Příklad 4

Složko rovnice statické rovnováhy jsou:

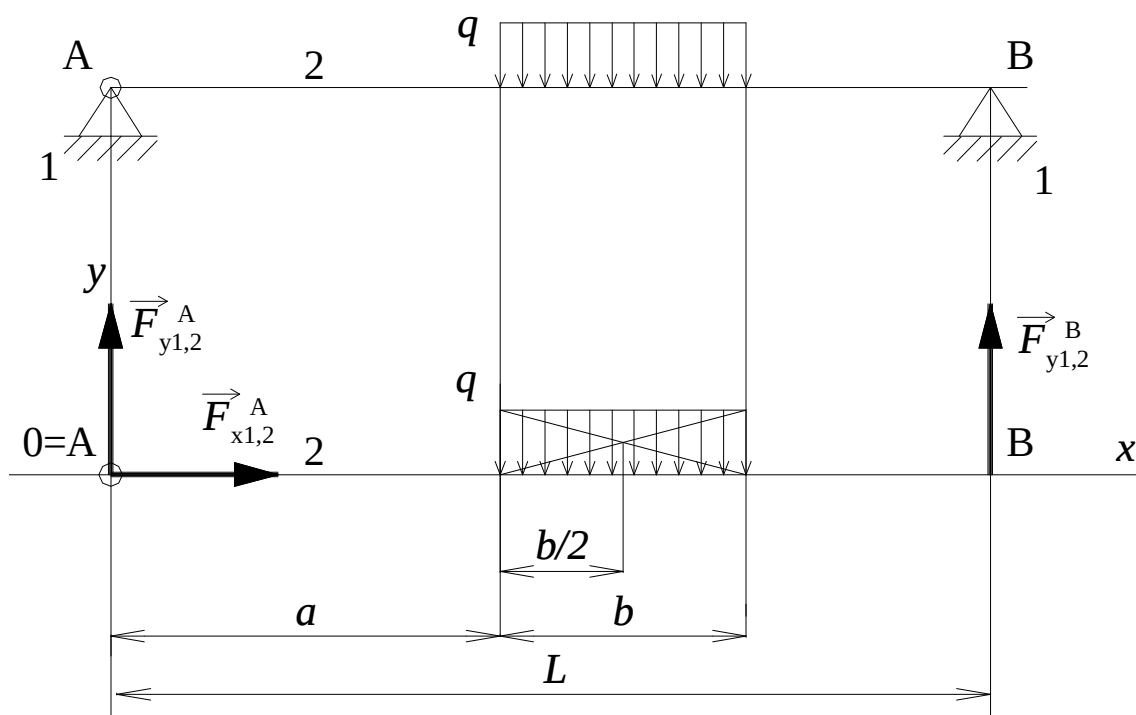
$$\begin{aligned}\sum_1^n F_{ix} &= 0 \dots F_{x1,2}^A = 0 \\ \sum_1^n F_{iy} &= 0 \dots F_{y1,2}^A + F_{y1,2}^B = 0 \\ \sum_1^n M_{iA} &= 0 \dots F_{y1,2}^B \cdot L - M = 0\end{aligned}\quad (12)$$

Řešením soustavy rovnic obdržíme neznámé parametry:

$$\begin{aligned}F_{x1,2}^A &= 0 \\ F_{y1,2}^A &= -F_{y1,2}^B = -\frac{M}{L} \\ F_{y1,2}^B &= \frac{M}{L}\end{aligned}\quad (13)$$

Příklad 5

Na obrázku (Obr. 25) je nosník (2) na dvou podpěrách zatížený v úseku b spojitým zatížením q . V místě A je rotační uložení a v místě B je obecné uložení. Jde o staticky určitou úlohu ($m = 3^\circ$, $i = 0^\circ$). Neznámými jsou $\vec{F}_{x1,2}^A, \vec{F}_{y1,2}^A, \vec{F}_{1,2}^B$.



Obr. 25 Příklad 5

Složkové rovnice statické rovnováhy jsou:

$$\begin{aligned}\sum_1^n F_{ix} &= 0 \dots F_{x1,2}^A = 0 \\ \sum_1^n F_{iy} &= 0 \dots F_{y1,2}^A - qb + F_{y1,2}^B = 0 \\ \sum_1^n M_{iA} &= 0 \dots F_{y1,2}^B \cdot L - qb(a + \frac{b}{2}) = 0\end{aligned}\tag{14}$$

Řešením soustavy rovnic obdržíme neznámé parametry:

$$\begin{aligned}F_{x1,2}^A &= 0 \\ F_{y1,2}^A &= qb - \frac{qb(a + \frac{b}{2})}{L} = qb \left(1 - \frac{a + \frac{b}{2}}{L} \right) \\ F_{y1,2}^B &= \frac{qb(a + \frac{b}{2})}{L}\end{aligned}\tag{15}$$

2 MĚŘENÍ SIL

Měřiče sil můžeme rozdělit podle způsobované deformace takto: [3]

Měřiče využívající trvalé deformace

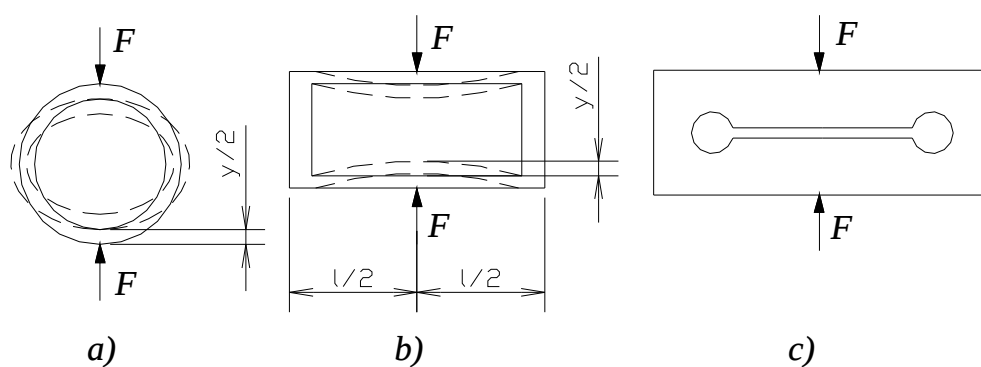
Měřiče využívající trvalé deformace jsou velmi jednoduché, vhodné pro měření statických i dynamických sil. Vyznačují se však malou přesností. Používají se především pro orientační měření tvářecích sil (kování, lisování apod.) Umožňují určit pouze maximální sílu, a to buď z celkové deformace různých zkušebních válečků, nebo z velikosti otisku vzniklého při vtlačování kuličky do materiálu apod.

Měřiče využívající pružné deformace

Tyto měřiče využívají k měření pružné deformace těles obvykle v mezích 10^{-3} až 10^{-2} mm a pružin nejčastěji v mezích 1 až 10 mm. Měřené síly bývají v rozmezí 10^{-2} až 10^8 N. Konstrukce, popř. typ snímače se řídí měřicím rozsahem. Jsou rozšířenější než předchozí měřiče.

2.1 Deformační dynamometry

Mezi měřiče využívající pružné deformace patří např. deformační dynamometry. U nich se měřenou silou vytváří deformace pružného deformačního členu (Obr. 26), kterou můžeme měřit mechanicky, hydraulicky nebo elektricky.



Obr. 26 Základní typy pružných deformačních členů.

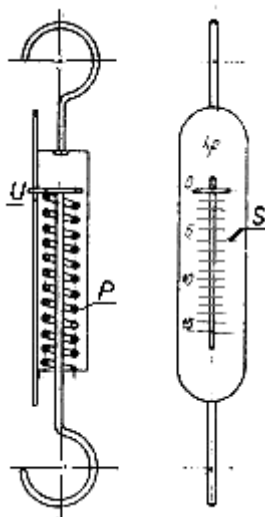
a) kruhový prstenec, b) plošný rámový člen ,

c) možná konstrukční varianta pružného členu

Neelektrické metody měření deformace se používají například pro přímá měření u strojů. U většiny měřičů sil se používají elektrické metody měření deformace.

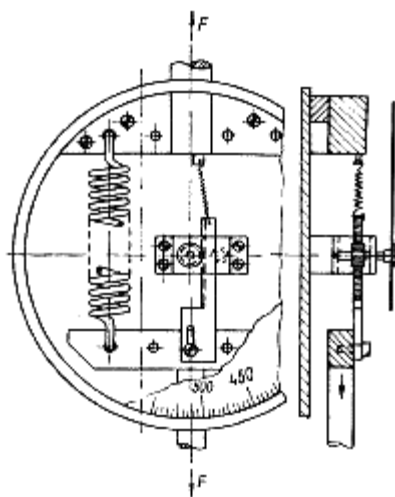
2.1.1 Dynamometry mechanické:

Nejjednodušší z deformačních dynamometrů je dynamometr pružinový (Obr. 27), známý též jako pérová váha; slouží nejen k rychlému vážení, ale může být použit i k měření síly. Využívá se u nich převážně pružin s konstantní tuhostí. Deformace se přímo odečítá na lineární stupnici, která je vynesena v jednotkách sil, nikoliv v délkových jednotkách. U přesnějších pružinových siloměrů se deformace pružiny ještě zvětšuje pákovým, ozubeným nebo jiným mechanickým převodem a přenáší se na kruhovou stupnici (Obr. 28). [4]



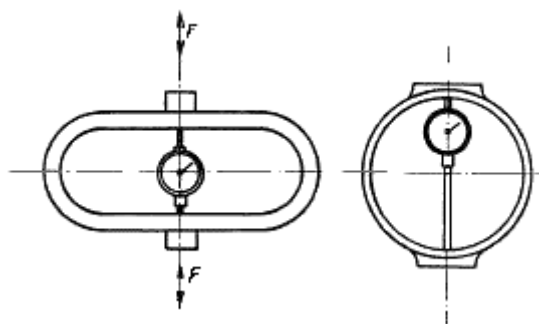
Obr. 27 Siloměr (dynamometr) pružinový

P- siloměrná pružina, *U* – ukazatel, *S* – stupnice



Obr. 28 Pružinový dynamometr (deformační)

Další typ deformačního dynamometru je dynamometr třmenový. Je velmi přesný a jeho výroba není nákladná. Rozměry třmenu, tj. jeho tloušťka, poloměr i šířka, se mění podle rozsahu, pro který je dynamometr určen. Obvyklé tvary dynamometru jsou na obrázku (Obr. 29).



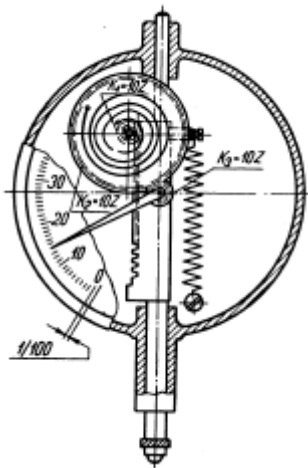
Obr. 29 Obvyklé tvary třmenových dynamometrů

Při měření tahových sil tj. pro namáhání tahem je možné do dosedacích ploch zašroubovat oka na zavěšení. Pro tlakové síly tj. při namáhání tlakem se oka sejmou a tlaková síla působí přímo na dosedací plochy. Okamžitá hodnota deformace je úměrná okamžité hodnotě působící síly. Známe-li závislost síly na hodnotě posunutí x stanovené *úchytkoměrem* (Obr. 30), který je součástí dynamometru, můžeme určit přírůstek síly F odpovídající změně posunutí x . Závislost $F = f(x)$ se nazývá kalibrační graf dynamometru.

Vlastnosti třmenového dynamometru lze výrazně ovlivnit volbou materiálu použitého při výrobě třmenu. Pro ocelové pružné třmeny se doporučují materiály s vysokou mezí pružnosti, pro normální teploty např. ocel 16640. Pro větší síly (nad 10^3 MN) a větší provozní teploty (do 450°C) je vhodná ocel 19552. [4]

Číselníkový úchytkoměr (Obr. 30) se obecně měří délkové rozměry předmětů. V případě třmenových dynamometrů slouží číselníkový úchytkoměr ke zjištění deformace třmenu. Většina běžných úchytkoměrů má dvě stupnice - malou, na níž je měřítko v celých milimetrech a velkou, která je dělena tak, že jeden dílek odpovídá změně polohy dotyku o 0,01, popřípadě 0,001 mm. Úchytkoměr má pouze posuvnou čelist a měří posunutí mezi dvěma polohami. Abychom získali hodnotu tohoto posunutí, musíme provést dvojí čtení stupnic úchytkoměrů, tj. při výchozí a konečné poloze. Velká stupnice indikátoru je otočná a pro snadnější čtení je možno otáčením nastavit při výchozí poloze nulu. Milimetrovou stupnici nulovat nelze a při výchozí i konečné poloze je třeba hodnoty přečíst.

Maximální možné posunutí u většiny setinových úchylkoměrů je 10 mm, proto se při měření musíme pohybovat v tomto rozmezí. Při nastavování polohy měřidla před měřením je nutno vzít v úvahu, kterým směrem bude posunutí probíhat a zvolit polohu tak, aby celé měření bylo v povoleném rozsahu. Měřicí tyč úchylkoměrů musí být při odečítání každé polohy v kontaktu s měřeným povrchem a musí být rovnoběžná s měřeným rozměrem (ve většině případů kolmá na povrch, se kterým je v kontaktu). [5]



Obr. 30 Číselníkový úchylkoměr

2.1.2 Dynamometry elektrické

Tyto dynamometry fungují na principu změny elektrických veličin měřících členů vlivem působící síly. Mají výhodu v tom, že jsou schopny zachytit i velmi rychlé změny sil a tím umožňují provádět dynamické měření. Můžeme je rozdělit do skupin:

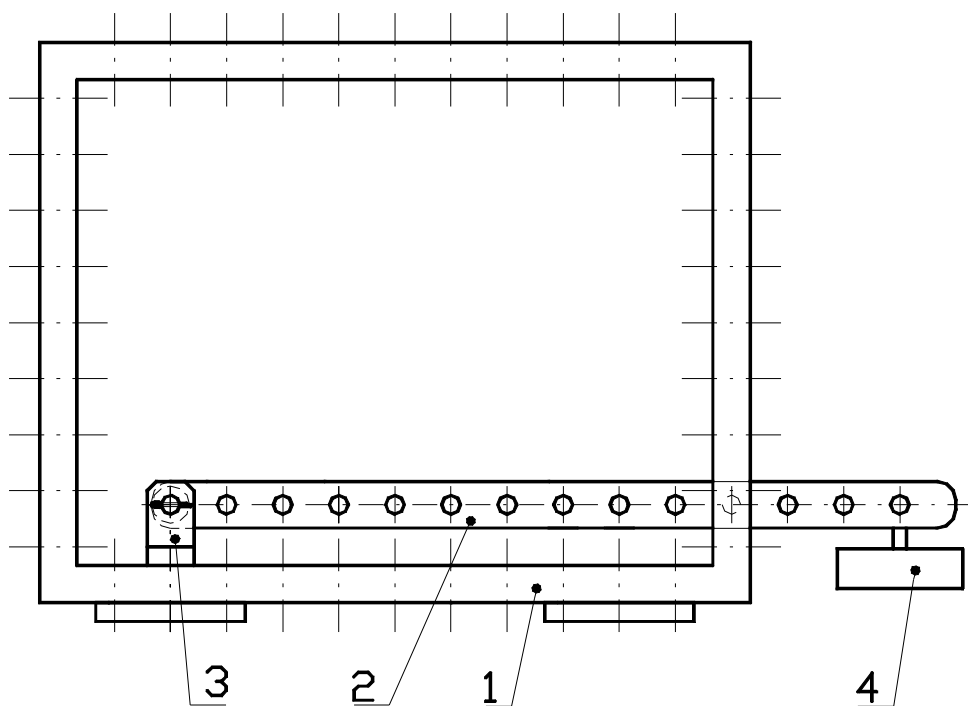
- odporové tenzometrické - využívají změnu odporu vodičů úměrnou jejich deformaci.
- indukčnostní - využívají změnu indukčnosti cívky při pohybu jádra vlivem měřené síly.
- kapacitní – využívají změnu některé z veličin, které určují kapacitu kondenzátoru (plocha elektrod, vzdálenost elektrod, permitivita dielektrika), vlivem měřené síly.
- piezoelektrické – využívají piezoelektrického jevu. Silovým působením na destičku vyříznutou pod vhodným úhlem z krystalu, který má piezoelektrické vlastnosti, dochází k elektrické polarizaci. Na povrchu destičky jsou elektrody, na nichž se vytváří měřený elektrický náboj.
- ostatní (piezodiody, magnetostrikční, magnetoanizotropický apod.) [3]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH MĚŘÍCIHO PŘÍPRAVKU

3.1 Základní části přípravku

V předchozích bakalářských pracích obhájených na Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati byla vyvinuta univerzální stavebnice, která se využívá v laboratorních cvičeních z předmětů Základy pružnosti a pevnosti a Aplikovaná mechanika [6],[7],[8]. Základní části stavebnice jsou na (Obr. 31). Navrhované modelové zařízení pro zjišťování reakcí zatíženého nosníku využívá základních prvků této stavebnice a tak rozšiřuje možnosti jejího použití ve výuce odborných předmětů.



Obr. 31 Základní části

1 - rám

3 - otočné uložení páky

2 - páka

4 - závaží

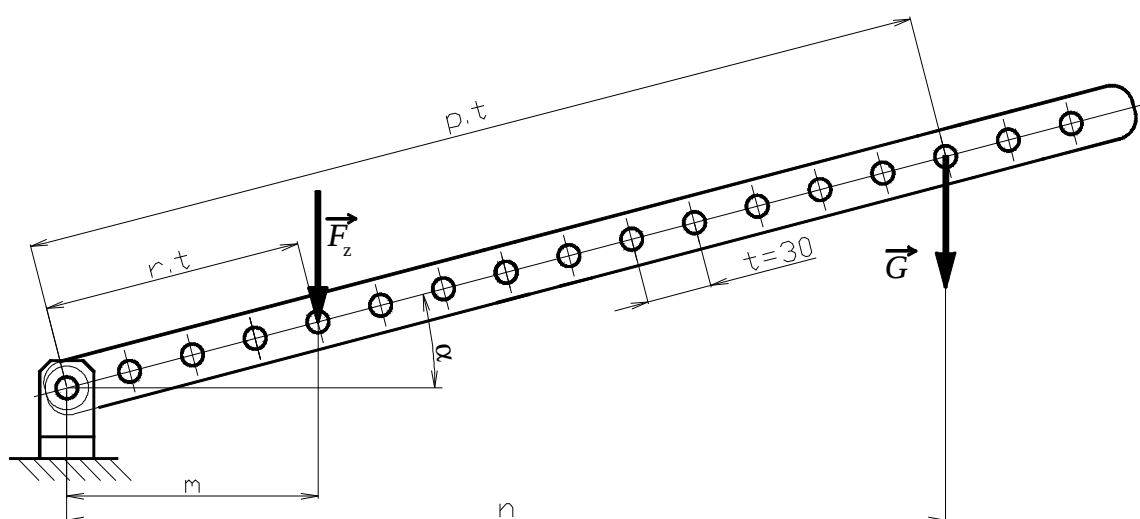
Rám

Rám (1) je svařen z tenkostěnného ocelového profilu čtvercového průřezu TR 4HR 20x2. Po obvodu jsou vyvrtány otvory $\phi 6,4$ mm o rozteči 30 mm. Na rám se připevňují jednotlivé části stavebnice (např. páky, prvky pro uložení nosníku, měřící přístroje ...) a tak vznikají přípravky pro různé aplikace.

Páka

Páka (2) slouží k přenosu zatěžující síly. Na jednom konci je otočně uchycena (3) k rámu (1), na druhý konec se umístí závaží (4). Protože jsou v páce vyvrtány otvory $\phi 10$ mm po 30 mm, můžeme buď změnou délky ramene nebo změnou hmotnosti závaží měnit zatěžující sílu F_z . Zatěžující sílu lze určit pomocí rovnováhy na páce (Obr. 32), kde pro jednozvratnou páku platí:

$$G \cdot n = F_z \cdot m \quad (16)$$



Obr. 32 Určení zatěžující síly

Protože přímé odměřování vzdáleností m a n by bylo nepřesné, je vhodnější dosadit:

$$\begin{aligned} m &= r \cdot t \cdot \cos a \\ n &= p \cdot t \cdot \cos a \end{aligned} \quad (17)$$

Dosazením (17) do (16) dostáváme:

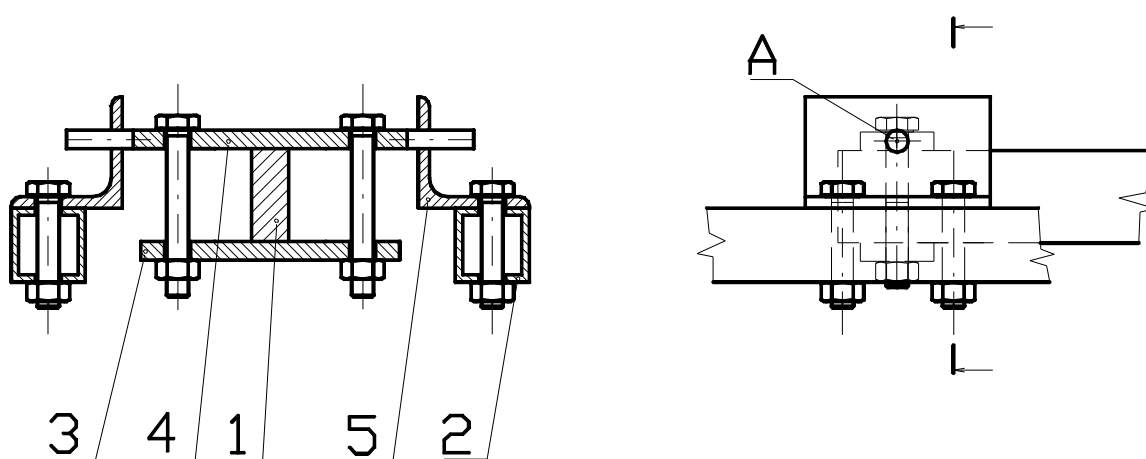
$$\begin{aligned} G \cdot p \cdot t \cdot \cos a &= F_z \cdot r \cdot t \cdot \cos a \\ F_z &= G \frac{p \cdot t \cdot \cos a}{r \cdot t \cdot \cos a} = G \frac{p}{r} \end{aligned} \quad (18)$$

kde p a r je počet roztečí ($t = 30$ mm) od otočného bodu.

3.2 Uložení nosníků

Otočné uložení

Konstrukční uspořádání otočného uložení nosníku je na obrázku (Obr. 33). Nosník (1) je přitlačnou deskou (3) přitážen k otočné desce (4), která je, vzhledem k bodu A, otočně uložena v držáku (5). Tento způsob upevnění nosníku je jednoduchý a umožňuje použití různých průřezů nosníku.



