



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH MECHANICKÉ KONSTRUKCE EXPERIMENTÁLNÍHO KOLIMÁTORU

MECHANICAL DESIGN OF EXPERIMENTAL COLLIMATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ladislav Toman

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Klapka, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Ústav: | Ústav konstruování |
| Student: | Ladislav Toman |
| Studijní program: | Strojírenství |
| Studijní obor: | Základy strojního inženýrství |
| Vedoucí práce: | Ing. Milan Klapka, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2016/17 |

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh mechanické konstrukce experimentálního kolimátoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukce sestavy kolimátoru bude sloužit k upevnění optického přístroje TPKU–2B a jeho správnému nastavení. Přístroj se upevní na zkušební přípravek, který musí umožňovat otáčení kolem dvou os s danou přesností a s podélným posuvem prostřednictvím výškového nastavení kolimátorů.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je vyvinout experimentální kolimátor pro justáž optických soustav přístroje TPKU–2B s těmito parametry: otáčení ve dvou osách, přesnost osového natočení 10', podélný posuv pomocí výškového nastavení kolimátorů, přesnost posuvu 0,1 mm.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- návrh konstrukčního řešení upínání přístroje TPKU–2B k přípravku,
- návrh polohování přípravku ve dvou osách s přesností 10',
- návrh výškového nastavení optických kolimátorů v přípravku s přesností 0,1 mm.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkres sestavení.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vík. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2-29-0.

HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr (ed.). Fyzika. 2., přeprac. vyd. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem přípravku justážního kolimátoru, které slouží k osovému natáčení optické sestavy, a také konstrukčním návrhem přípravku pro výškové polohování pomocného dalekohledu justážního kolimátoru. Vlastní práce je rozdělena do šesti hlavních kapitol. V těchto kapitolách je popsán princip činnosti optických soustav, princip činnosti justážních kolimátorů, jsou zde zmíněny druhy justážních kolimátorů, popsán popis problému, jednotlivé návrhy obou přípravků, jejich rozbor, výběr vhodných variant a jejich konstrukční řešení. Součástí práce jsou také výkresy jednotlivých součástí a sestav.

KLÍČOVÁ SLOVA

Justážní kolimátor, justáž, optická sestava, polohování

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the mechanical design of the correction collimator, which is used for the axial rotation of the optical assembly, and also with the mechanical design of the device for height positioning of the auxiliary telescope of correction collimator. The bachelor thesis is divided into six main chapters. These chapters deal with