Obr. 33 Konstrukční schéma otočného uložení

1 - nosník

3 - přitlačná deska

5 - držák

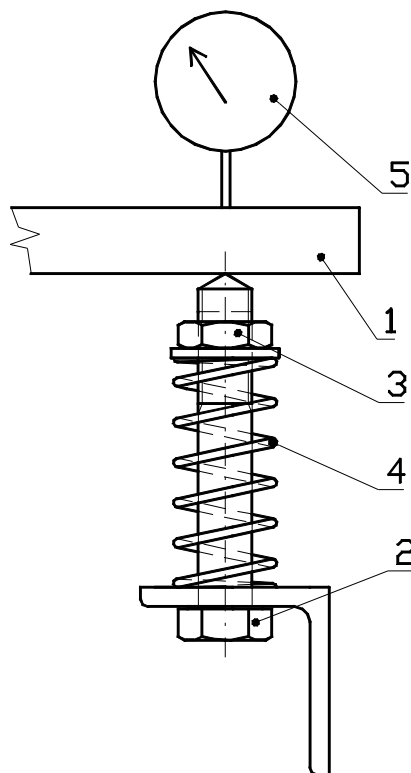
2 - rám

4 - otočná deska

A - otočný bod

Obecné uložení

Schéma konstrukčního uspořádání pro realizaci obecného uložení nosníku je na obrázku (Obr. 34). Uložení současně slouží k zjišťování (měření) velikosti reakce v tomto místě. Nosník (1) je volně položen na posuvně uložený šroub (2). Zatížením nosníku dojde k vertikálnímu posunu šroubu a tím ke stlačení pružiny (4). Velikost stlačení pružiny odečítáme číselníkovým úchylkoměrem (5). Z kalibrační křivky pružiny tj. ze závislosti síly na stlačení odečteme hodnotu síly, která odpovídá velikosti reakce v tomto uložení.



Obr. 34 Konstrukční schéma obecného uložení

1 - nosník

3 - matice

5 - úchylkoměr

2 - šroub

4 - pružina

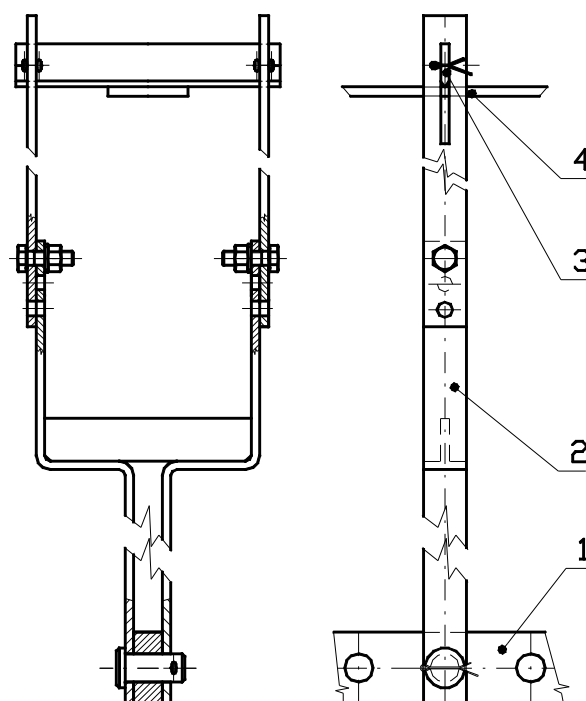
Pro praktické měření jsme měli k dispozici 4 pružiny různé tuhosti. Ke každé pružině jsme na zkušebním stroji ZWICK 145 665 v laboratořích ÚVI sestavili křivky závislosti síly na stlačení - kalibrační křivky (viz Příloha P I). Na základě vyhodnocení jednotlivých kalibračních křivek bylo rozhodnuto pro další měření využívat pružinu č.3, jejíž tuhost je $c = 10 \text{ N/mm}$, protože měření na této pružině bylo nejpřesnější pro naši oblast zatěžování (tj. pro velikost měřené reakce v rozsahu $0 - 100 \text{ N}$) (viz Příloha P II).

3.3 Typy vnějšího primárního zatížení

Osamělá síla

Konstrukční uspořádání pro realizaci zatížení osamělou silou je na obrázku (Obr. 35). Táhlo (2) vyvozující osamělou sílu slouží k přenosu zatěžující síly z páky (1) na nosník (4). Síla F působící na nosník bude v tomto případě rovna zatěžující síle z páky F_z , tj.:

$$F = F_z \quad (19)$$



Obr. 35 Konstrukční schéma pro zatížení
osamělou silou

1 - páka

2 - táhlo

3 - břit

4 - nosník

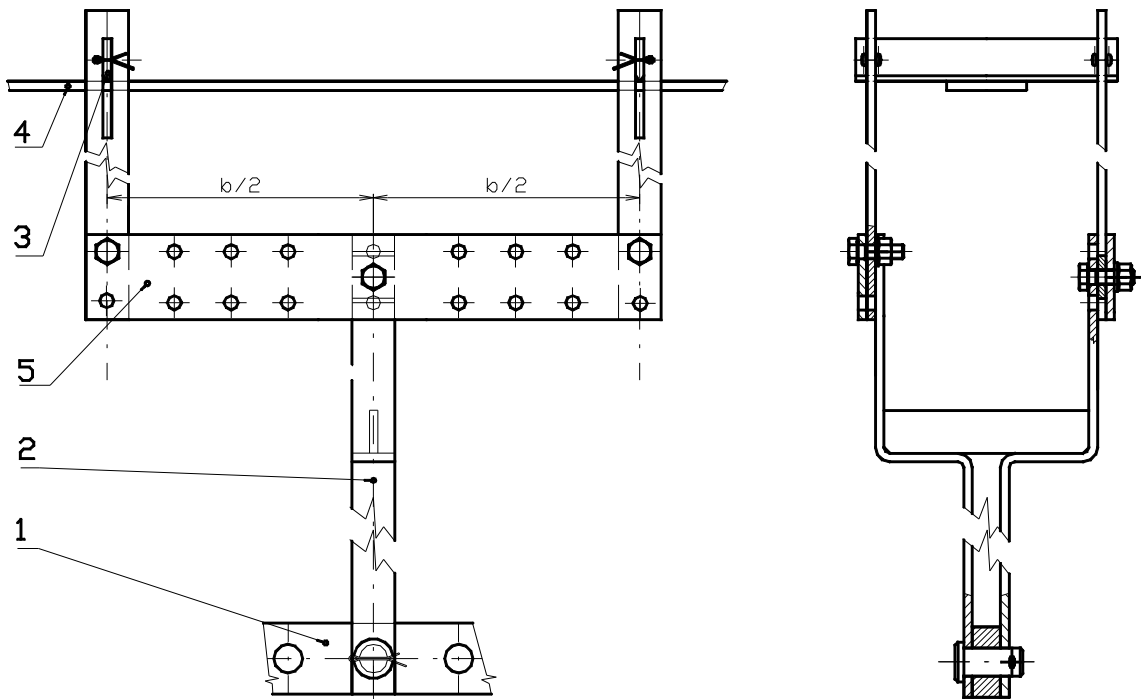
Dvě různě velké osamělé síly

Pro zatížení nosníku dvěma různě velkými osamělými silami využíváme konstrukční uspořádání jako v předchozím případě, ale použijeme zde dvě páky a dvě táhla (viz výkres sestavení UVI S1-00-C).

Dvě stejně velké osamělé síly

Schéma konstrukčního uspořádání pro zatížení dvěma stejně velkými osamělými silami je na obrázku (Obr. 36). Využíváme zde základní součásti z předchozího případu zatížení osamělou silou, mezi které je vložena spojovací část (5) a to tak že síla F_z působí polovině vzdálenosti b (Obr. 22). Pak síly F působící na nosník budou stejně velké a rovny polovině zatěžující síly z páky F_z , tj.

$$F = \frac{F_z}{2} \quad (20)$$



Obr. 36 Konstrukční schéma pro zatížení dvěma stejně velkými osamělými silami

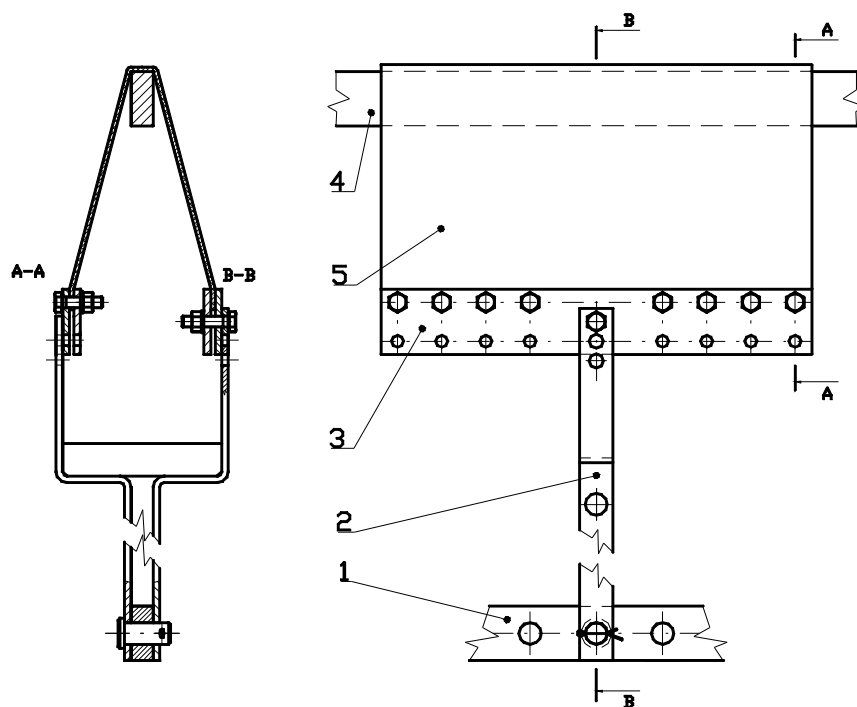
1 - páka

3 - břit

5 - spojovací část

2 - táhlo

4 - nosník

Spojité zatížení

Obr. 37 Konstrukční schéma pro spojitě zatížení

1 - páka

3 - spojovací část

5 - pruh koženky

2 - táhlo

4 - nosník

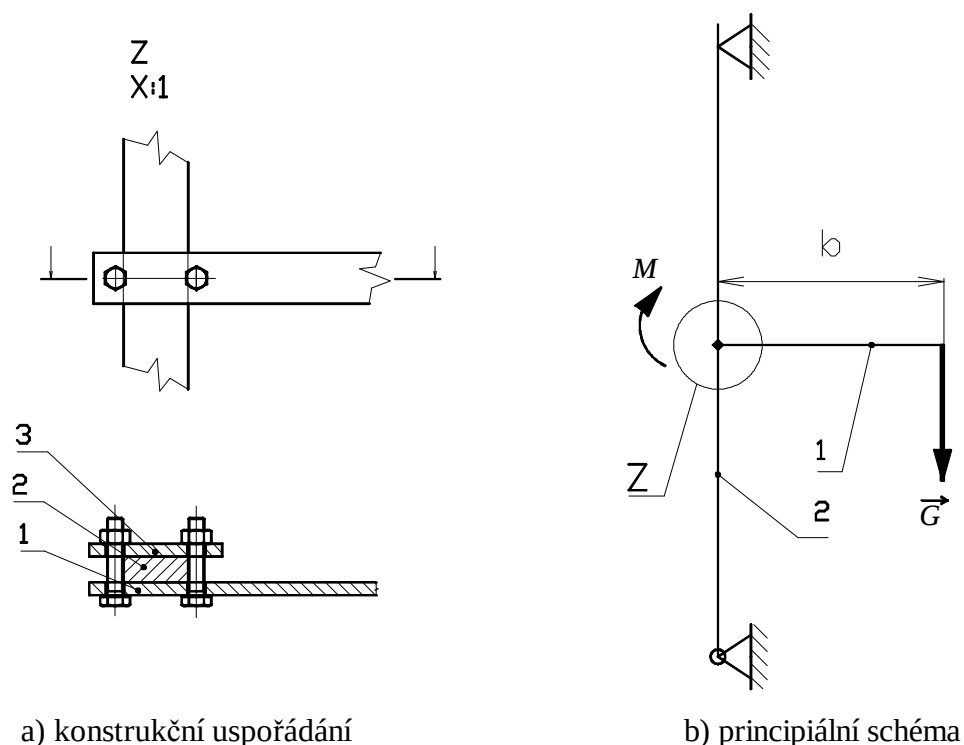
Realizace konstrukčního řešení pro spojitě zatížení je problematická. Pro naše účely bylo provedeno zjednodušení v podobě pruhu koženky (5) připevněné ke spojovací části (3) šrouby a zatěžování bylo prováděno táhlem (2). Celková zatěžující síla $q \cdot b$ působící na nosník bude v tomto případě rovna zatěžující síle z páky F_z , pak platí:

$$q = \frac{F_z}{b} \quad (21)$$

Ohybový moment

Pro realizaci zatížení nosníku ohybovým momentem (dvojicí sil) využíváme konstrukční řešení, jehož schéma je na obrázku (Obr. 38). Aby bylo dosaženo konstantního ohybového momentu po celou dobu měření, je rám včetně uložení nosníku pootočen o 90° proti předchozím úlohám (Obr. 38b) Velikost ohybového momentu M bude rovna součinu velikosti zatěžující síly G a délky ramene b , tedy platí:

$$M = G \cdot b \quad (22)$$



Obr. 38 Realizace ohybového momentu

1 - rameno
2 - nosník

3 - příložka

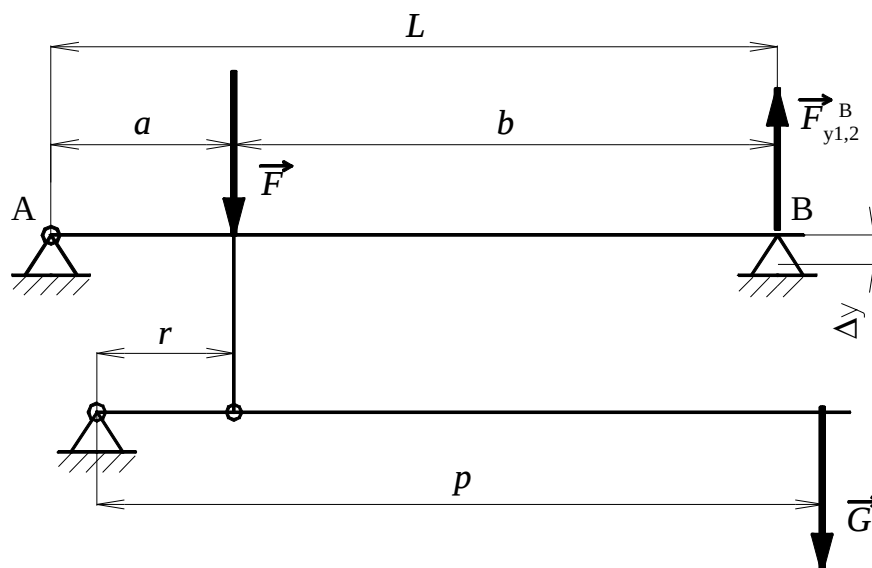
4 METODIKA MĚŘENÍ

4.1 Úloha č.1

Zadání:

Experimentálně zjistíte velikost reakce v obecném uložení nosníku zatíženého osamělou silou podle schématu (Obr. 39). Naměřené hodnoty ověřte výpočtem.

Schéma

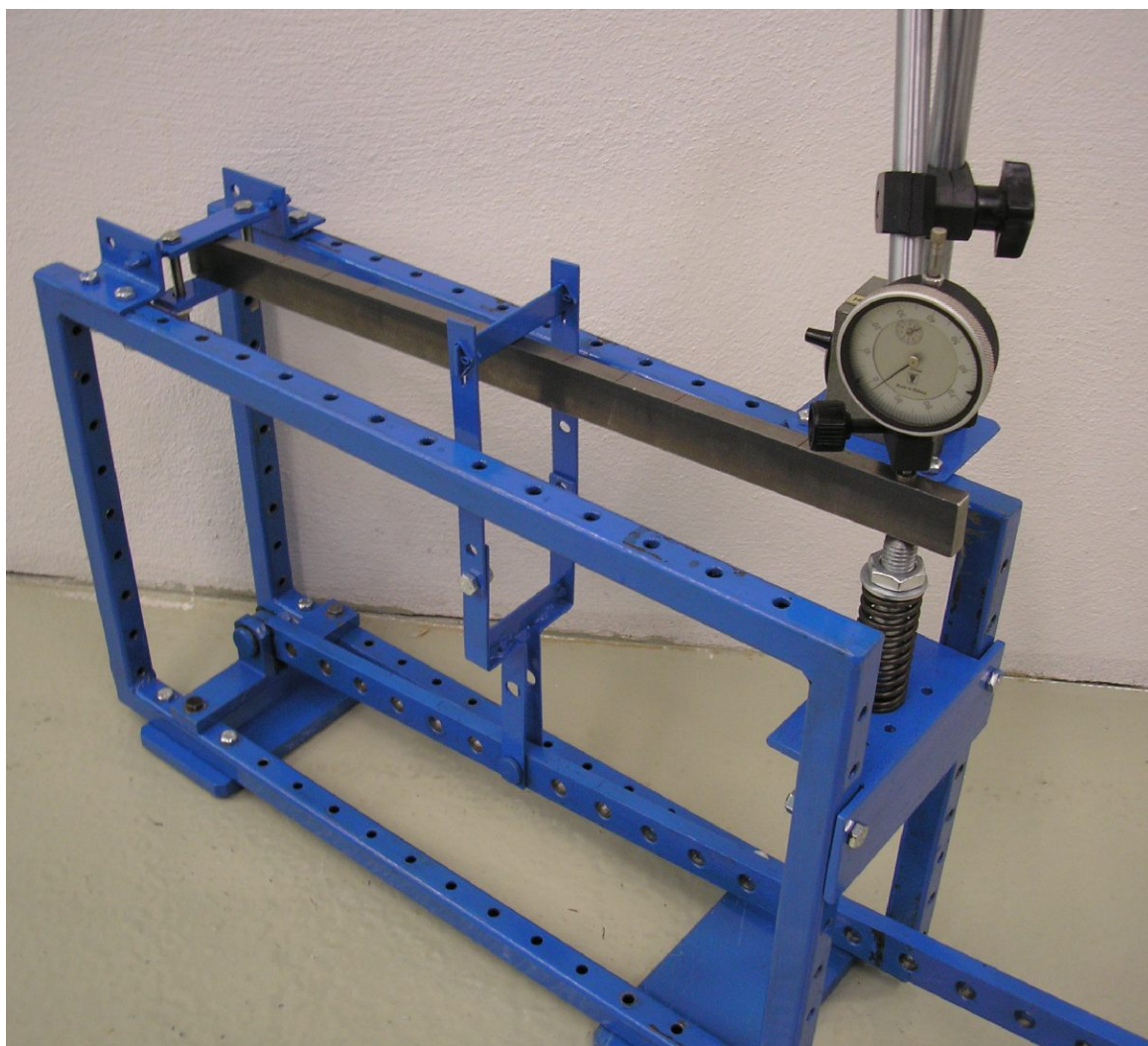


Obr. 39 Schéma úlohy č.1

Postup:

Úlohu sestavíme v souladu s Obr. 39 a to dle výkresu sestavení č. UVI S1-00-C, kde použijeme jen jednu páku (5) a jedno táhlo (3). Na rám (1) připevníme obě podpory nosníku (8,9,20-22) a (11-13) a připevníme nosník (10). Táhlo (3) vyvozující osamělou sílu umístíme do požadované vzdálenosti a , čepem (4) připevníme k páce (5) a odečteme počet roztečí r od otočného bodu páky. Umístíme úchylkoměr přesně nad obecnou podporu a odečteme nulovou polohu. Na páku zavěšíme příslušné závaží, odečteme počet roztečí p a na číselníkovém úchylkoměru odečteme konečnou hodnotu. Rozdílem konečné a nulové hodnoty dostaneme velikost stlačení pružiny, ze kterého pak z kalibrační křivky použité pružiny zjistíme velikost reakce v obecném uložení. Všechny naměřené údaje zapisujeme do tabulky (viz příloha P III). Správnost měření zkontrolujeme výpočtem (viz kapitola 1.4.4). Měření opakujeme s různými závažími a pro různé vzdálenosti síly od otočné podpory a .

Skutečné zobrazení sestavené úlohy je na obrázku (Obr. 40).



Obr. 40 Sestavená úloha č.1

Příklad výpočtu

Odměřili jsme na přípravku: $L = 409\text{mm}$, $a = 359\text{mm}$, $p = 20$, $r = 10$, $G = 10\text{N}$, $c = 10\text{N/mm}$, $\Delta y = 1,75\text{mm}$ (první řádek tabulky v příloze P III: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.1).

Pro výpočet síly F využijeme vzorce (18) a (19) a dostáváme: $F = 20\text{N}$

Pro výpočet reakce $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B$ využijeme vzorec (7) a dostaneme: $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B = 17,56\text{N}$

Výpočet experimentálně měřené reakce $\vec{F}_{y1,2\text{exp}}^B$ provedeme z hodnoty stlačení pružiny Δy :

$$F_{y1,2\text{exp}}^B = \Delta y \cdot c \quad (23)$$

a dostáváme: $F_{y1,2\text{exp}}^B = 17,5\text{N}$

Výpočet chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B = 17,56 - 17,5 = 0,06\text{N} \quad (24)$$

Výpočet procentuální chyby měření

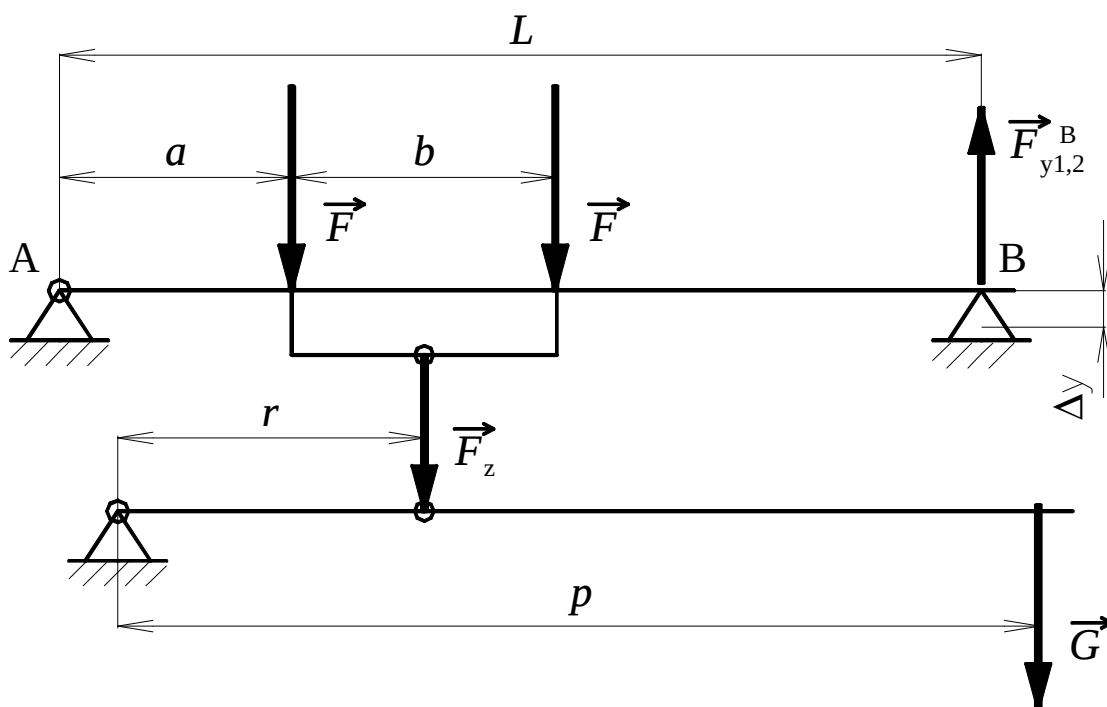
$$\Delta F_{y1,2}^B = \frac{F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B}{F_{y1,2\text{vyp}}^B} \cdot 100 = \frac{17,56 - 17,5}{17,56} \cdot 100 = 0,31\% \quad (25)$$

4.2 Úloha č.2

Zadání:

Experimentálně zjistíte velikost reakce v obecném uložení nosníku zatíženého dvěma stejně velkými osamělými silami podle schématu (Obr. 41). Naměřené hodnoty ověřte výpočtem.

Schéma



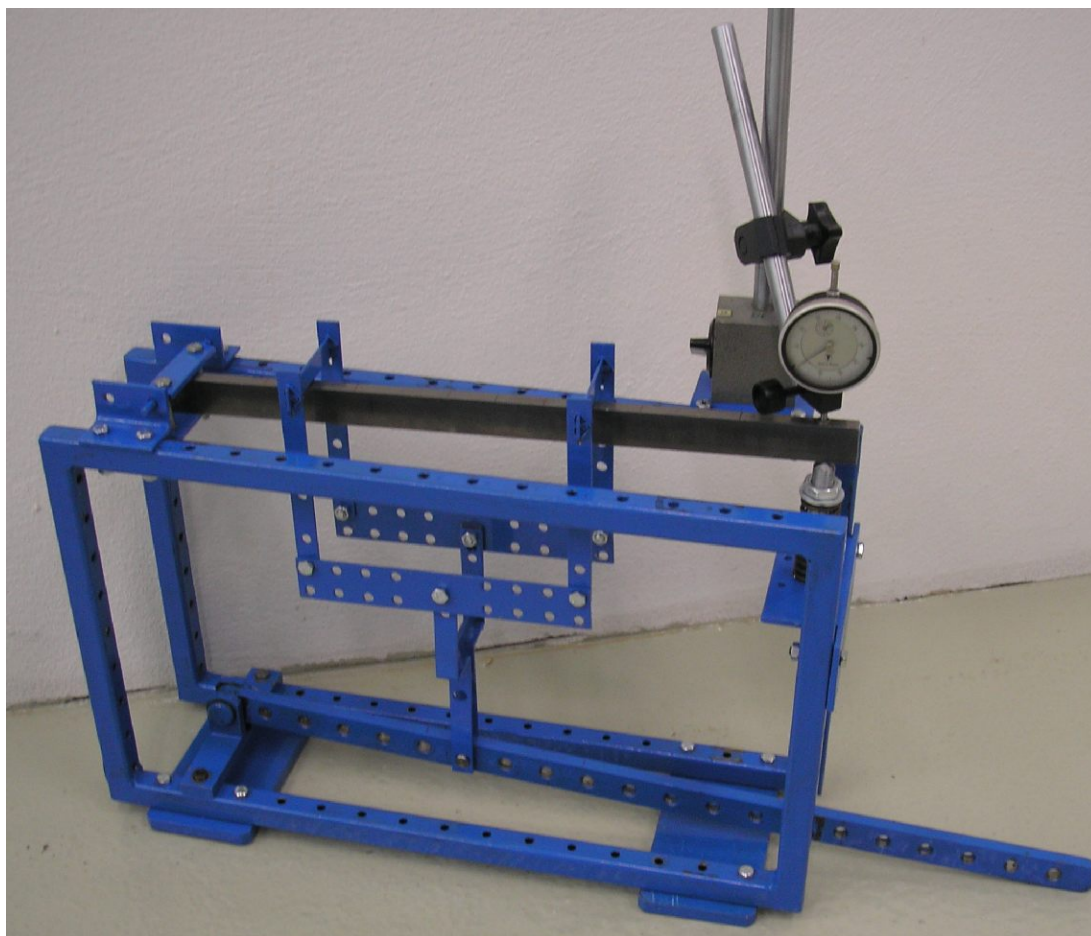
Obr. 41 Schéma úlohy č.2

Postup:

Úlohu sestavíme v souladu s Obr. 41 a to dle výkresu sestavení č. UVI S1-00-C, kde použijeme jen jednu páku (5) a táhlo (3) nahradíme táhlem vyvozující dvě stejné síly

(sestava UVI S6-00-C). Na rám (1) připevníme obě podpory nosníku (8,9,20-22) a (11-13) a připevníme nosník (10) dle schématu. Táhlo vyvozující dvě osamělé síly umístíme do požadované vzdálenosti a a čepem (4) připevníme k páce (5) a odečteme počet roztečí r od otočného bodu páky. Umístíme úchylkoměr přesně nad obecnou podporu a odečteme nulovou polohu. Na páku zavěsíme příslušné závaží, odečteme počet roztečí p a na číselníkovém úchylkoměru odečteme konečnou hodnotu. Rozdílem konečné a nulové hodnoty dostaneme velikost stlačení pružiny, ze kterého pak z kalibrační křivky použité pružiny zjistíme velikost reakce v obecném uložení. Všechny naměřené údaje zapisujeme do tabulky (viz příloha P IV). Správnost měření zkontrolujeme výpočtem (viz kapitola 1.4.4). Měření opakujeme s různými závažími a s různými vzdálenostmi a a b .

Skutečné zobrazení sestavené úlohy je na obrázku (Obr. 42).



Obr. 42 Sestavená úloha č.2

Příklad výpočtu

Odměřili jsme na přípravku: $L = 409\text{mm}$, $a = 60\text{mm}$, $b = 180\text{mm}$, $p = 18$, $r = 6$, $G = 20\text{N}$, $c = 10\text{N/mm}$, $\Delta y = 2,15\text{mm}$ (druhý řádek tabulky v příloze P IV: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.2).

Pro výpočet síly F využijeme vzorce (18) a (20) a dostáváme: $F = 30\text{N}$

Pro výpočet reakce $\dot{F}_{y1,2\text{vyp}}^B$ využijeme vzorec (9) a dostaneme: $\dot{F}_{y1,2\text{vyp}}^B = 22\text{N}$

Výpočet experimentálně měřené reakce $\dot{F}_{y1,2\text{exp}}^B$ provedeme z hodnoty stlačení pružiny Δy :

$$F_{y1,2\text{exp}}^B = \Delta y \cdot c \quad (26)$$

a dostáváme: $F_{y1,2\text{exp}}^B = 21,5\text{N}$

Výpočet chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B = 22 - 21,5 = 0,5\text{N} \quad (27)$$

Výpočet procentuální chyby měření

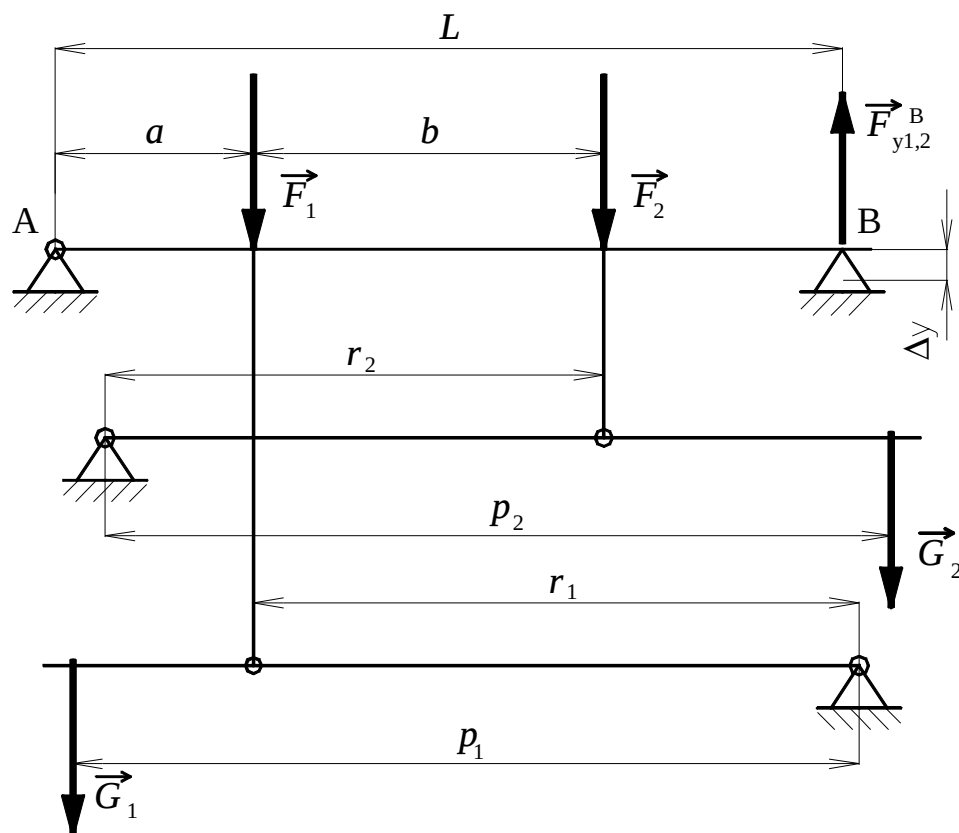
$$\Delta F_{y1,2}^B = \frac{F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B}{F_{y1,2\text{vyp}}^B} \cdot 100 = \frac{22 - 21,5}{22} \cdot 100 = 2,29\% \quad (28)$$

4.3 Úloha č.3

Zadání:

Experimentálně zjistěte velikost reakce v obecném uložení nosníku zatíženého dvěma různě velkými osamělými silami podle schématu (Obr. 43). Naměřené hodnoty ověřte výpočtem. Ověřte princip superpozice.

Schéma



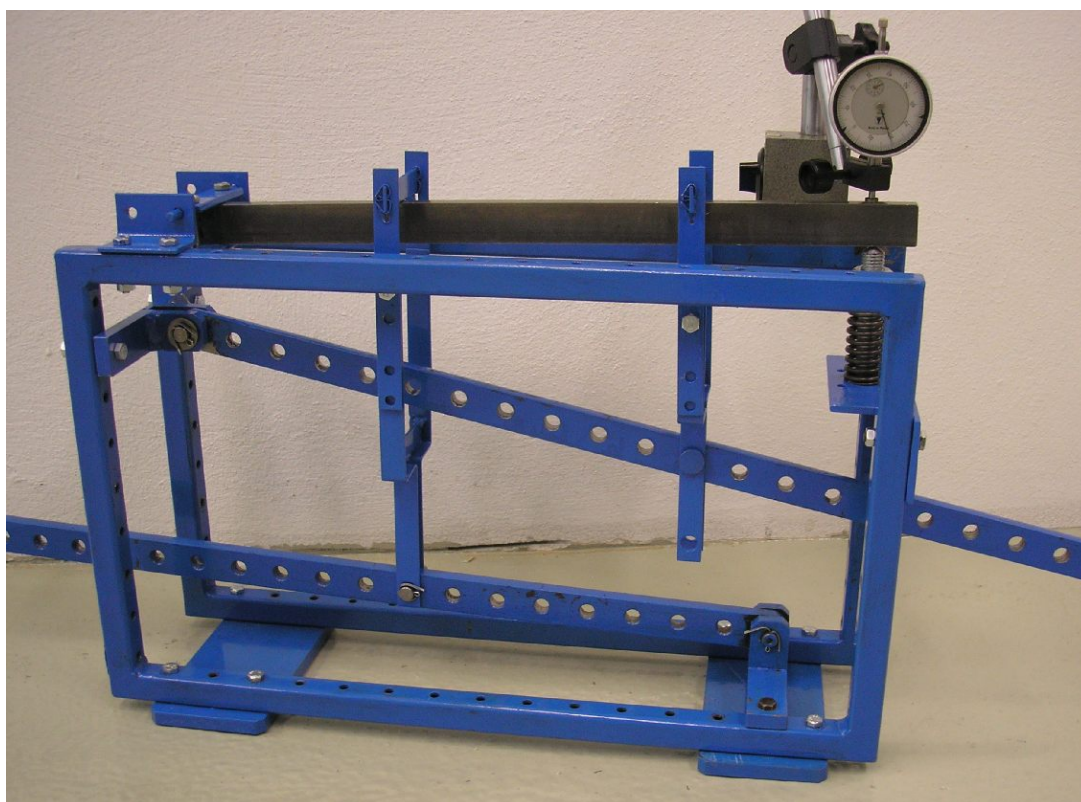
Obr. 43 Schéma úlohy č.3

Postup:

Úlohu sestavíme v souladu s Obr. 43 a to dle výkresu sestavení č. UVI S1-00-C. Na rám (1) připevníme obě podpory nosníku (8,9,20-22) a (11-13) a připevníme nosník (10) dle schématu. Táhlou vyvozující první osamělou sílu (3) umístíme do požadované vzdálenosti a , čepem (4) připevníme k páce (5) a odečteme počet roztečí r_1 od otočného bodu. Druhé táhlou (3) vyvozující druhou osamělou sílu umístíme do požadované vzdálenosti b , čepem připevníme k páce a odečteme počet roztečí r_2 od otočného bodu. Umístíme úchylkoměr přesně nad obecnou podporu a odečteme nulovou polohu. Na páky zavěšíme příslušná závaží, odečteme počet roztečí p_1 a p_2 a na číselníkovém úchylkoměru odečteme konečnou hodnotu. Rozdílem konečné a nulové hodnoty dostaneme velikost stlačení pružiny, ze kterého pak z kalibrační křivky použité pružiny zjistíme velikost reakce v obecném uložení. Všechny naměřené údaje zapisujeme do tabulky (viz příloha P V). Správnost měření zkontrolujeme výpočtem (viz kapitola 1.4.4). Měření opakujeme s různými závažími a pro různé vzdálenosti a a b .

Při ověřování principu superpozice zavěsíme nejdříve první závaží, odečteme velikost stlačení pružiny a závaží sundáme. Potom zavěsíme druhé závaží a opět odečteme velikost stlačení pružiny.

Skutečné zobrazení sestavené úlohy je na obrázku (Obr. 44).



Obr. 44 Sestavená úlohy č.3

Příklad výpočtu

Odměřili jsme na přípravku: $L = 409\text{mm}$, $a = 120\text{mm}$, $b = 215\text{mm}$, $p_1 = 20$, $r_1 = 8$, $G_1 = 20\text{N}$, $p_2 = 20$, $r_2 = 12$, $G_2 = 20\text{N}$, $c = 10\text{N/mm}$, $\Delta y = 4,20\text{mm}$ (první řádek tabulky v příloze P V: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.3).

Pro výpočet sil F_1 a F_2 využijeme vzorce (18) a (19) a dostáváme: $F_1 = 50\text{N}$, $F_2 = 33,33\text{N}$

Pro výpočet reakce $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B$ využijeme vzorec (11) a dostáváme: $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B = 41,97\text{N}$

Výpočet experimentálně měřené reakce $\vec{F}_{y1,2\text{exp}}^B$ provedeme z hodnoty stlačení pružiny Δy :

$$F_{y1,2\text{exp}}^B = \Delta y \cdot c \quad (29)$$

a dostáváme: $F_{y1,2\text{exp}}^B = 42\text{N}$

Výpočet chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = F_{y1,2\text{ vyp}}^B - F_{y1,2\text{ exp}}^B = 41,97 - 42 = -0,03N \quad (30)$$

Výpočet procentuální chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = \frac{F_{y1,2\text{ vyp}}^B - F_{y1,2\text{ exp}}^B}{F_{y1,2\text{ vyp}}^B} \cdot 100 = \frac{41,97 - 42}{41,97} \cdot 100 = -0,07\% \quad (31)$$

Ověření principu superpozice

Platí, že velikost reakce $F_{y1,2\text{ exp}}^B$ při současném zatížení silami F_1 a F_2 je stejná, jako součet velikostí reakce při zatížení jednotlivými silami.

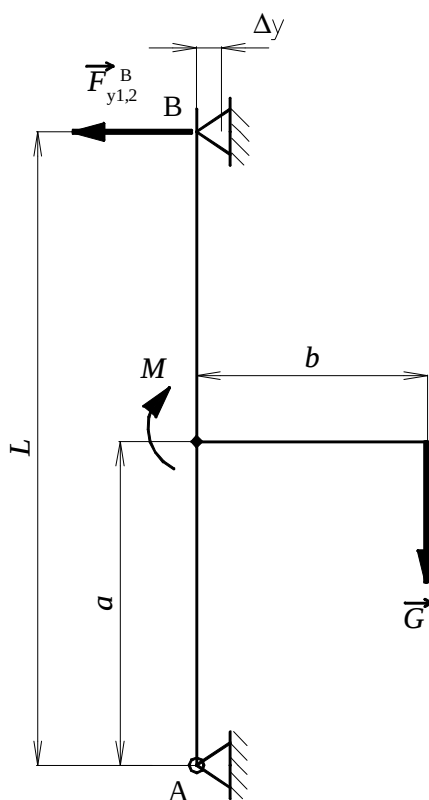
$$F_{y1,2\text{ exp } F1+F2}^B = F_{y1,2\text{ exp } F1=0}^B + F_{y1,2\text{ exp } F2=0}^B = 14,8 + 27,5 = 42,3N \quad (32)$$

4.4 Úloha č.4

Zadání:

Experimentálně zjistěte velikost reakce v obecném uložení nosníku zatíženého osamělým momentem podle schématu (Obr. 45). Naměřené hodnoty ověřte výpočtem.

Schéma



Obr. 45 Schéma úlohy č.4

Postup:

Úlohu sestavíme v souladu s Obr. 45 a to dle výkresu sestavení č. UVI S2-00-C. Na rám (1) připevníme obě podpory nosníku (8,9,13-15) a (5-7) a připevníme nosník (10) dle schématu. Rameno (4) vyvozující osamělý moment umístíme do požadované vzdálenosti a . Umístíme úchylkoměr přesně nad obecnou podporu a odečteme nulovou polohu. Na rameno zavěsíme příslušné závaží a na číselníkovém úchylkoměru odečteme konečnou hodnotu. Rozdílem konečné a nulové hodnoty dostaneme velikost stlačení pružiny, ze kterého pak z kalibrační křivky použité pružiny zjistíme velikost reakce v obecném uložení. Všechny naměřené údaje zapisujeme do tabulky (viz příloha P VI). Správnost měření zkontrolujeme výpočtem (viz kapitola 1.4.4). Měření opakujeme s různými závažími a pro různé vzdálenosti a .

Skutečné zobrazení sestavené úlohy je na obrázku (Obr. 46).



Obr. 46 Sestavená úloha č.4

Příklad výpočtu

Odměřili jsme na přípravku: $L = 409\text{mm}$, $a = 210\text{mm}$, $b = 297\text{mm}$, $G = 40\text{N}$, $c = 10\text{N/mm}$, $\Delta y = 2,89\text{mm}$ (čtvrtý řádek tabulky v příloze P VI: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.4).

Pro výpočet momentu M využijeme vzorec (22) a dostáváme: $M = 11880\text{Nmm}$

Pro výpočet reakce $\dot{F}_{y1,2\text{vyp}}^B$ využijeme vzorec (13) a dostaneme: $\dot{F}_{y1,2\text{vyp}}^B = 29,05\text{N}$

Výpočet experimentálně měřené reakce $\dot{F}_{y1,2\text{exp}}^B$ provedeme z hodnoty stlačení pružiny Δy :

$$F_{y1,2\text{exp}}^B = \Delta y \cdot c \quad (33)$$

a dostáváme: $F_{y1,2\text{exp}}^B = 28,9\text{N}$

Výpočet chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B = 29,05 - 28,9 = 0,15\text{N} \quad (34)$$

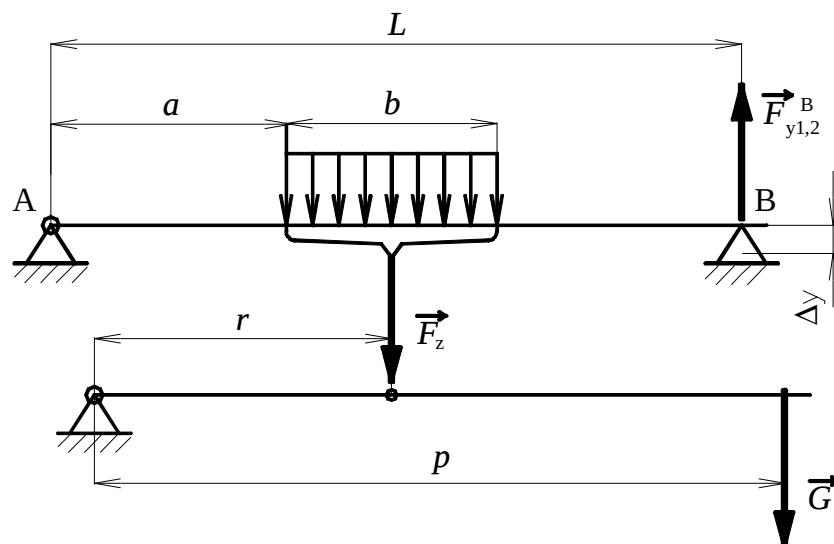
Výpočet procentuální chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = \frac{F_{y1,2\text{vyp}}^B - F_{y1,2\text{exp}}^B}{F_{y1,2\text{vyp}}^B} \cdot 100 = \frac{29,05 - 28,9}{29,05} \cdot 100 = 0,50\% \quad (35)$$

4.5 Úloha č.5**Zadání:**

Experimentálně zjistěte velikost reakce v obecném uložení nosníku zatíženého spojitým zatížením podle schématu (Obr. 47). Naměřené hodnoty ověřte výpočtem.

Schéma

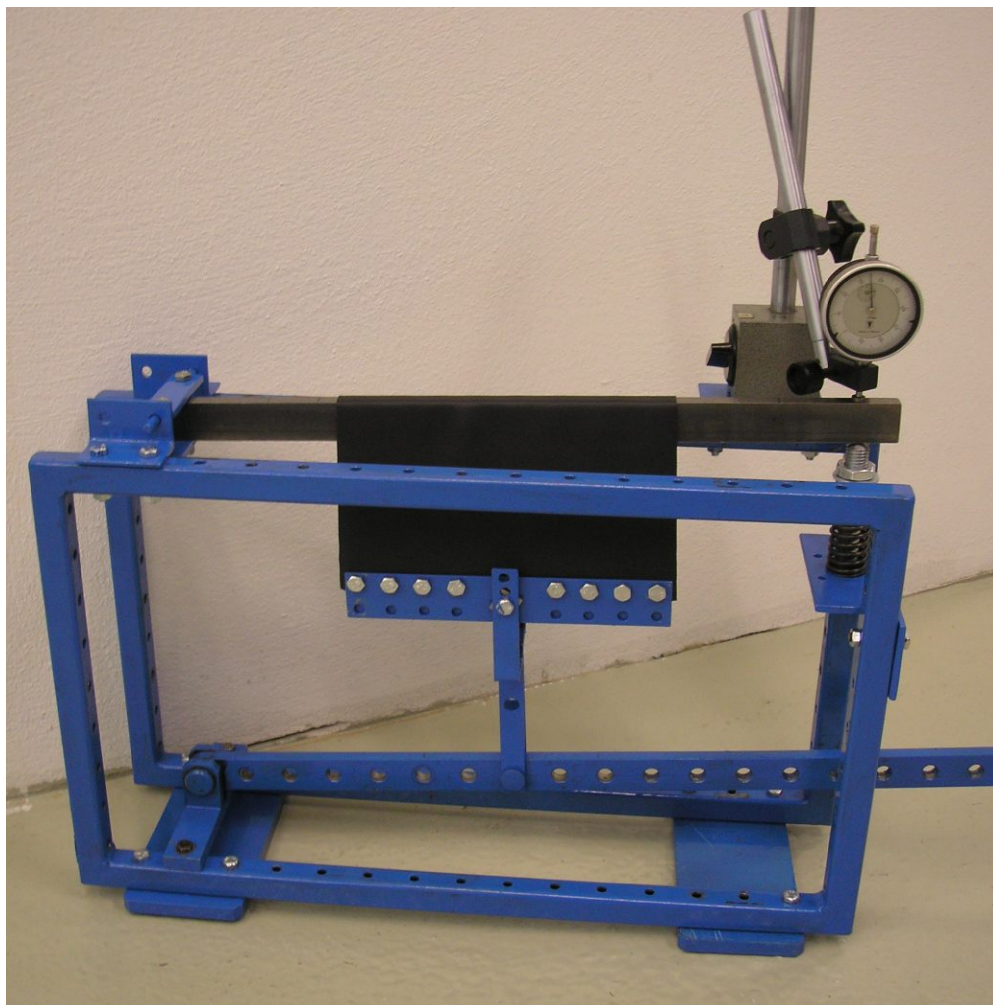


Obr. 47 Schéma úlohy č.5

Postup:

Úlohu sestavíme v souladu s Obr. 47 a to dle výkresu sestavení č. UVI S3-00-C. Na rám (1) připevníme obě podpory nosníku (8,9,20-22) a (11-13) a připevníme nosník (10) dle schématu. Táhlo (3) vyvozující spojitě zatížení umístíme do požadované vzdálenosti a , čepem (4) připevníme k páce (5) a odečteme počet roztečí r od otočného bodu. Umístíme úchylkoměr přesně nad obecnou podporu a odečteme nulovou polohu. Na páku zavěsíme příslušné závaží, odečteme počet roztečí p a na číselníkovém úchylkoměru odečteme konečnou hodnotu. Rozdílem konečné a nulové hodnoty dostaneme velikost stlačení pružiny, ze kterého pak z kalibrační křivky použité pružiny zjistíme velikost reakce v obecném uložení. Všechny naměřené údaje zapisujeme do tabulky (viz příloha P VII). Správnost měření zkontrolujeme výpočtem (viz kapitola 1.4.4). Měření opakujeme s různými závažími a pro různé vzdálenosti a .

Skutečné zobrazení sestavené úlohy je na obrázku (Obr. 48).



Obr. 48 Sestavená úloha č.5

Příklad výpočtu

Odměřili jsme na přípravku: $L = 409\text{mm}$, $a = 45\text{mm}$, $b = 200\text{mm}$, $p = 17$, $r = 7$, $G = 20\text{N}$, $c = 10\text{N/mm}$, $\Delta y = 1,66\text{mm}$ (pátý řádek tabulky v příloze P VII: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.5).

Pro výpočet spojitého zatížení q využijeme vzorce (21) a (18) a dostáváme: $q = 0,24\text{N/mm}$

Pro výpočet reakce $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B$ využijeme vzorec (15) a dostaneme: $\vec{F}_{y1,2\text{vyp}}^B = 17,22\text{N}$

Výpočet experimentálně měřené reakce $\vec{F}_{y1,2\text{exp}}^B$ provedeme z hodnoty stlačení pružiny Δy :

$$F_{y1,2\text{exp}}^B = \Delta y \cdot c \quad (36)$$

a dostáváme: $F_{y1,2\text{exp}}^B = 16,6\text{N}$

Výpočet chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = F_{y1,2\text{ vyp}}^B - F_{y1,2\text{ exp}}^B = 17,22 - 16,6 = 0,62\text{ N} \quad (37)$$

Výpočet procentuální chyby měření

$$\Delta F_{y1,2}^B = \frac{F_{y1,2\text{ vyp}}^B - F_{y1,2\text{ exp}}^B}{F_{y1,2\text{ vyp}}^B} \cdot 100 = \frac{17,22 - 16,6}{17,22} \cdot 100 = 3,60\% \quad (38)$$

5 NAMĚŘENÉ HODNOTY

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v těchto tabulkách:

- úloha č.1 – tabulka v příloze P III
- úloha č.2 – tabulka v příloze P IV
- úloha č.3 – tabulka v příloze P V
- úloha č.4 – tabulka v příloze P VI
- úloha č.5 – tabulka v příloze P VII

6 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Z tabulky naměřených hodnot pro úlohu č.1 (příloha P III) plyne, že naměřené hodnoty se prakticky neliší od výpočtových (max. procentuální chyba je 1,41%). Z toho vyplývá, že přípravek je dostatečně přesný pro úlohu zatížení nosníku osamělou silou.

Z tabulky naměřených hodnot pro úlohu č.2 (příloha P IV) vyplývá, že naměřené hodnoty se příliš neliší od výpočtových (max. procentuální chyba je 4,57%, ostatní chyby jsou do 2%). Z toho vyplývá, že přípravek je dostatečně přesný i pro tuto úlohu zatížení nosníku dvěma stejně velkými osamělými silami.

Z další tabulky naměřených hodnot pro úlohu č.3 (příloha P V) plyne, že se příliš neliší naměřené hodnoty od výpočtových (max. procentuální chyba je 7,07%, ostatní chyby jsou do 2%). Z toho vyplývá, že přípravek je dostatečně přesný i pro úlohu zatížení nosníku dvěma různě velkými osamělými silami. Dále jsme v této úloze potvrdili princip superpozice.

Z tabulky naměřených hodnot pro úlohu č.4 (příloha P VI) plyne, že největší chyby měření vznikají pro malé hodnoty reakční síly $F_{y1,2}^B$. Nejvíce chybu měření v tomto případě ovlivňuje tření a vůle v otočném uložení. Proto je nutno danou úlohu měřit s větším zatěžujícím momentem M , kdy tření a vůle již nemají velký vliv na výsledek (chyba do 4%).

Z tabulky naměřených hodnot pro úlohu č.5 (příloha P VII) plyne, že maximální chyba měření je 7,98%, což je extrémní hodnota chyby. Ostatní chyby měření se pohybují do 6%. Pro tento případ se větší chyba dala očekávat vzhledem k zjednodušení spojitého zatížení.

ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo navrhnout a vypracovat výrobní dokumentaci a podle ní vyrobit přípravek pro zjišťování reakcí zatíženého nosníku, který se bude používat v laboratorním cvičení z předmětů Základy pružnosti a pevnosti a Aplikovaná mechanika, a provést ověřovací měření na tomto přípravku.

V teoretická části byly popsány základní pojmy z mechaniky, uvolňování těles a metody výpočtu reakcí nosníku. Dále v této části byl proveden přehled jednoduchých metod měření sil pomocí deformačních dynamometrů.

V praktické části byly vypracovány návrhy jednotlivých konstrukčních alternativ zatížení a uložení nosníku. S ohledem na možnost použití i v laboratorních cvičeních z předmětu Aplikovaná mechanika, byly navrženy jenom staticky určité případy uložení.

Konstrukční uspořádání bylo nakresleno v programu AutoCAD 2002. Po vypracování výkresové dokumentace nenormalizovaných dílců byly navrhnuté dílce vyrobeny dle této dokumentace v dílnách Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati. Po vyrobení jednotlivých součástí byl přípravek složen. Pro práci na přípravku byla navržena a popsána metodika měření.

Na již zhotoveném přípravku bylo provedeno ověření všech navržených alternativ laboratorních úloh a na základě naměřených hodnot bylo provedeno vyhodnocení přípravku. Z výsledků měření vyplývá že přípravek je schopen měřit reakce v rozsahu (0-100) N s tolerancí odpovídající chybě měření u většiny alternativ do 4%.

Z uvedeného vyplývá, že zadání bakalářské práce bylo splněno.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Valendin, M. Mechanika I - Statika. 1. vyd., UTB ve Zlíně, 2002.
ISBN 80-7318-088-X
- [2] Valendin, M. Mechanické chování těles II - Laboratorní cvičení. 1.vyd., VUT Brno, 1999. ISBN 80-214-1479-0
- [3] Jenčík, J., Volf, J. a kolektiv. Technická měření. 1. vyd., ČVUT v Praze, 2003. ISBN 80-01-02138-6
- [4] Šulc, J., Vysloužil, Z. Laboratorní cvičení technologická a strojní .SNTL Praha 1969. ISBN L13-C2-IV-31/25229
- [5] Šulc, J. Jednoduchá měření pro amatéry. SNTL Praha 1973. ISBN L-13-E1-IV-31/31944/IX.
- [6] Ovsík, M. Konstrukce přípravku pro demonstraci ohybu. (Bakalářská práce). UTB ve Zlíně, 2005
- [7] Chrobák, P. Přípravek k demonstraci tahu – tlaku. (Bakalářská práce). UTB ve Zlíně, 2005
- [8] Kolář, P. Konstrukce přípravku pro demonstraci krutu. (Bakalářská práce). UTB ve Zlíně, 2005
- [9] Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. Strojnické tabulky. Scientia s.r.o. Praha, 1998. ISBN 80-7183-123-9

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	Vzdálenost síly (zatížení) od otočné podpěry	mm
c	Tuhost pružiny	N/mm
dQ	Elementární zatížení	N/mm
$\vec{F}$	Síla	N
$\vec{F}_{1,2}^A$	Silový účinek tělesa 1 na těleso 2 v místě A	N
$\vec{F}_v$	Silová výslednice	N
F_Z	Zatěžovací síla	N
G	Tíha závaží	N
i	Počet stupňů volnosti	-
L	Vzdálenost podpěr	mm
m	Počet vazeb	-
$\vec{M}_k$	Kroutící moment	Nmm
$\vec{M}_o$	Ohybový moment	Nmm
$\vec{M}_v$	Momentová výslednice	Nmm
$\vec{N}$	Normálová síla	N
n	Normála	-
p	Počet roztečí od uložení páky po závaží	-
q	Spojité zatížení	N/mm
Q	Celkové břemeno	N
r	Počet roztečí od uložení páky po působíště síly F_Z	-
T	Těžiště	-
$\vec{T}$	Příčná síla	N
Dy	Posun ve směru y (stlačení pružiny)	mm

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Označování síly.....	9
Obr. 2 Spojité zatížení	11
Obr. 3 Řez tělesem	12
Obr. 4 Metoda řezu	12
Obr. 5 Složky účinků silové a momentové výslednice.....	14
Obr. 6 Znaménkové pravidlo	14
Obr. 7 Prostý tah a tlak.....	15
Obr. 8 Prostý smyk.....	15
Obr. 9 Prostý ohyb	16
Obr. 10 Prostý krut.....	16
Obr. 11 Otočné uložení.....	17
Obr. 12 Schéma otočného uložení.....	17
Obr. 13 Obecné uložení	18
Obr. 14 Schéma obecného uložení	18
Obr. 15 Schéma valivého uložení.....	19
Obr. 16 Posuvné uložení.....	20
Obr. 17 Schéma posuvného uložení	20
Obr. 18 Pevné uložení	21
Obr. 19 Schéma pevného uložení.....	21
Obr. 20 Příklady staticky určitých a neurčitých nosníků.....	22
Obr. 21 Příklad 1	23
Obr. 22 Příklad 2	24
Obr. 23 Příklad 3.....	25
Obr. 24 Příklad 4	26
Obr. 25 Příklad 5	27
Obr. 26 Základní typy pružných deformačních členů.	29
Obr. 27 Siloměr (dynamometr) pružinový.....	30
Obr. 28 Pružinový dynamometr (deformační)	30
Obr. 29 Obvyklé tvary třmenových dynamometrů	31
Obr. 30 Číselníkový úchylkoměr	32
Obr. 31 Základní části.....	34

Obr. 32 Určení zatěžující síly	35
Obr. 33 Konstrukční schéma otočného uložení	36
Obr. 34 Konstrukční schéma obecného uložení	37
Obr. 35 Konstrukční schéma pro zatížení osamělou silou	38
Obr. 36 Konstrukční schéma pro zatížení dvěma stejně velkými osamělými silami	39
Obr. 37 Konstrukční schéma pro spojitě zatížení.....	39
Obr. 38 Realizace ohybového momentu	40
Obr. 39 Schéma úlohy č.1.....	41
Obr. 40 Sestavená úloha č.1	42
Obr. 41 Schéma úlohy č.2.....	43
Obr. 42 Sestavená úloha č.2	44
Obr. 43 Schéma úlohy č.3.....	46
Obr. 44 Sestavená úlohy č.3	47
Obr. 45 Schéma úlohy č.4.....	48
Obr. 46 Sestavená úloha č.4	49
Obr. 47 Schéma úlohy č.5.....	51
Obr. 48 Sestavená úloha č.5	52

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Kalibrační křivky pružin

PŘÍLOHA P II: Tabulka porovnání pružin

PŘÍLOHA P III: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.1

PŘÍLOHA P IV: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.2

PŘÍLOHA P V: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.3

PŘÍLOHA P VI: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.4

PŘÍLOHA P VII: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.5

Výkres sestavení – sestava dvě různé síly UVI S1-00-C

Výkres sestavení – sestava moment UVI S2-00-C

Výkres sestavení – sestava spojitě zatížení UVI S3-00-C

Výkres sestavení – sestava táhla UVI S4-00-C

Výkres sestavení – sestava táhla pro jednu sílu UVI S1-00-C

Výkres sestavení – sestava táhla pro dvojici sil UVI S1-00-C

Výrobní výkres – rám UVI 01-01-C

Výrobní výkres – podstavec UVI 01-02-C

Výrobní výkres – čep UVI 01-04-C

Výrobní výkres – páka UVI 01-05-C

Výrobní výkres – čep UVI 01-06-C

Výrobní výkres – vidlice UVI 01-07-C

Výrobní výkres – úchytky UVI 01-08-C

Výrobní výkres – držák UVI 01-11-C

Výrobní výkres – přitlačná deska UVI 01-12-C

Výrobní výkres – otočná deska UVI 01-13-C

Výrobní výkres – příložka UVI 02-03-C

Výrobní výkres – rameno UVI 02-04-C

Výrobní výkres – břít UVI 05-01-C

Výrobní výkres – táhlo 1 UVI 05-02-C

Výrobní výkres – táhlo 2 UVI 05-03-C

Výrobní výkres – výztuha UVI 05-10-C

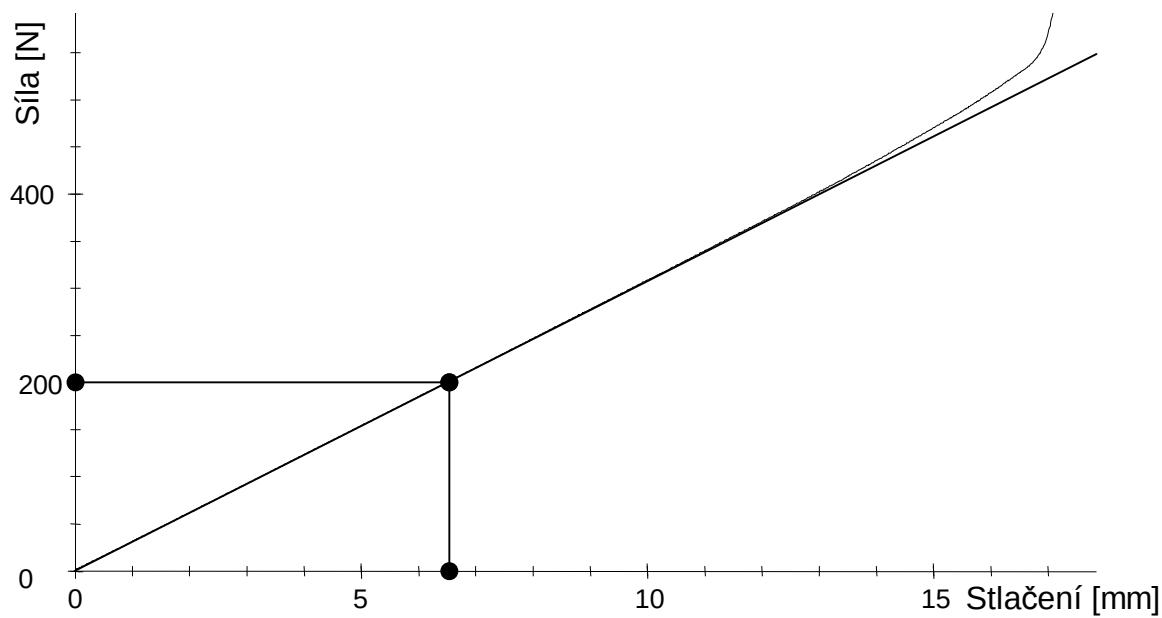
Výrobní výkres – spojovací část UVI 06-10-C

Výrobní výkres – mezikus UVI 06-11-C

PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRUŽIN

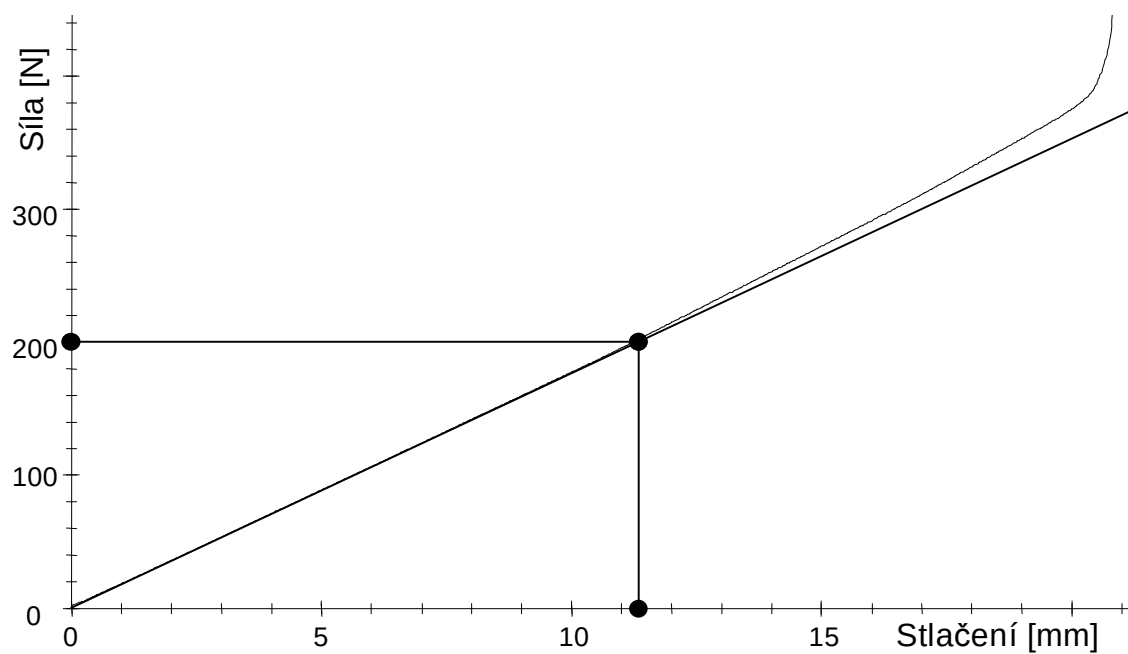
Pružina 1

$D = 25 \text{ mm}$; $d = 4 \text{ mm}$; $L = 60 \text{ mm}$; $c = 31 \text{ N/mm}$



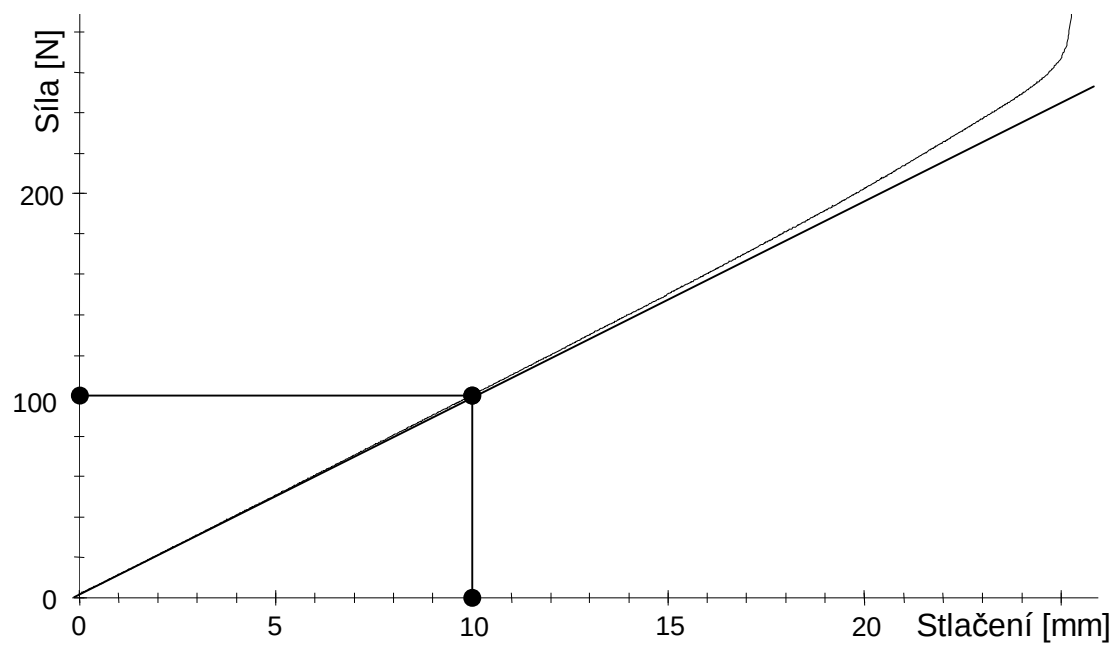
Pružina 2

$D = 25 \text{ mm}$; $d = 3,55 \text{ mm}$; $L = 60 \text{ mm}$; $c = 17,8 \text{ N/mm}$



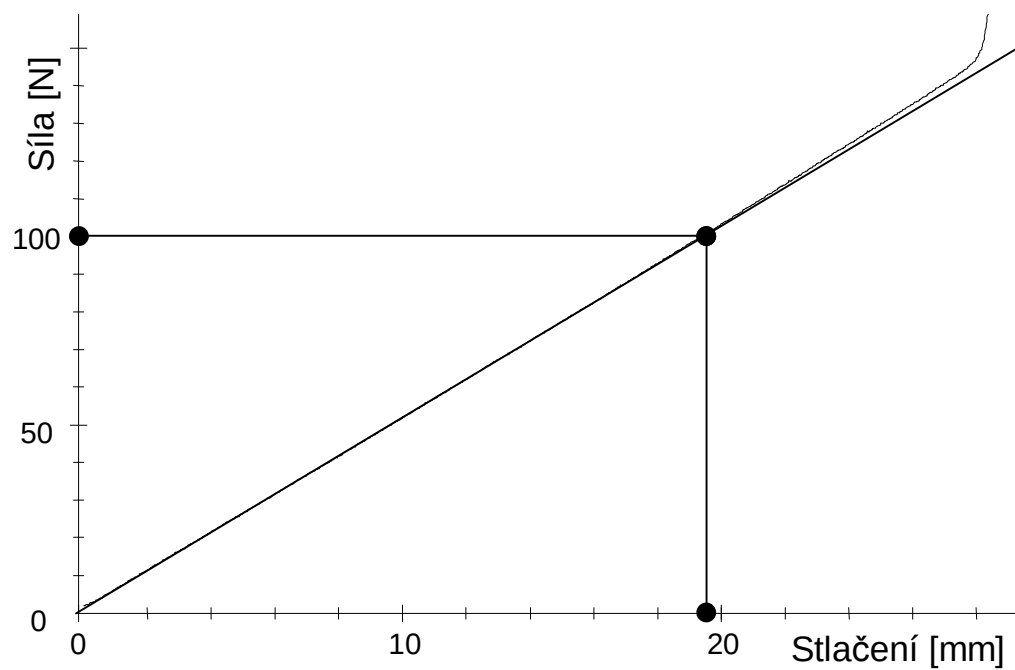
Pružina 3

$D = 25 \text{ mm}$; $d = 3,15 \text{ mm}$; $L = 60 \text{ mm}$; $c = 10 \text{ N/mm}$



Pružina 4

$D = 22 \text{ mm}$; $d = 2,5 \text{ mm}$; $L = 60 \text{ mm}$; $c = 5,19 \text{ N/mm}$



PŘÍLOHA P II: Tabulka porovnání pružin

zatížení = osamělá síla

									tuhost pružiny 5,19 N/mm			tuhost pružiny 10 N/mm			tuhost pružiny 17,8 N/mm			tuhost pružiny 31 N/mm		
č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	p [-]	r [-]	G [N]	F [N]	F _{y1,2} ^B w [N]	D y [mm]	F _{y1,2} ^B ex [N]	D F _{y1,2} ^B [%]	D y [mm]	F _{y1,2} ^B ex [N]	D F _{y1,2} ^B [%]	D y [mm]	F _{y1,2} ^B ex [N]	D F _{y1,2} ^B [%]	D y [mm]	F _{y1,2} ^B ex [N]	D F _{y1,2} ^B [%]
1	409	359	50	20	10	10	20	17,56	3,49	18,11	-3,18	1,75	17,50	-0,31	1,02	18,16	3,42	0,60	18,60	5,95
2	409	359	50	20	10	20	40	35,11	6,91	35,86	-2,14	3,52	35,20	0,26	2,04	36,31	3,42	1,18	36,58	4,19
3	409	359	50	20	10	30	60	52,67				5,27	52,70	0,07	3,03	53,93	2,41	1,75	54,25	3,01
4	409	359	50	20	10	40	80	70,22				6,99	69,90	-0,46	4,04	71,91	2,41	2,33	72,23	2,86
5	409	359	50	20	10	50	100	87,78				8,70	87,00	-0,88	5,05	89,89	2,41	2,88	89,28	1,71
6	409	209	200	16	4	10	40	20,44	4,04	20,97	-2,58	2,06	20,60	0,78	1,21	21,54	5,37	0,68	21,08	3,13
7	409	209	200	16	4	20	80	40,88	8,00	41,52	-1,57	4,09	40,90	0,05	2,36	42,01	2,76	1,34	41,54	1,61
8	409	209	200	16	4	30	120	61,32				6,15	61,50	0,29	3,51	62,48	1,89	2,01	62,31	1,61
9	409	209	200	16	4	40	160	81,76				8,17	81,70	-0,07	4,67	83,13	1,67	2,65	82,15	0,48
10	409	209	200	12	4	50	150	76,65				7,67	76,70	0,06						
11	409	89	320	20	4	10	50	10,88	2,14	11,11	-2,08	1,10	11,00	1,10	0,65	11,57	6,34	0,38	11,78	8,27
12	409	89	320	20	4	20	100	21,76	4,24	22,01	-1,13	2,19	21,90	0,64	1,26	22,43	3,07	0,73	22,63	4,00
13	409	89	320	20	4	30	150	32,64	6,36	33,01	-1,13	3,31	33,10	1,41	1,87	33,29	1,98	1,10	34,10	4,47
14	409	89	320	20	4	40	200	43,52	8,67	45,00	-3,39	4,39	43,90	0,87	2,50	44,50	2,25	1,45	44,95	3,28
15	409	89	320	20	4	50	250	54,40				5,50	55,00	1,10	3,11	55,36	1,76	1,82	56,42	3,71

PŘÍLOHA P III: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.1

tuhost pružiny $c = 10\text{N/mm}$

č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	p [-]	r [-]	G [N]	F [N]	$F_{y1,2}^B \text{ vyl. [N]}$	D y [mm]	$F_{y1,2}^B \text{ exp [N]}$	$DF_{y1,2}^B \text{ [N]}$	$DF_{y1,2}^B \text{ [%]}$
1	409	359	50	20	10	10	20	17,56	1,75	17,5	0,06	0,31
2	409	359	50	20	10	20	40	35,11	3,52	35,2	-0,09	-0,26
3	409	359	50	20	10	30	60	52,67	5,27	52,7	-0,03	-0,07
4	409	359	50	20	10	40	80	70,22	6,99	69,9	0,32	0,46
5	409	359	50	20	10	50	100	87,78	8,70	87,0	0,78	0,88
6	409	269	140	18	6	10	30	19,73	2,00	20,0	-0,27	-1,36
7	409	269	140	18	6	20	60	39,46	3,98	39,8	-0,34	-0,86
8	409	269	140	18	6	30	90	59,19	5,92	59,2	-0,01	-0,01
9	409	269	140	18	6	40	120	78,92	7,82	78,2	0,72	0,92
10	409	269	140	18	6	50	150	98,66	9,80	98,0	0,66	0,66
11	409	209	200	16	4	10	40	20,44	2,06	20,6	-0,16	-0,78
12	409	209	200	16	4	20	80	40,88	4,09	40,9	-0,02	-0,05
13	409	209	200	16	4	30	120	61,32	6,15	61,5	-0,18	-0,29
14	409	209	200	16	4	40	160	81,76	8,17	81,7	0,06	0,07
15	409	209	200	12	4	50	150	76,65	7,67	76,7	-0,05	-0,06
16	409	149	260	16	4	10	40	14,57	1,46	14,6	-0,03	-0,19
17	409	149	260	16	4	20	80	29,14	2,95	29,5	-0,36	-1,22
18	409	149	260	16	4	30	120	43,72	4,41	44,1	-0,38	-0,88
19	409	149	260	16	4	40	160	58,29	5,91	59,1	-0,81	-1,39
20	409	149	260	16	4	50	200	72,86	7,36	73,6	-0,74	-1,01
21	409	89	320	20	4	10	50	10,88	1,10	11,0	-0,12	-1,10
22	409	89	320	20	4	20	100	21,76	2,19	21,9	-0,14	-0,64
23	409	89	320	20	4	30	150	32,64	3,31	33,1	-0,46	-1,41
24	409	89	320	20	4	40	200	43,52	4,39	43,9	-0,38	-0,87
25	409	89	320	20	4	50	250	54,40	5,50	55,0	-0,60	-1,10

PŘÍLOHA P IV: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.2

tuhost pružiny $c = 10\text{N/mm}$

č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	p [-]	r [-]	G [N]	F _z [N]	F [N]	F _{y1,2} ^B _{typ} [N]	D y [mm]	F _{y1,2} ^B _{exp} [N]	DF _{y1,2} ^B [N]	DF _{y1,2} ^B [%]
1	409	60	180	18	6	10	30	15,0	11,00	1,05	10,50	0,50	4,57
2	409	60	180	18	6	20	60	30,0	22,00	2,15	21,50	0,50	2,29
3	409	60	180	18	6	30	90	45,0	33,01	3,19	31,90	1,11	3,35
4	409	60	180	18	6	40	120	60,0	44,01	4,32	43,20	0,81	1,84
5	409	60	180	18	6	50	150	75,0	55,01	5,39	53,90	1,11	2,02
6	409	120	180	20	8	10	25	12,5	12,84	1,29	12,90	-0,06	-0,50
7	409	120	180	20	8	20	50	25,0	25,67	2,55	25,50	0,17	0,67
8	409	120	180	20	8	30	75	37,5	38,51	3,80	38,00	0,51	1,32
9	409	120	180	20	8	40	100	50,0	51,34	5,09	50,90	0,44	0,87
10	409	120	180	20	8	50	125	62,5	64,18	6,40	64,00	0,18	0,28
11	409	180	180	20	10	10	20	10,0	13,20	1,31	13,10	0,10	0,78
12	409	180	180	20	10	20	40	20,0	26,41	2,63	26,30	0,11	0,40
13	409	180	180	20	10	30	60	30,0	39,61	3,94	39,40	0,21	0,53
14	409	180	180	20	10	40	80	40,0	52,81	5,20	52,00	0,81	1,54
15	409	180	180	20	10	50	100	50,0	66,01	6,52	65,20	0,81	1,23
16	409	240	60	20	10	10	20	10,0	13,20	1,33	13,30	-0,10	-0,74
17	409	240	60	20	10	20	40	20,0	26,41	2,60	26,00	0,41	1,54
18	409	240	60	20	10	30	60	30,0	39,61	3,87	38,70	0,91	2,29
19	409	240	60	20	10	40	80	40,0	52,81	5,23	52,30	0,51	0,97
20	409	240	60	20	10	50	100	50,0	66,01	6,50	65,00	1,01	1,54
21	409	90	60	20	5	10	40	20,0	11,74	1,15	11,52	0,21	1,81
22	409	90	60	20	5	20	80	40,0	23,47	2,30	23,00	0,47	2,01
23	409	90	60	20	5	30	120	60,0	35,21	3,47	34,70	0,51	1,44
24	409	90	60	20	5	40	160	80,0	46,94	4,61	46,10	0,84	1,80
25	409	90	60	20	5	50	200	100,0	58,68	5,86	58,60	0,08	0,14
26	409	180	60	20	8	10	25	12,5	12,84	1,27	12,70	0,14	1,06
27	409	180	60	20	8	20	50	25,0	25,67	2,54	25,40	0,27	1,06
28	409	180	60	20	8	30	75	37,5	38,51	3,79	37,90	0,61	1,58
29	409	180	60	20	8	40	100	50,0	51,34	5,07	50,70	0,64	1,26
30	409	180	60	20	8	50	125	62,5	64,18	6,39	63,90	0,28	0,44
31	409	60	60	20	4	10	50	25,0	11,00	1,10	11,00	0,00	0,02
32	409	60	60	20	4	20	100	50,0	22,00	2,18	21,80	0,20	0,93
33	409	60	60	20	4	30	150	75,0	33,01	3,24	32,40	0,61	1,84
34	409	60	60	20	4	40	200	100,0	44,01	4,35	43,50	0,51	1,16
35	409	60	60	20	4	50	250	125,0	55,01	5,40	54,00	1,01	1,84

PŘÍLOHA P V: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.3

tuhost pružiny $c = 10\text{N/mm}$

č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	p_1 [-]	r_1 [-]	G_1 [N]	F_1 [N]	p_2 [-]	r_2 [-]	G_2 [N]	F_2 [N]	$F_{y1,2}^B$ [N]	D y [mm]	$F_{y1,2}^B$ [N]	$D F_{y1,2}^B$ [N]	$D F_{y1,2}^B$ [%]	$F_1=0$	$F_2=0$	F_1+F_2	D
																	D y [mm]	D y [mm]	$F_{y1,2}^B$ [N]	$D F_{y1,2}^B$ [N]
1	409	120	215	20	8	20	50,00	20	12	20	33,33	41,97	4,20	42,0	-0,03	-0,07	1,48	2,75	42,30	0,30
2	409	120	215	20	10	20	40,00	20	12	40	66,67	66,34	6,95	69,5	-3,16	-4,76	1,48	5,45	69,30	-0,20
3	409	120	215	20	10	40	80,00	20	12	20	33,33	50,77	5,35	53,5	-2,73	-5,37	2,96	2,75	57,10	3,60
4	409	120	215	20	10	40	80,00	20	12	40	66,67	78,08	8,36	83,6	-5,52	-7,07	2,96	5,45	84,10	0,50
5	409	120	240	20	8	20	50,00	20	13	20	30,77	41,75	4,17	41,7	0,05	0,13	1,48	2,73	42,10	0,40
6	409	120	240	20	8	20	50,00	20	13	40	61,54	68,84	6,84	68,4	0,44	0,63	1,48	5,41	68,90	0,50
7	409	120	240	20	8	40	100,00	20	13	20	30,77	56,42	5,62	56,2	0,22	0,39	2,92	2,73	56,50	0,30
8	409	120	240	20	8	40	100,00	20	13	40	61,54	83,51	8,27	82,7	0,81	0,96	2,92	5,41	83,30	0,60
9	409	120	60	20	8	20	50,00	20	7	20	57,14	39,82	4,09	40,9	-1,08	-2,72	1,45	2,54	39,90	-1,00
10	409	120	60	20	8	20	50,00	20	7	40	114,29	64,97	6,55	65,5	-0,53	-0,82	1,45	5,05	65,00	-0,50
11	409	120	60	20	8	40	100,00	20	7	20	57,14	54,49	5,49	54,9	-0,41	-0,76	2,88	2,54	54,20	-0,70
12	409	120	60	20	8	40	100,00	20	7	40	114,29	79,64	8,02	80,2	-0,56	-0,71	2,88	5,05	79,30	-0,90
13	409	120	130	20	8	20	50,00	20	9	20	44,44	41,84	4,16	41,6	0,24	0,57	1,47	2,72	41,90	0,30
14	409	120	130	20	8	20	50,00	20	9	40	88,89	69,00	6,82	68,2	0,80	1,16	1,47	5,36	68,30	0,10
15	409	120	130	20	8	40	100,00	20	9	20	44,44	56,51	5,61	56,1	0,41	0,72	2,91	2,72	56,30	0,20
16	409	120	130	20	8	40	100,00	20	9	40	88,89	83,67	8,26	82,6	1,07	1,28	2,91	5,36	82,70	0,10
17	409	90	270	20	9	20	44,44	20	13	20	30,77	36,86	3,70	37,0	-0,14	-0,37	0,98	2,75	37,30	0,30
18	409	90	270	20	9	20	44,44	20	13	40	61,54	63,95	6,23	62,3	1,65	2,57	0,98	5,47	64,50	2,20
19	409	90	270	20	9	40	88,89	20	13	20	30,77	46,64	4,69	46,9	-0,26	-0,55	1,95	2,75	47,00	0,10
20	409	90	270	20	9	40	88,89	20	13	40	61,54	73,73	7,25	72,5	1,23	1,66	1,95	5,47	74,20	1,70
21	409	90	150	20	9	20	44,44	20	9	20	44,44	35,86	3,63	36,3	-0,44	-1,23	0,99	2,64	36,30	0,00
22	409	90	150	20	9	20	44,44	20	9	40	88,89	61,94	6,22	62,2	-0,26	-0,42	0,99	5,25	62,40	0,20
23	409	90	150	20	9	40	88,89	20	9	20	44,44	45,64	4,59	45,9	-0,26	-0,57	1,97	2,64	46,10	0,20
24	409	90	150	20	9	40	88,89	20	9	40	88,89	71,72	7,19	71,9	-0,18	-0,25	1,97	5,25	72,20	0,30
25	409	240	100	16	4	20	80,00	20	12	20	33,33	74,65	7,50	75,0	-0,35	-0,46	4,73	2,78	75,10	0,10
26	409	240	100	16	4	20	80,00	20	12	40	66,67	102,36	10,28	102,8	-0,44	-0,43	4,73	5,51	102,40	-0,40
27	409	240	100	16	4	30	120,00	20	12	20	33,33	98,13	9,88	98,8	-0,67	-0,69	7,00	2,78	97,80	-1,00
28	409	240	100	16	4	10	40,00	20	12	10	16,67	37,33	3,78	37,8	-0,47	-1,27	2,38	1,39	37,70	-0,10
29	409	180	40	18	6	20	60,00	20	8	20	50,00	53,30	5,31	53,1	0,20	0,38	2,68	2,68	53,60	0,50
30	409	180	40	18	6	20	60,00	20	8	40	100,00	80,20	7,95	79,5	0,70	0,87	2,68	5,35	80,30	0,80
31	409	180	40	18	6	40	120,00	20	8	20	50,00	79,71	7,90	79,0	0,71	0,89	5,19	2,68	78,70	-0,30
32	409	180	40	18	6	30	90,00	20	8	30	75,00	79,95	7,93	79,3	0,65	0,81	3,99	4,03	80,20	0,90

PŘÍLOHA P VI: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.4

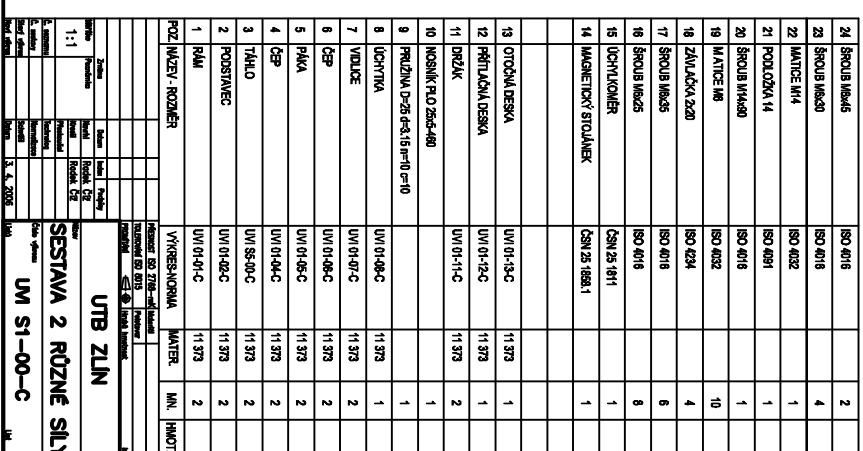
tuhost pružiny $c = 10 \text{ N/mm}$

č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	G [N]	M [Nmm]	$F_{y1,2 \text{ vyp}}^B$ [N]	D y [mm]	$F_{y1,2 \text{ exp}}^B$ [N]	$DF_{y1,2}^B$ [N]	$DF_{y1,2}^B$ [%]
1	409	210	297	10	2970	7,26	0,50	5,0	2,26	31,14
2	409	210	297	20	5940	14,52	1,32	13,2	1,32	9,11
3	409	210	297	30	8910	21,78	2,05	20,5	1,28	5,90
4	409	210	297	40	11880	29,05	2,89	28,9	0,15	0,50
5	409	210	297	50	14850	36,31	3,61	36,1	0,21	0,57
6	409	210	297	60	17820	43,57	4,35	43,5	0,07	0,16
7	409	370	297	10	2970	7,26	0,55	5,5	1,76	24,26
8	409	370	297	20	5940	14,52	1,22	12,2	2,32	16,00
9	409	370	297	30	8910	21,78	2,12	21,2	0,58	2,68
10	409	370	297	40	11880	29,05	2,76	27,6	1,45	4,98
11	409	370	297	50	14850	36,31	3,51	35,1	1,21	3,33
12	409	370	297	60	17820	43,57	4,32	43,2	0,37	0,85
13	409	52	297	10	2970	7,26	0,59	5,9	1,36	18,75
14	409	52	297	20	5940	14,52	1,25	12,5	2,02	13,93
15	409	52	297	30	8910	21,78	2,06	20,6	1,18	5,44
16	409	52	297	40	11880	29,05	2,82	28,2	0,85	2,91
17	409	52	297	50	14850	36,31	3,58	35,8	0,51	1,40
18	409	52	297	60	17820	43,57	4,39	43,9	-0,33	-0,76

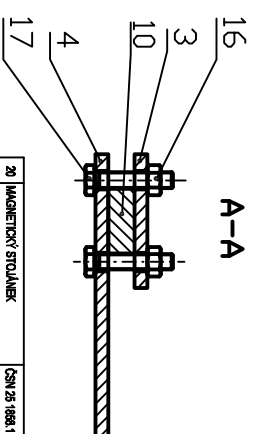
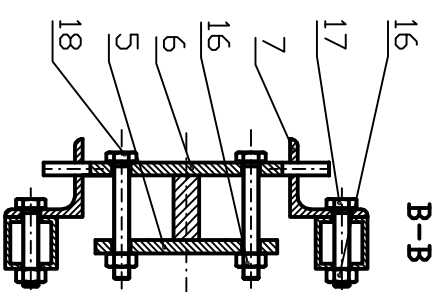
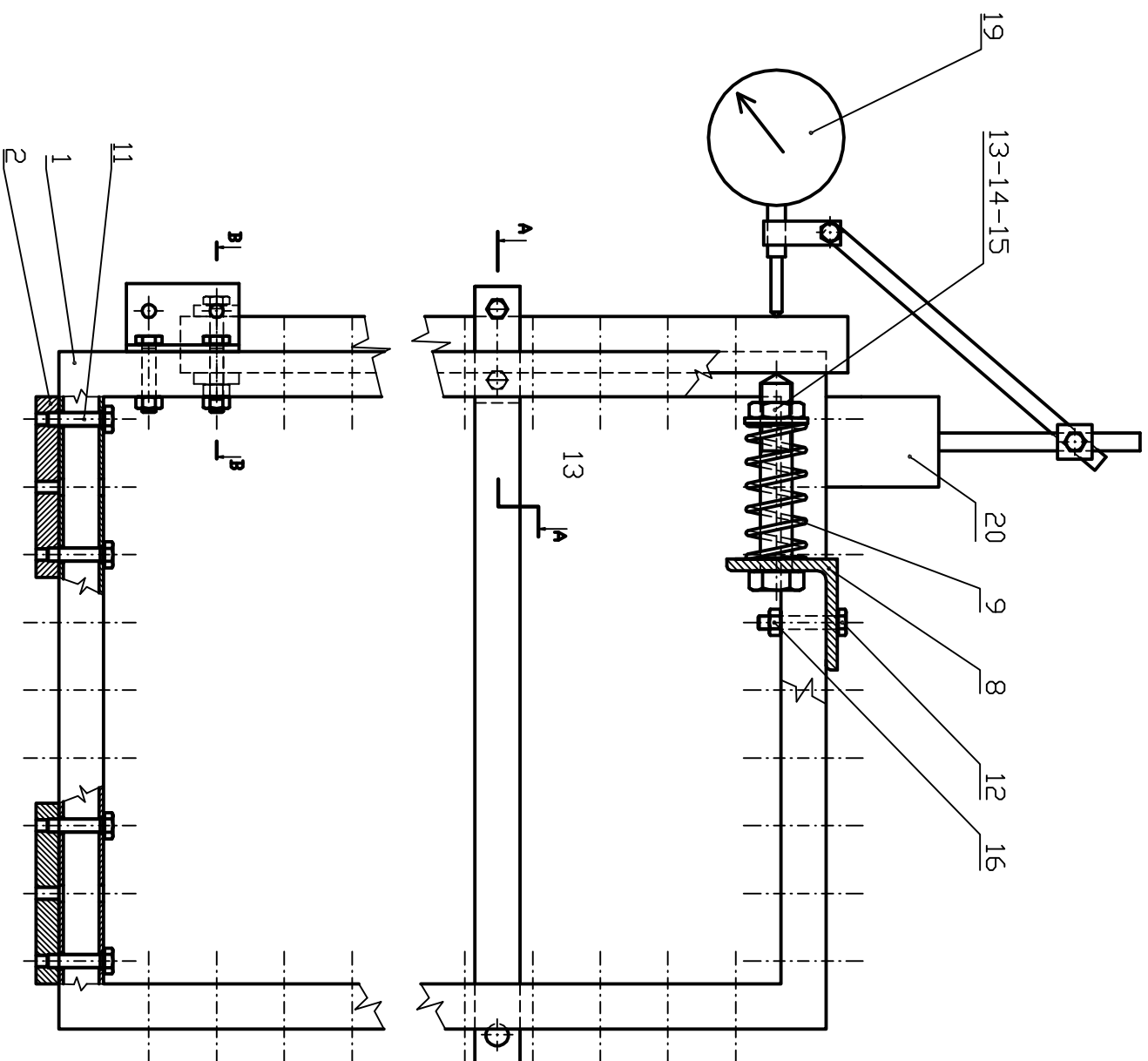
PŘÍLOHA P VII: Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro úlohu č.5

tuhost pružiny $c = 10\text{N/mm}$

č.m.	L [mm]	a [mm]	b [mm]	p [-]	r [-]	G [N]	F_z [N]	q [N/mm]	$F_{y1,2}^B \text{ vyl}$ [N]	D y [mm]	$F_{y1,2}^B \text{ exp}$ [N]	$DF_{y1,2}^B$ [N]	$DF_{y1,2}^B$ [%]
1	409	140	200	16	4	10	40,00	0,20	23,47	2,16	21,6	1,87	7,98
2	409	140	200	16	4	20	80,00	0,40	46,94	4,45	44,5	2,44	5,21
3	409	140	200	16	4	30	120,00	0,60	70,42	6,64	66,4	4,02	5,70
4	409	45	200	17	7	10	24,29	0,12	8,61	0,81	8,1	0,51	5,92
5	409	45	200	17	7	20	48,57	0,24	17,22	1,66	16,6	0,62	3,60
6	409	45	200	17	7	30	72,86	0,36	25,83	2,49	24,9	0,93	3,60
7	409	45	200	17	7	40	97,14	0,49	34,44	3,36	33,6	0,84	2,44
8	409	45	200	17	7	50	121,43	0,61	43,05	4,16	41,6	1,45	3,37
9	409	160	200	16	3	5	26,67	0,13	16,95	1,73	17,3	-0,35	-2,05
10	409	160	200	16	3	10	53,33	0,27	33,90	3,36	33,6	0,30	0,90
11	409	160	200	16	3	15	80,00	0,40	50,86	4,97	49,7	1,16	2,27

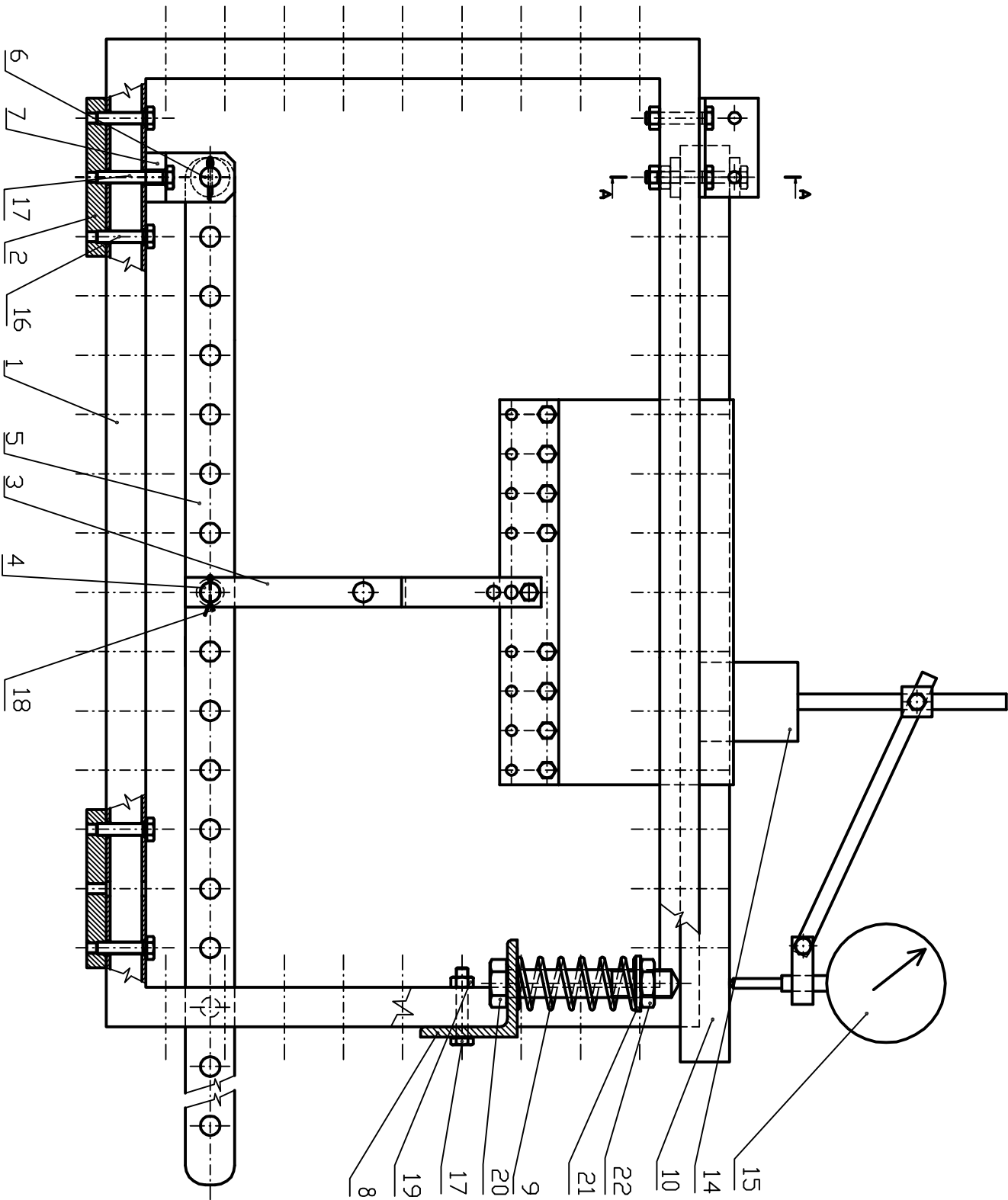
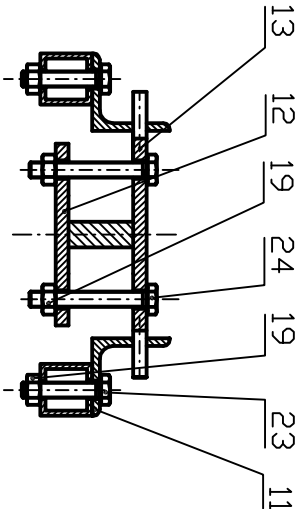


UM S1-00-C

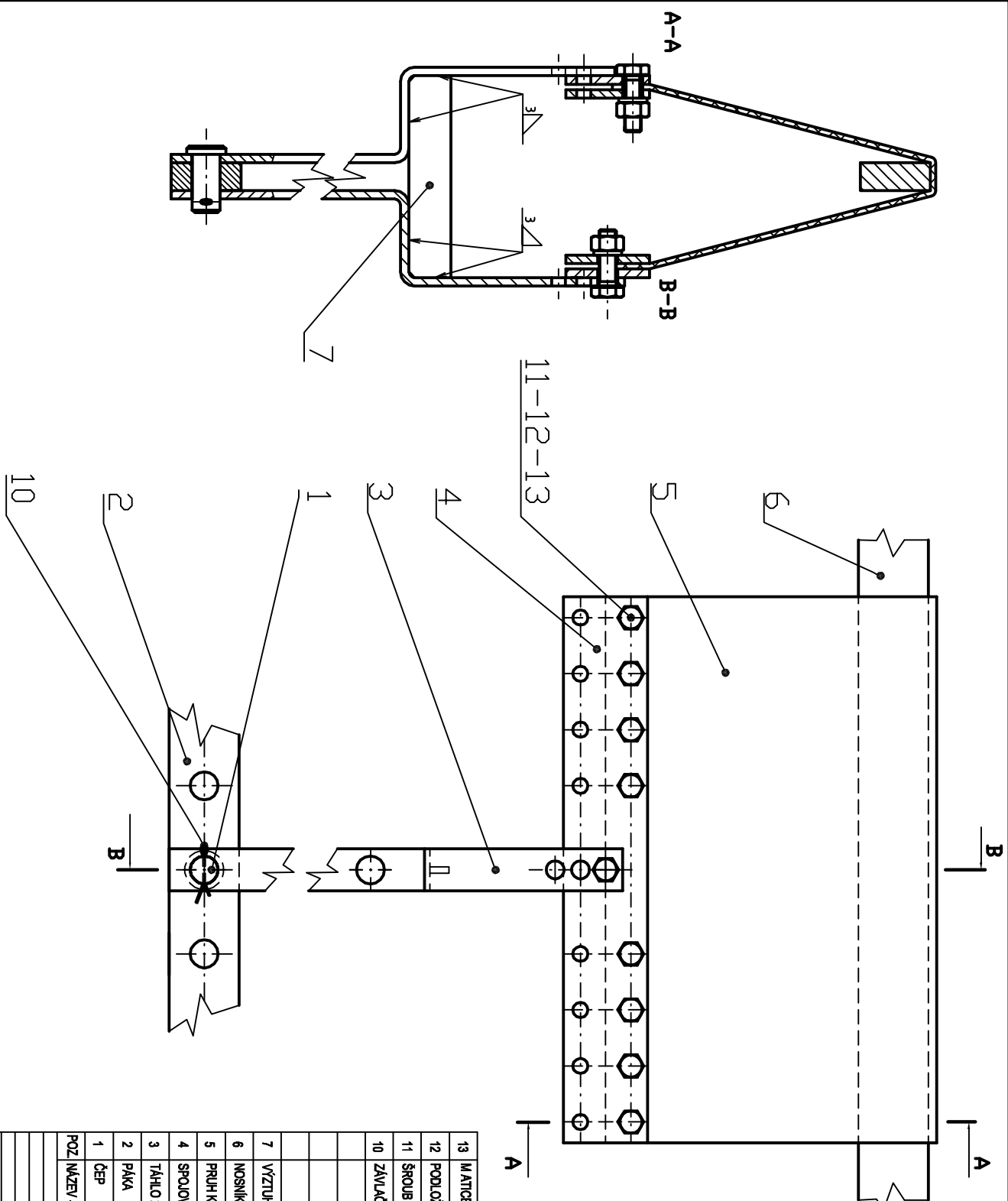


20	MAGNETICKÝ STOLÍK	ČSN 23 1886.1	1	
19	UCHYTOVATEL	ČSN 23 1811	1	
18	ŠROUB M6x6	ISO 4016	2	
17	ŠROUB M6x20	ISO 4016	6	
16	MATICE M6	ISO 4032	10	
15	MATICE M4	ISO 4032	1	
14	PODLOŽKA M4	ISO 4091	1	
13	ŠROUB M4x60	ISO 4016	1	
12	ŠROUB M6x35	ISO 4016	2	
11	ŠROUB M6x25	ISO 4016	8	
10	MOŠNÍK PLO 25x5-480		11 373	1
9	PRŮTLAČKA D=26 d=15 n=10 e=10			1
8	UCHYTIVA	UM 01-08-C	11 373	1
7	DRŽÁK	UM 01-11-C	11 373	2
6	OTČOVÁ DESKA	UM 01-13-C	11 373	1
5	PŘÍTLAČKOVÁ DESKA	UM 01-12-C	11 373	1
4	RAMENO	UM 02-04-C	11 373	1
3	PŘÍTLAČKA	UM 02-03-C	11 373	1
2	PODSTAVEC	UM 01-02-C	11 373	2
1	RAM	UM 01-01-C	11 373	2
POZ. UMZEJ - ROZMĚR				
VÝKRES-NORMA				
MATER.				
MNOŽ.				
UTB ZLH				
SESTAVA MOMENT				
UM S2-00-C				
3. 4. 2005				

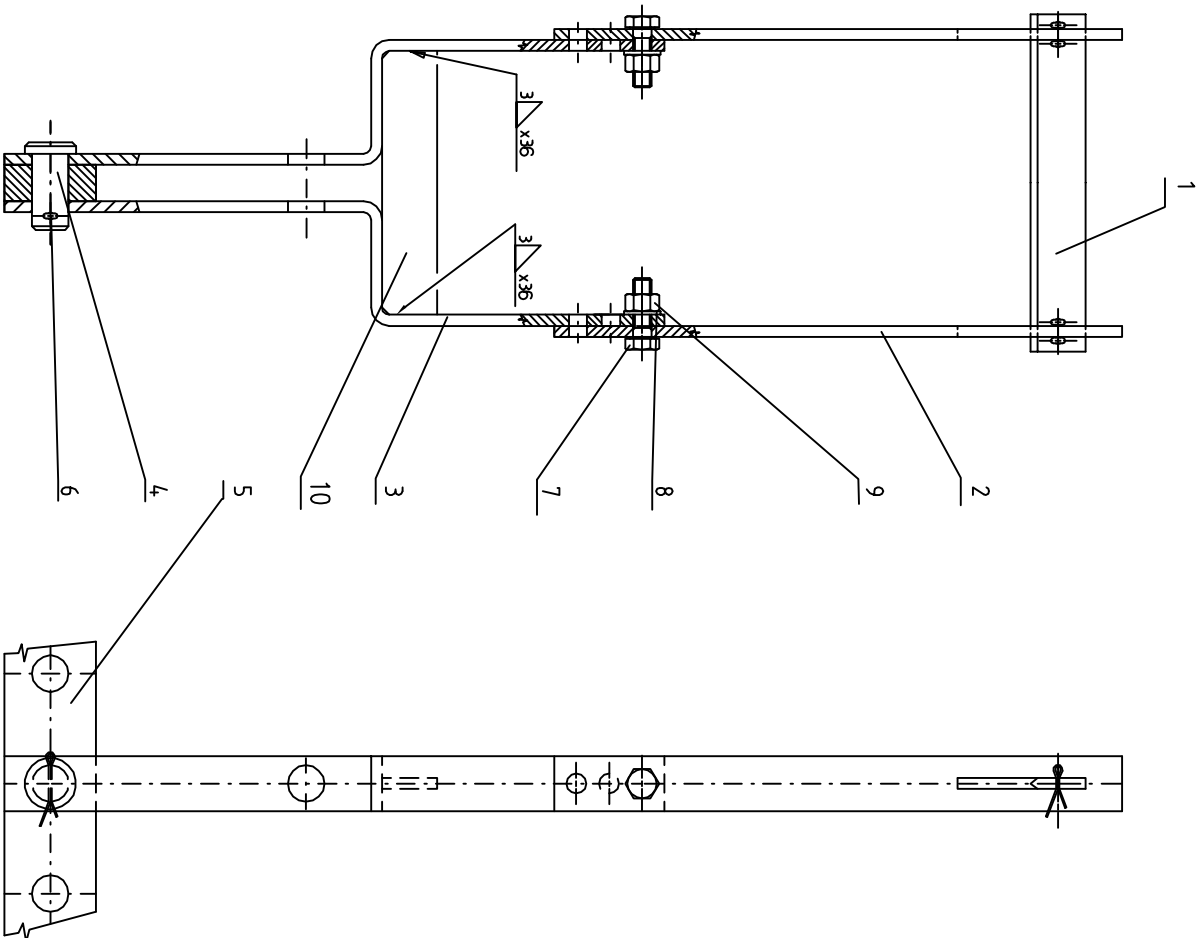
A-A



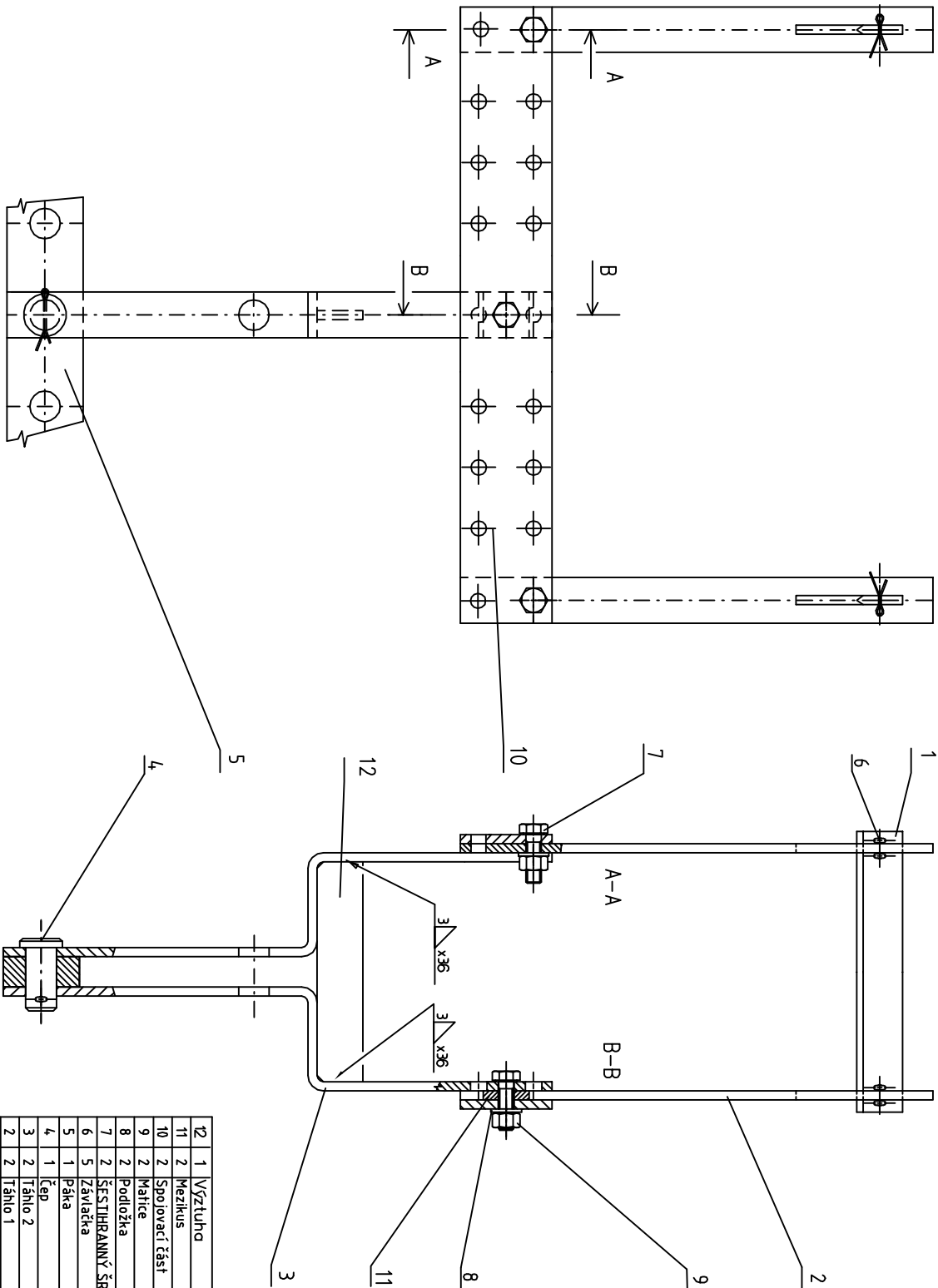
24	ŠROUB M6x5	ISO 4016	2
23	ŠROUB M6x20	ISO 4016	4
22	MATICE M4	ISO 4032	1
21	PODLOŽKA 14	ISO 4091	1
20	ŠROUB M4x20	ISO 4016	1
19	MATICE M6	ISO 4032	12
18	ZÁKLICKA 2x20	ISO 4234	2
17	ŠROUB M6x5	ISO 4016	6
16	ŠROUB M6x5	ISO 4016	8
15	UCHYLKOVĚR	ČSN 25 1611	1
14	MAGNETICKÝ STOLÁNEK	ČSN 25 168A.1	1
13	OTVOROVÁ DESKA	UVI 01-13-C	1
12	PŘÍTLAČOVÁ DESKA	UVI 01-12-C	1
11	DRŽÁK	UVI 01-11-C	1
10	MOŠNIK PLO 25x5-480		2
9	PŘÍTLAČNA D-25 d-15 n=10 e=10		1
8	UCHYTIVA	UVI 01-08-C	1
7	VÝDLEŽ	UVI 01-07-C	1
6	ČEP	UVI 01-06-C	1
5	PKA	UVI 01-05-C	1
4	ČEP	UVI 01-04-C	1
3	TAHLO	UVI SS-03-C	1
2	PODSTAVEC	UVI 01-02-C	2
1	RAM	UVI 01-01-C	2
POL. NÁZEV - ROZMĚR			
VÝKRES-NORMA			
MATER.			
MĚRIT.			
MĚŘENÍ SO 2788-01/1000			
TOLERANCE SO 9715			
PŘÍLOHA			
UTB ZLJN			
SPOUŠŤ ZATÍŽENÍ			
UM S3-00-C			
3. 4. 2005			



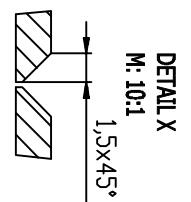
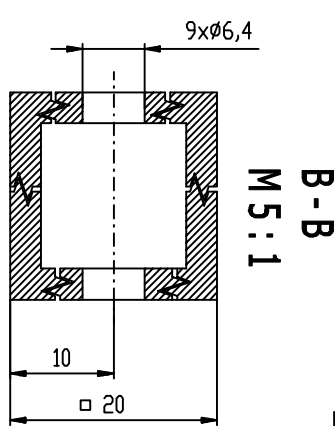
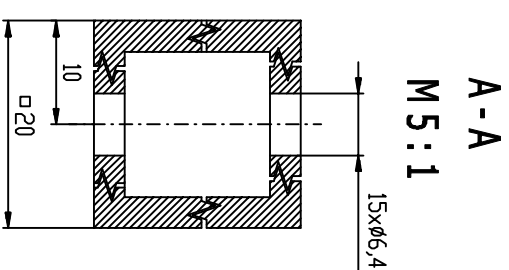
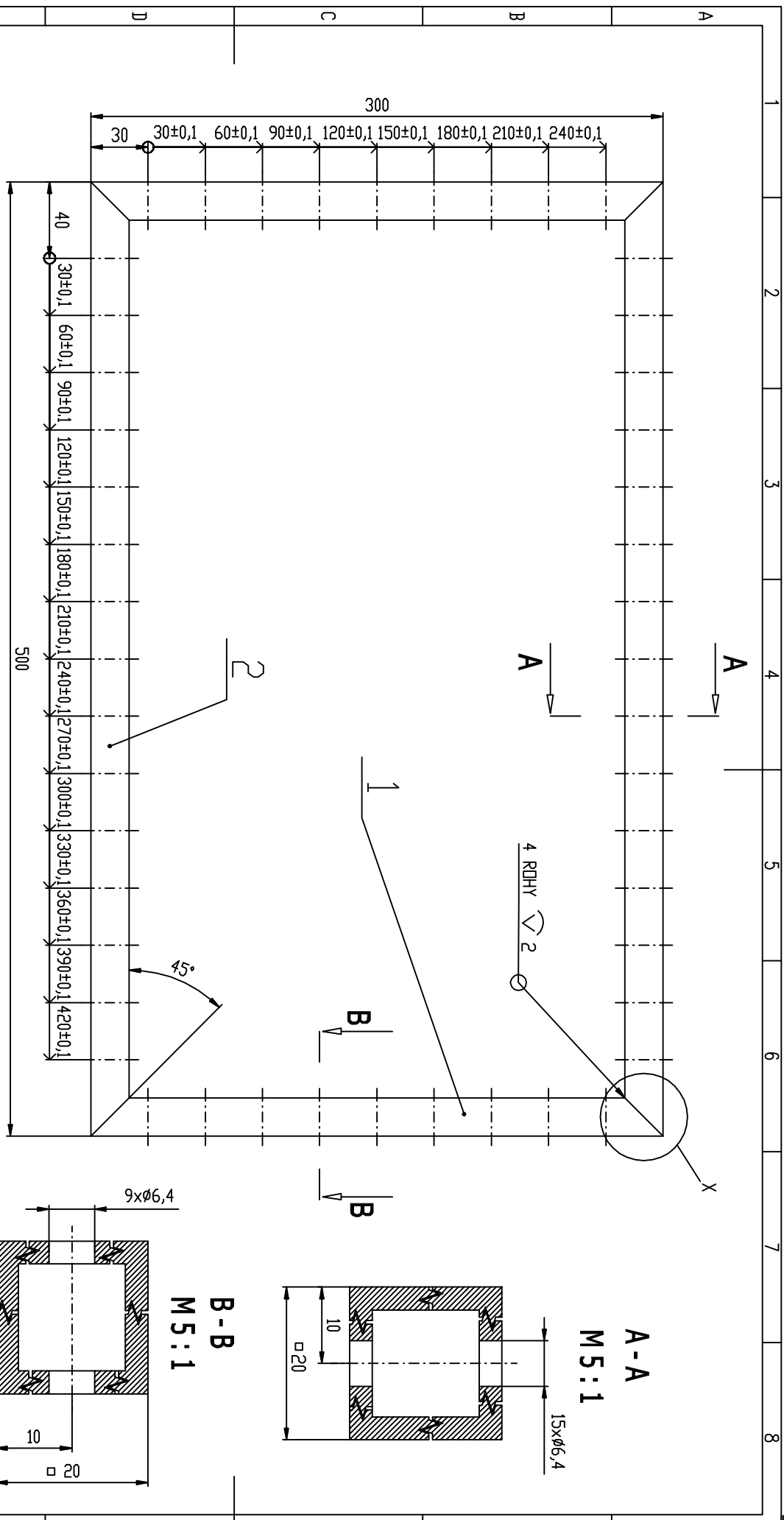
13	MATICE M6	ISO 4032	18	
12	PODLOŽKA 6	ISO 4091	18	
11	ŠROUB M6x20	ISO 4016	18	
10	ZÁVLAČKA 2x20	ISO 4234	1	
7	VÝZTUHA	UM/05-10-C	11 373	1
6	NOSNÍK PLO 25x5-480			1
5	PRUH KOŽENKY 200x250			1
4	SPOJOVACÍ ČÁST	UM/06-10-C	11 373	4
3	TAHLO 2	UM/05-03-C	11 373	1
2	PAKA	UM/01-05-C	11 373	1
1	ČEP	UM/01-04-C	11 373	1
POZ. NÁZEV - ROZMĚR		VÝKRES-NORMA	MATER.	MN.
				HMOT.
		PRŮMĚR ISO 2768-mH		
		TOLEOVANÍ ISO 8015		
		 POUŽITÍ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		
		PROJEKTOVÝ		
		INŽENÝR		



10	1	Výztuho	UVI 05-10-C	11373
9	2	Matice	M6 CSN EN 24032	
8	2	Podložka	6 CSN 02 1702.10	
7	2	ŠESTIHRANNÝ ŠROUB	M6 x25 CSN EN 24016	
6	5	Závlečka	2x20 ISO 1234, St	
5	1	Páka	UVI 01-05-C	
4	1	Čep	UVI 01-06-C	11373
3	2	Táhlo 2B	UVI 05-03-C	11373
3	2	Táhlo 2A	UVI 05-03-C	11373
2	2	Táhlo 1	UVI 05-02-C	11373
1	1	Břít	UVI 05-01-C	11373
Item Qty		Description	Standard	Material
Jmeno součásti		Dispozice	UST	Material
Formát A2		UTB - ZLÍN		
Přesl. 14.03.2005		Milan Ovsík		
OPAKUJ.		Sestava táhla pro jednu sílu		
SCV.				
VÝRBEK		Číslo výrobku		
REV		UVI S5-00-C		
Dokument				



12	1	Výztužna	UVI 05-10-C	11373
11	2	Mezikus	UVI 06-11-C	11373
10	2	Spojovací část	UVI 06-10-C	11373
9	2	Matice	M6 CSN EN 24032	
8	2	Podložka	6 CSN 02 1702.10	
7	2	ŠESTIHRANNÝ ŠROUB	M6x25 CSN EN 24016	
6	5	Zavíratka	2x20 ISO 1234, St	
5	1	Páka	UVI 01-05-C	11373
4	1	Čep	UVI 01-06-C	11373
3	2	Táhlo 2	UVI 05-03-C	11373
2	2	Táhlo 1	UVI 05-02-C	11373
1	1	Břít	UVI 05-01-C	11373
Item Qty		Description	Standard	Material
Jmeno součásti		Číslo součásti	UST	Material
Formát A2		UTB - ZLÍN		
Přesl. 14.03.2005		Milan Ovsík		
OPRAVA				
SCV				
VYRUBENO				
REV				
Číslo výrobku		UVI S6-00-C		
Číslo návrhu				



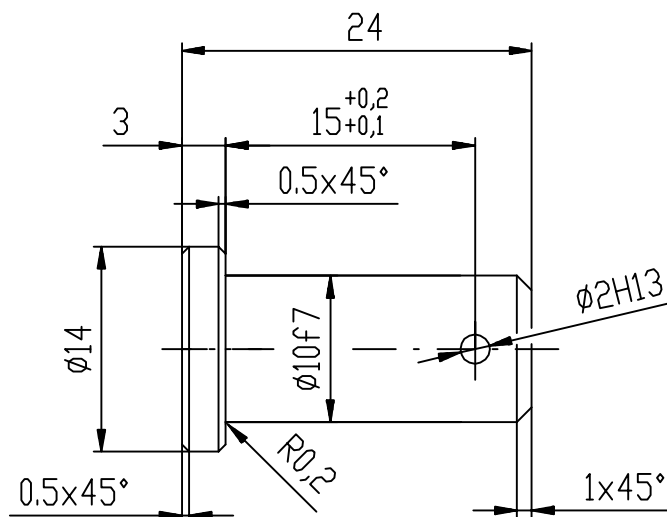
2	TR 4HR 20 x 2 - 505	ČSN 42 6935	11 343	2	
1	TR 4HR 20 x 2 - 305	ČSN 42 6935	11 343	2	
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	J. MN.	HMOT.

DÍRY ODJEHLIT									
BOČNÍ SVARY ZABROUSIT S POVRCHEM									
INDEX		ZMĚNA		DATUM		PODPIS		UTB - ZLÍN	
ZNAM.		ROZM. - POL. LOT.		TOL.		HMOTNOST		kg	
PDM. ZAR.						ČSN		TRČ.	
VYPR. Petr Chrobák		NORMAREF.				POZN.		Č. KUSTOVNIKU	
PŘEZK.									
TECHNOL.		SCHVALIL		19.12.2005		STARÝ V.		Č.V.	
NÁZEV									
RÁM						UVI 01-01-C			
						Lístů		Líst	
						7		8	

1 2 3 4

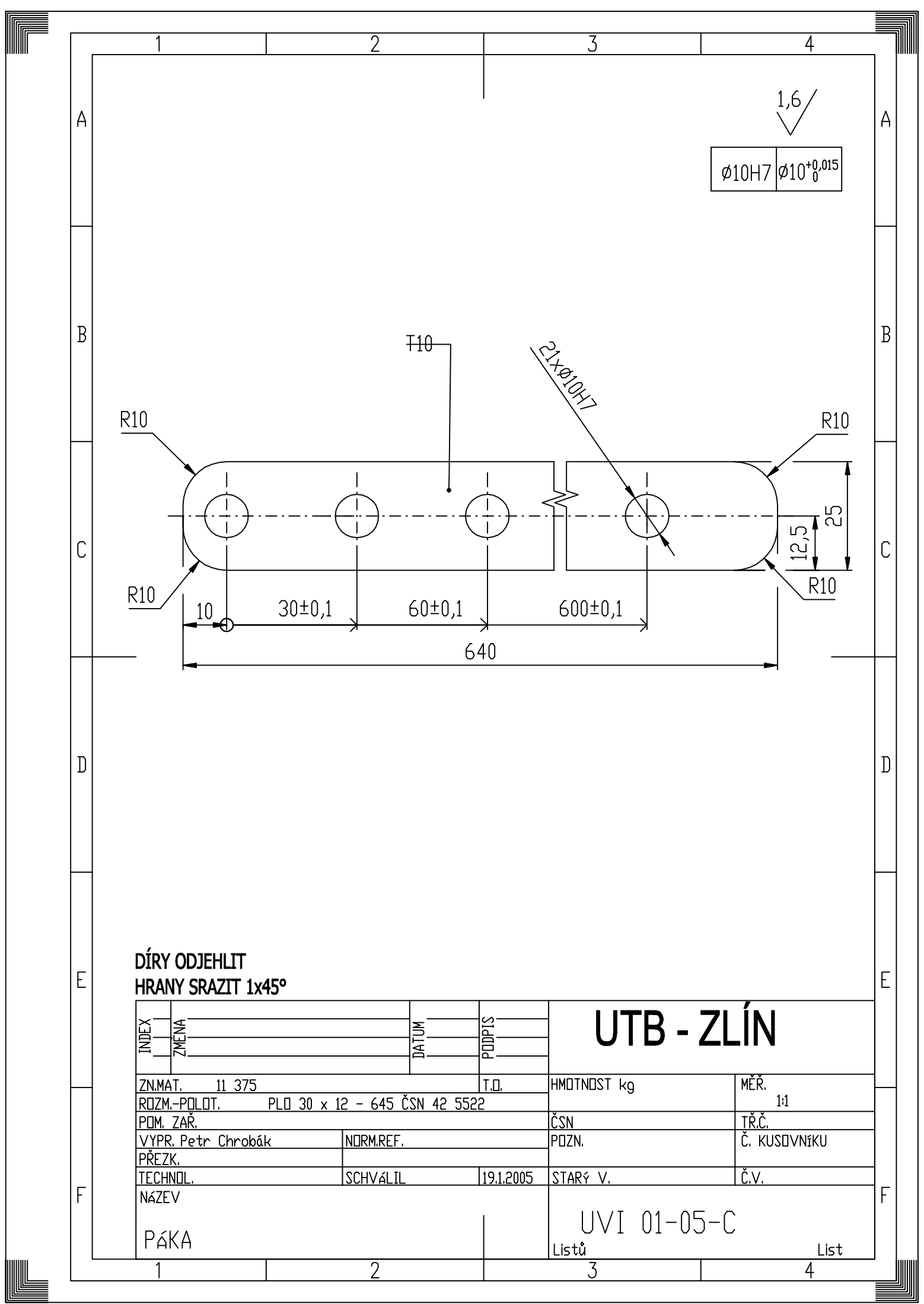
0.8

$\varnothing 10f7$	$\varnothing 10_{-0,028}^{-0,013}$
$\varnothing 2H13$	$\varnothing 2_0^{+0,14}$



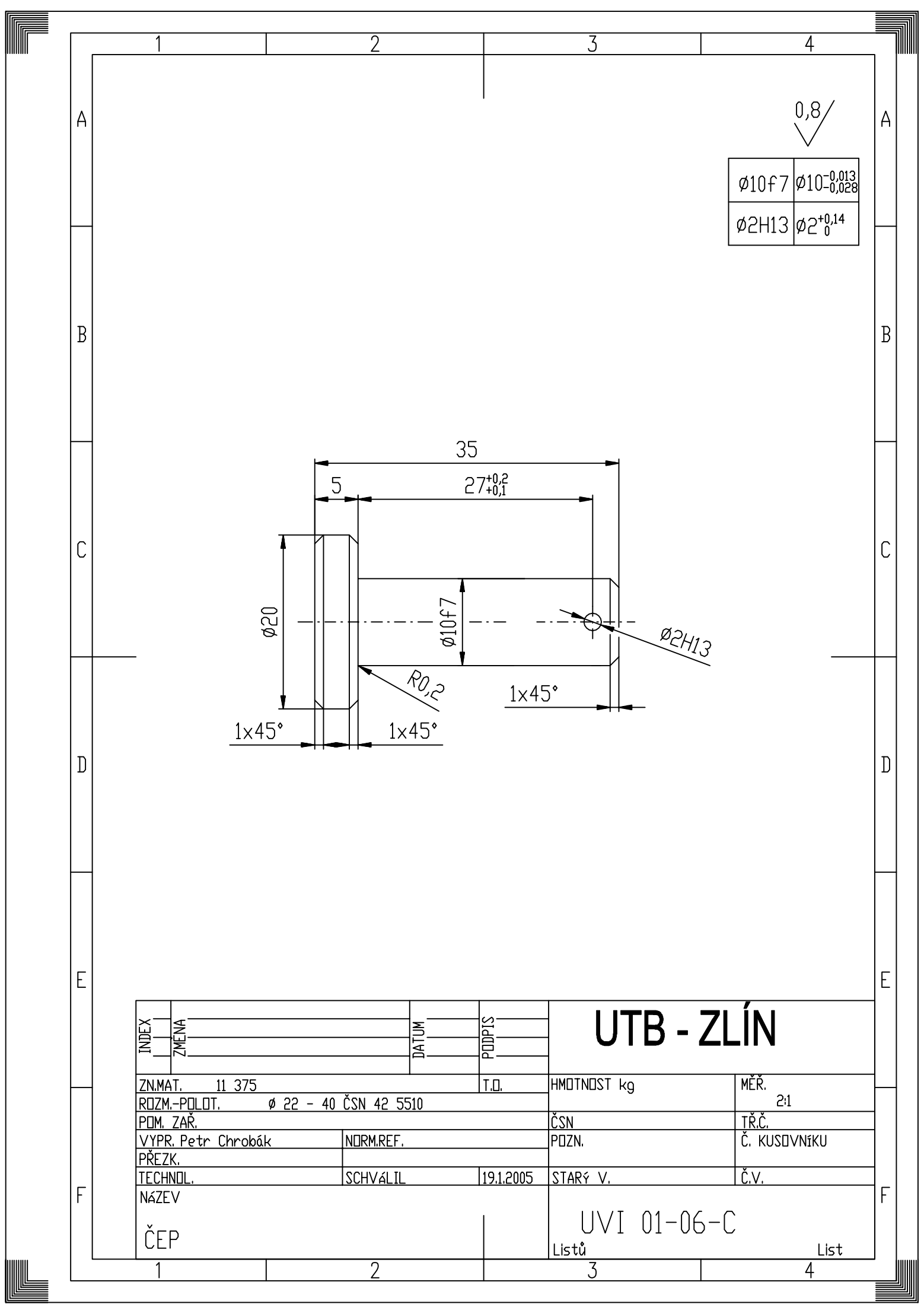
JMÉNO SOUBORU	ČÍSLO FSCM	LIST	MĚŘÍTKO 2:1
FORMÁT A4	UTB - ZLÍN		
KRESLIL 15.03.2005 Milan Ovsík			
OPRAVIL	Čep		
SCHV.			
VYTVOŘENO	ČÍSLO VÝKRESU UVI 01-04-C		
REV			
ČÍSLO SMLOUVY			

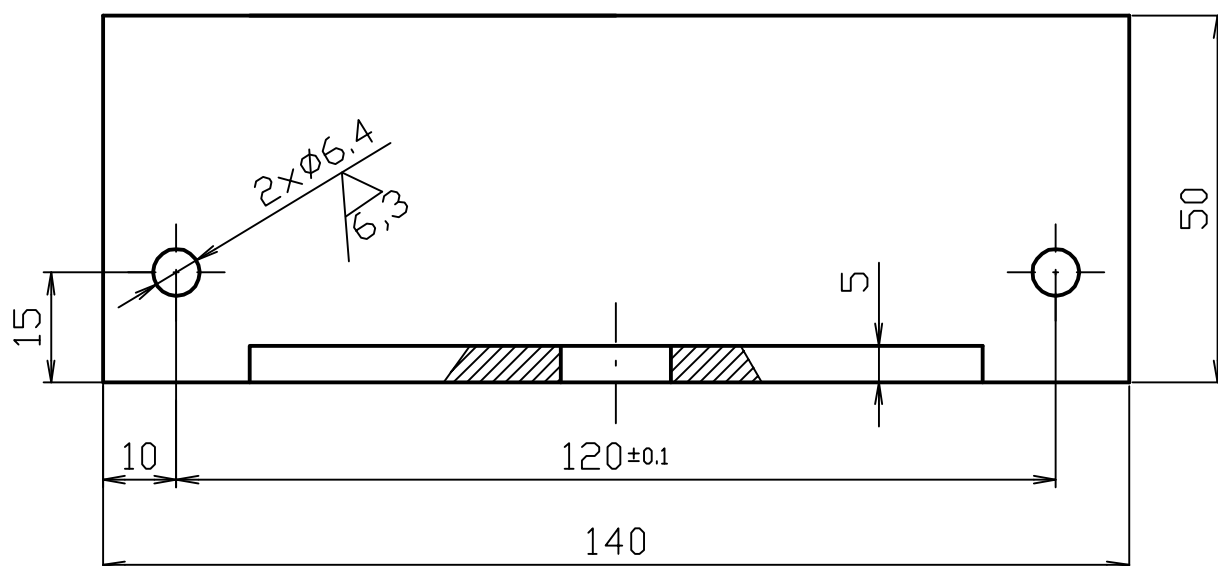
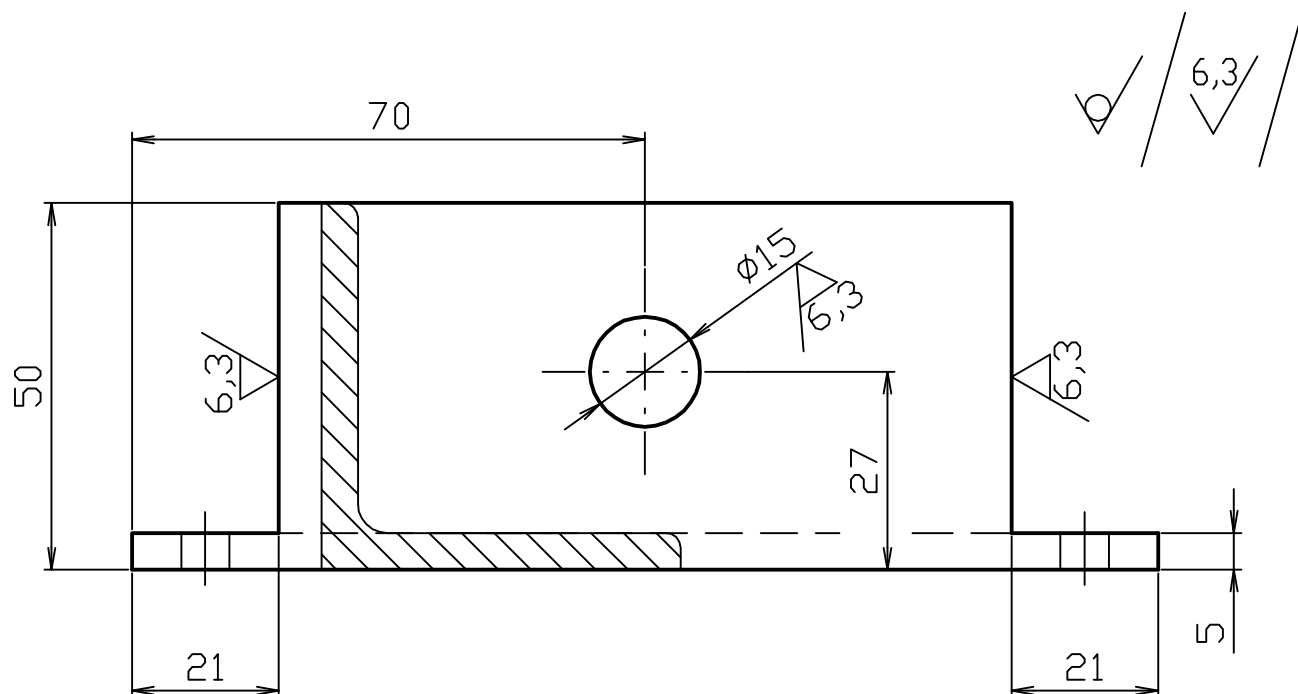
1 4



DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 1x45°

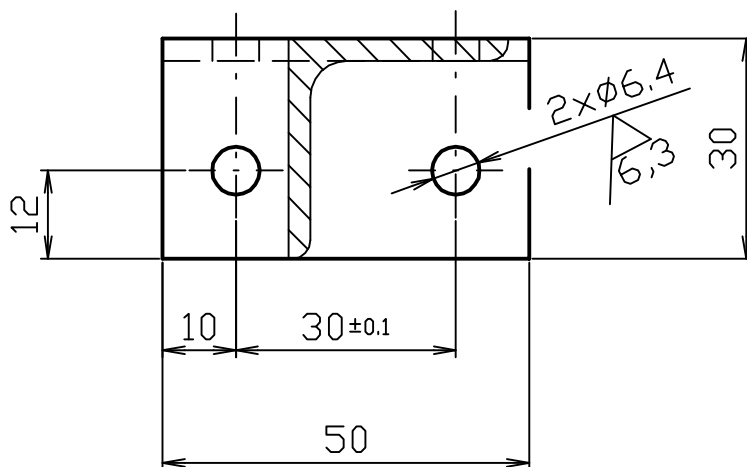
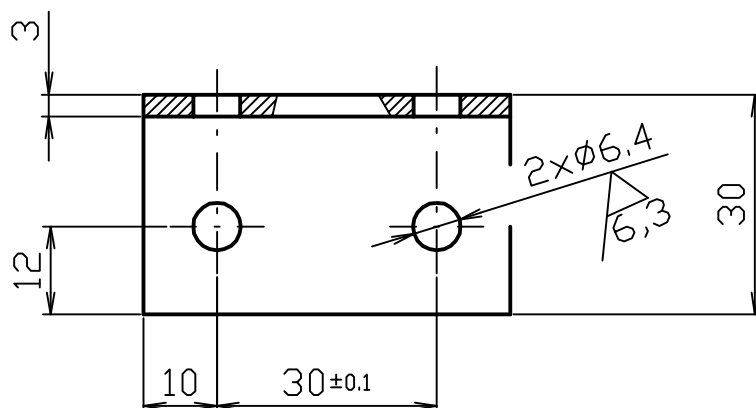
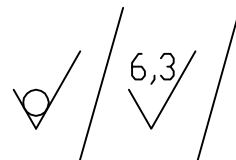
INDEX		ZMĚNA		DATUM		PODPIS		UTB - ZLÍN	
						</			





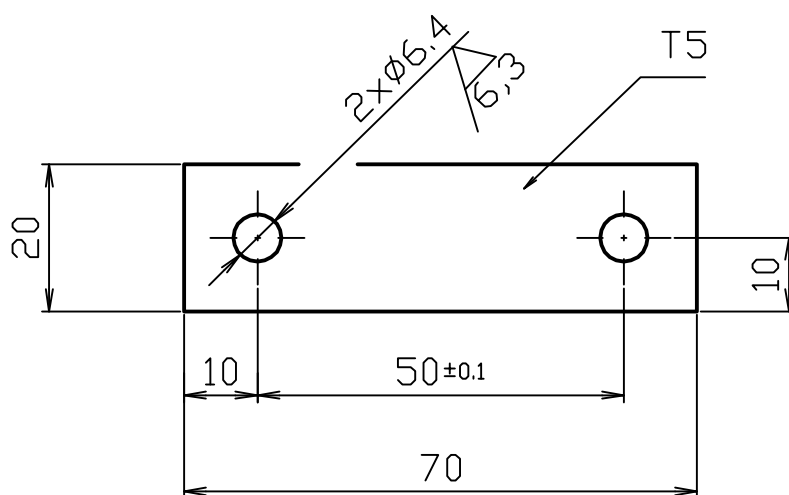
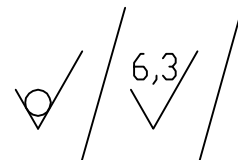
DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

					PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	11 373		
					TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovar	L50x5-140 ČSN 42 5545		
					PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost		
					UTB ZLÍN ÚCHYTKA UVI 01-08-C				
Změna		Datum	Index	Podpisy				Název	
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž						
1:1		Kreslil	Radek Číž						
		Přeskoušel							
Č. seznamu		Technolog						Číslo výkresu	
Č. sestavy		Normalizace							
Starý výkres		Schválil							
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006					Listů	List



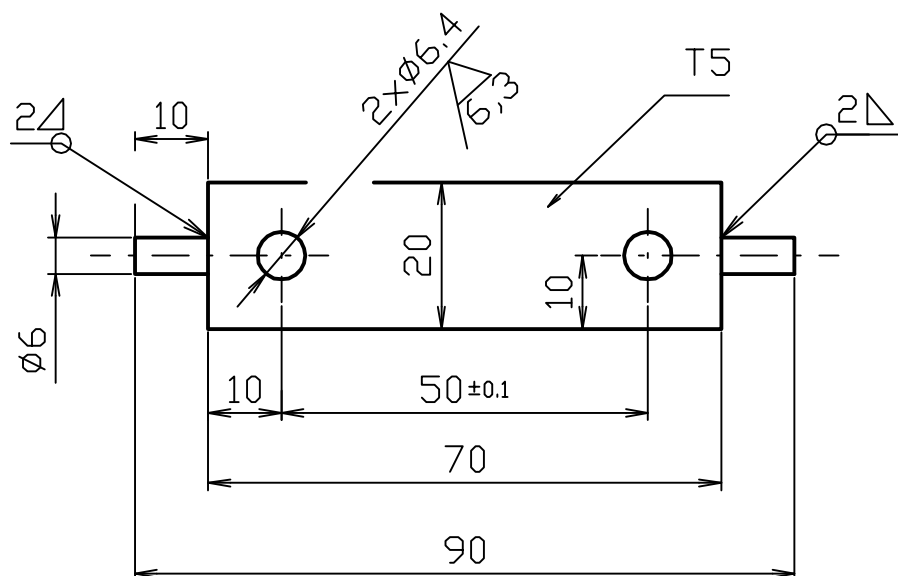
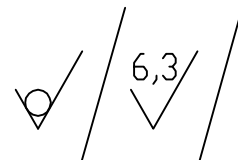
DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

					PŘESNOST ISO 2768—mK	Materiál	11 373
					TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovár	L 30x3—50 ČSN 42 5541
					PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost
					UTB ZLÍN DRŽÁK UVI 01—11—C		
Změna		Datum	Index	Podpisy			
Měřítko	Poznámka	Navrhl	Radek Číž				
1 : 1		Kreslil	Radek Číž				
		Přeskoušel					
Č. seznamu		Technolog					
Č. sestavy		Normalizace					
Starý výkres		Schválil					
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006				
					Číslo výkresu		



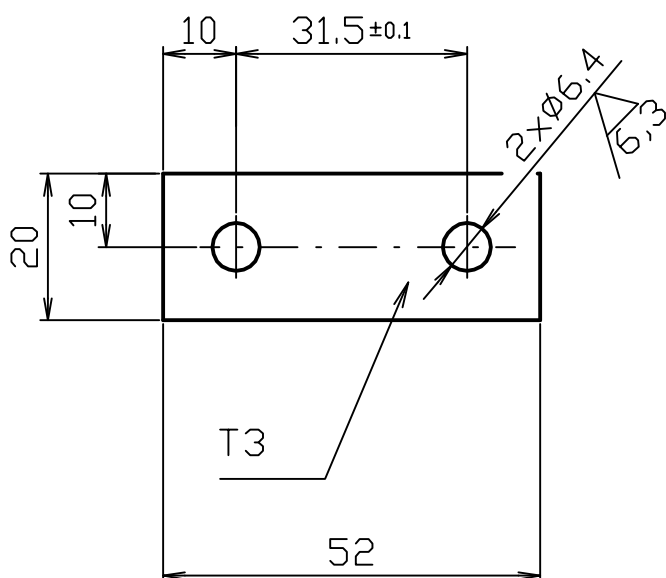
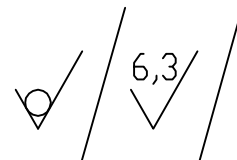
DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

				PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	11 373
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovár	PL0 20x5-70
				PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost kg
				UTB ZLÍN PŘÍTLAČNÁ DESKA UVI 01-12-C		
Změna		Datum	Index			
Měřítko	Poznámka	Navrhl	Radek Číž			
1:1		Kreslil	Radek Číž			
		Přeskoušel				
Č. seznamu		Technolog		Název Číslo výkresu Listů		
Č. sestavy		Normalizace				
Starý výkres		Schválil				
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006			



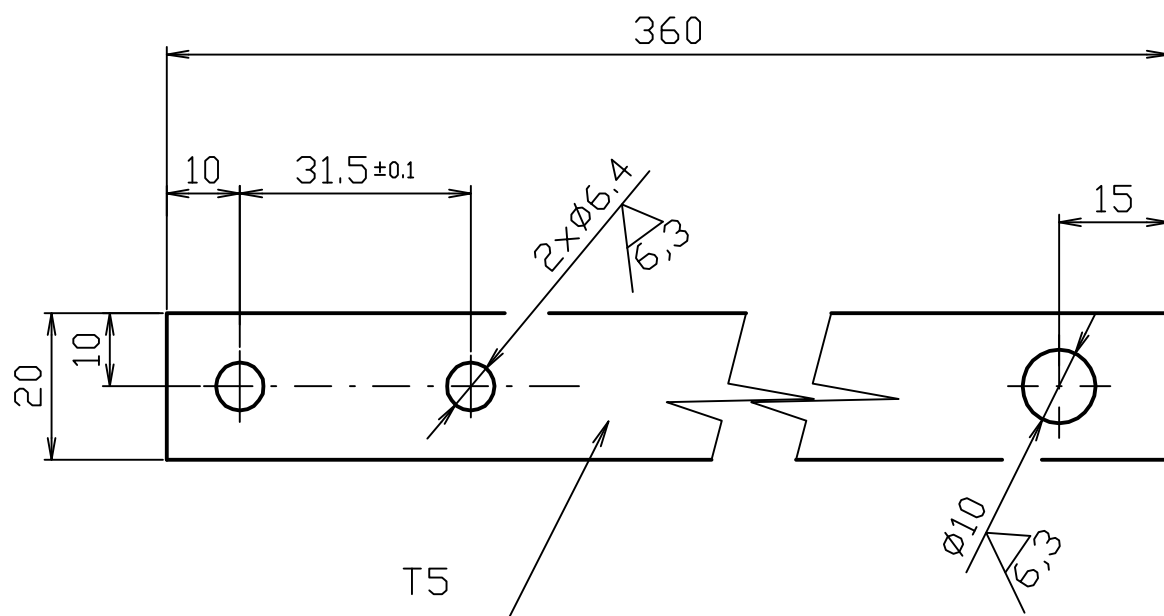
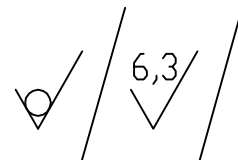
DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

				PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	11 373
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovár	
				PROMÍTÁNÍ	Hrubá hmotnost	kg
				UTB ZLÍN OTOČNÁ DESKA UVI 01-13-C		
Změna		Datum	Index			
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž			
1:1		Kreslil	Radek Číž			
		Přeskoušel				
Č. seznamu		Technolog		Název Číslo výkresu Listů		
Č. sestavy		Normalizace				
Starý výkres		Schválil				
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006			



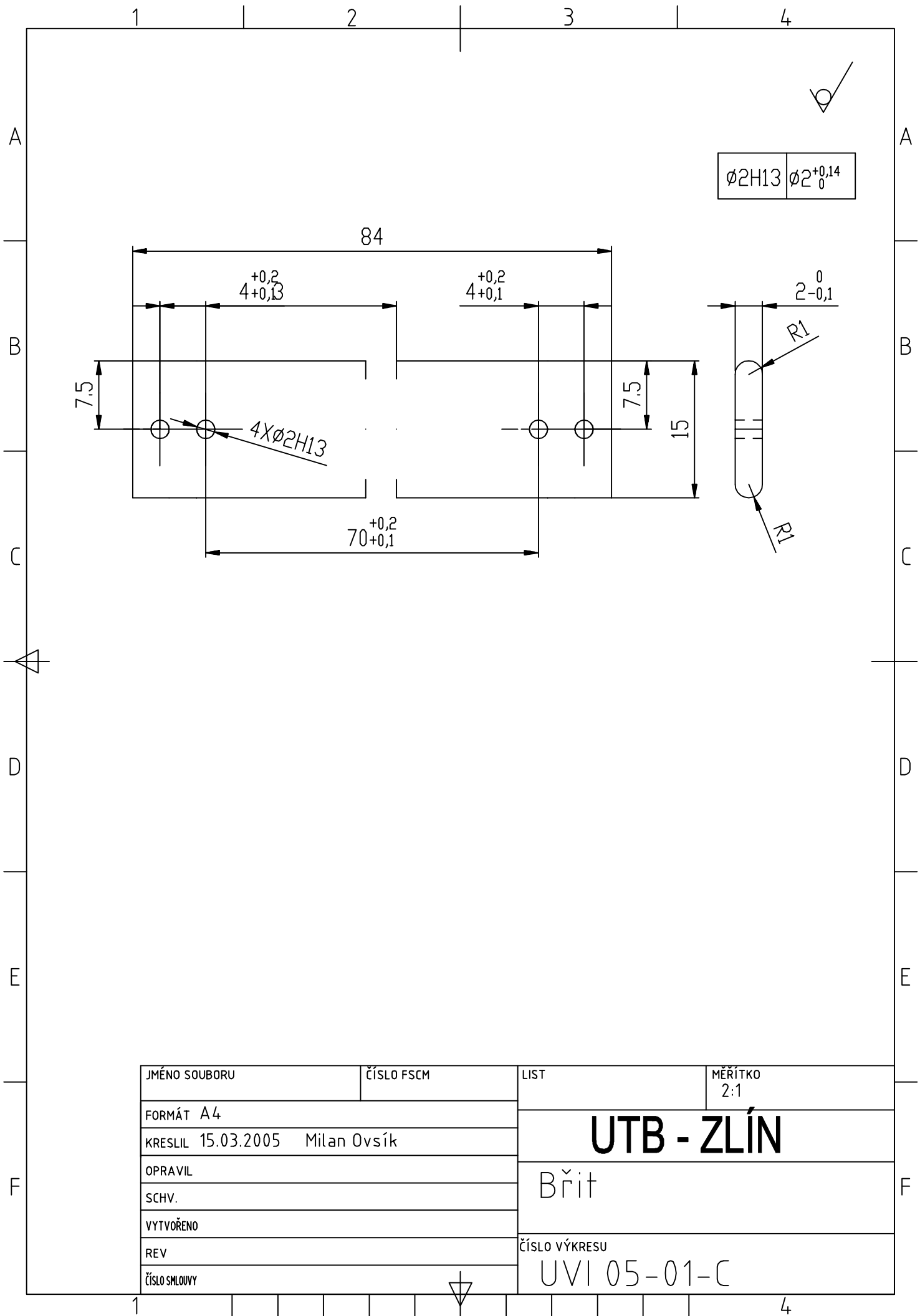
DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

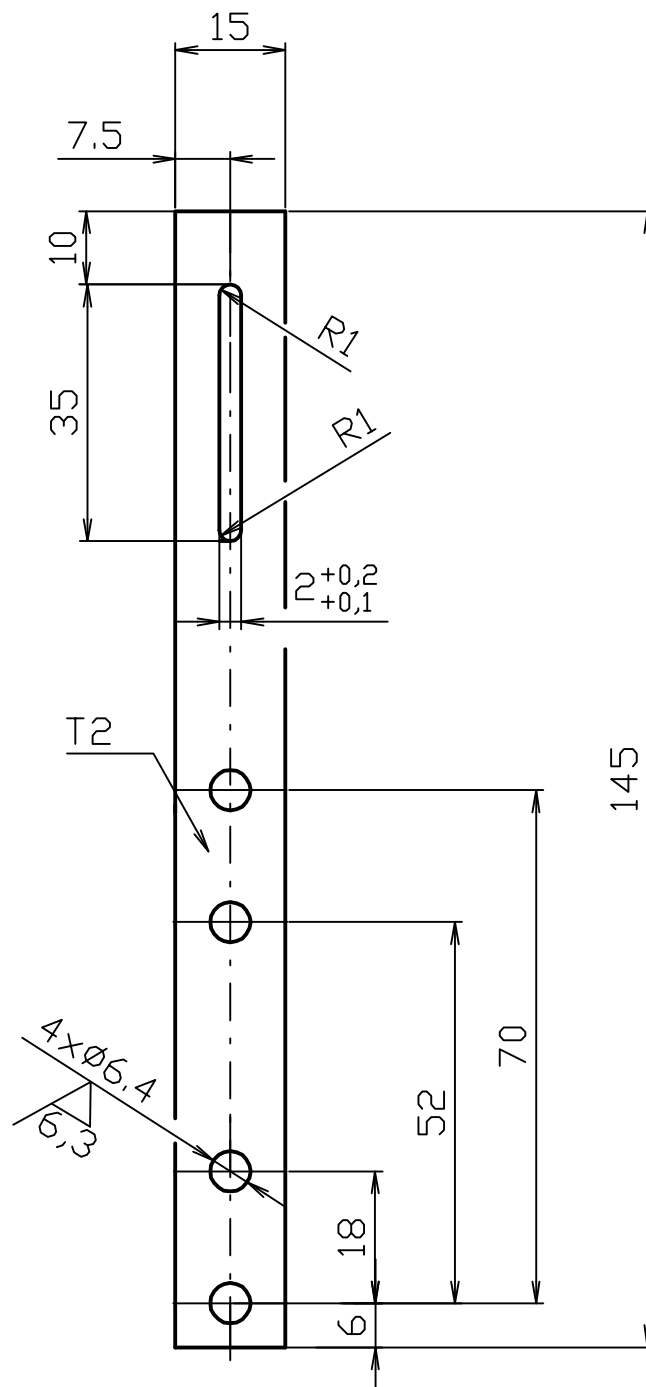
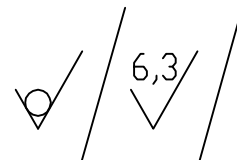
				PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	11 373
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovar	P3 20x62
				PROMÍTÁNÍ	Hrubá hmotnost	kg
				UTB ZLÍN PŘÍLOŽKA UVI 02-03-C		
Změna		Datum	Index			
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž			
1:1		Kreslil	Radek Číž			
		Přeskoušel				
Č. seznamu		Technolog		Název Číslo výkresu Listů		
Č. sestavy		Normalizace				
Starý výkres		Schválil				
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006			



DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT $0,5 \times 45^\circ$

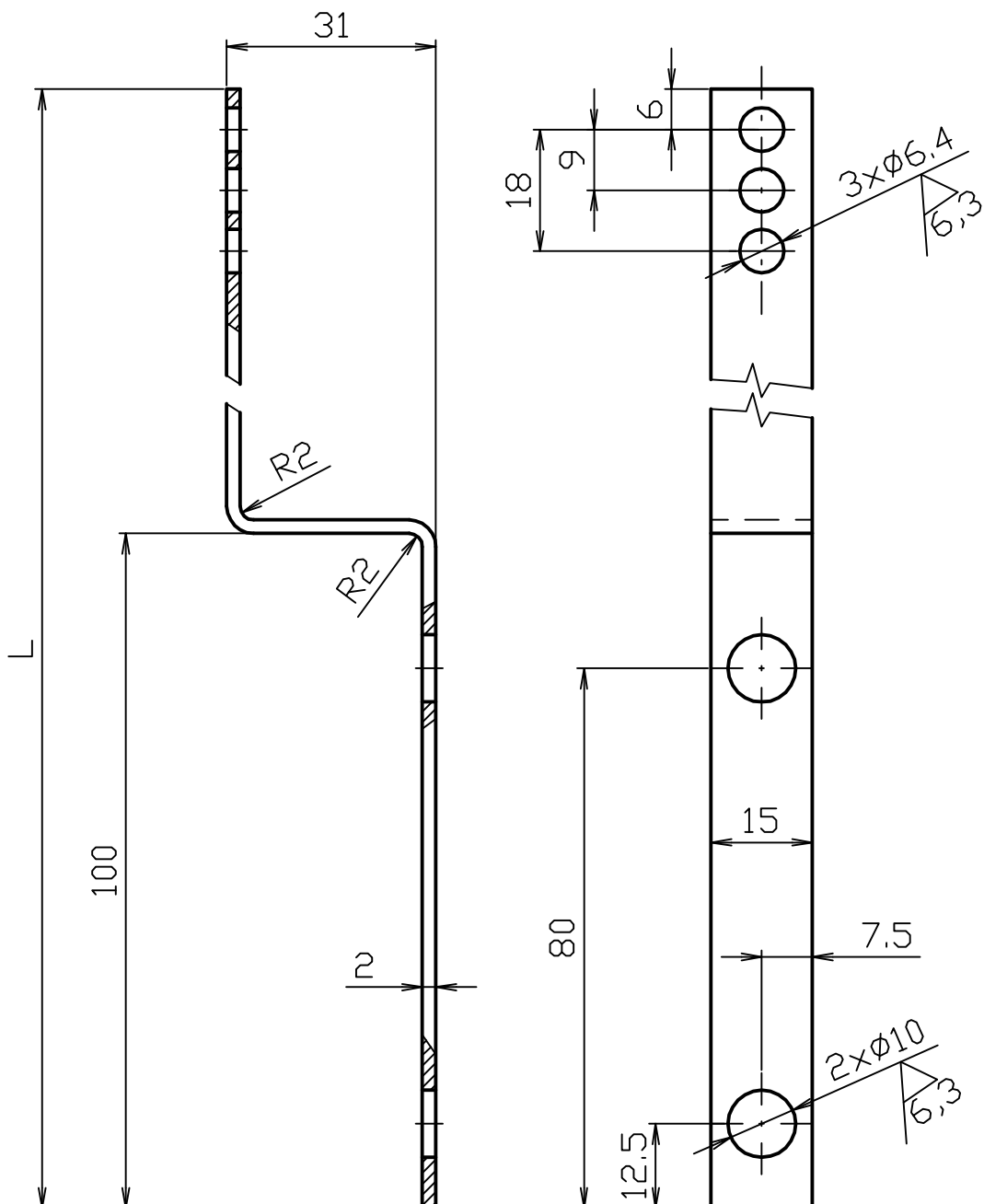
				PŘESNOST ISO 2768—mK	Materiál	11 373	
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovary	PL0 20x5—375	
				PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost	
						kg	
Změna		Datum	Index	Podpisy	UTB ZLÍN		
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž				Název
1 : 1		Kreslil	Radek Číž				
		Přeskoušel					
Č. seznamu		Technolog			RAMENO		
Č. sestavy		Normalizace					Číslo výkresu
Starý výkres		Schválil					
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006				
						UVI 02—04—C	
						List	





DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0,5x45°

				PŘESNOST ISO 2768—mK	Materiál	11 373	
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovár	P3 15x145	
				PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost	
				UTB ZLÍN TÁHLO 1 UVI 05—02—C			
Změna		Datum	Index				Podpisy
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž				
1 : 1		Kreslil	Radek Číž				
		Přeskoušel					
Č. seznamu		Technolog					
Č. sestavy		Normalizace			Název		
Starý výkres		Schválil			Číslo výkresu		
Nový výkres		Datum	3. 4. 2006		Listů		



HRANY SRAZIT 0,5x45°

Součást	L	Rozvinutá délka
A	180	206
B	230	260

				PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	11 373
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovar	P2x15-207
				PROMÍTÁNÍ		Hrubá hmotnost kg
	Změna	Datum	Index	Podpisy	UTB ZLÍN TÁHLO 2 UVI 05-03-C	
Měřítka	Poznámka	Navrhl	Radek Číž	Kreslil		
1:1		Přeskoušel				
Č. seznamu		Technolog				
Č. sestavy		Normalizace			Číslo výkresu	
Starý výkres		Schválil				
Nový výkres		Datum	3. 4 2006		Listů	List

1 2 3 4

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F



T2

68

15

3X45°

3X45°

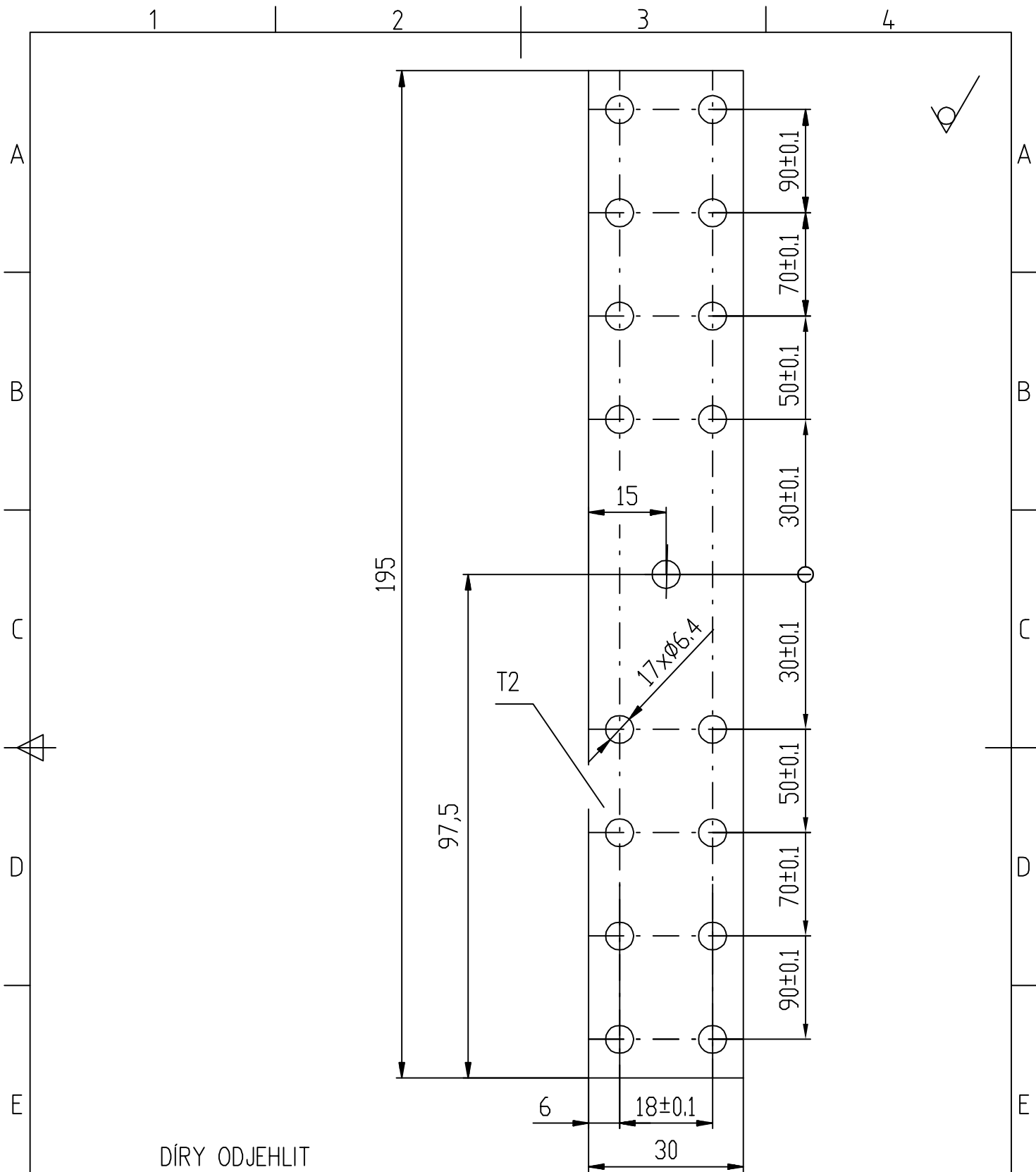
HRANY SRAZIT 0.5X45

JMÉNO SOUBORU	ČÍSLO FSCM	LIST	MĚŘÍTKO 1:1
FORMÁT A4	Výztuha		
KRESLIL 15.03.2005 Milan Ovsík			
OPRAVIL			
SCHV.			
VYTVOŘENO			
REV	ČÍSLO VÝKRESU UVI 05-10-C		
ČÍSLO SMLOUVY			

1

4





DÍRY ODJEHLIT
HRANY SRAZIT 0.5X45°

JMÉNO SOUBORU	ČÍSLO FSCM	LIST	MĚŘÍTKO 1:1
FORMÁT A4		UTB - ZLÍN	
KRESLIL 15.03.2005 Milan Ovsík			
OPRAVIL		Spojovací část	
SCHV.			
VYTVORENO		ČÍSLO VÝKRESU UVI 06-10-C	
REV			
ČÍSLO SMLOUVY			

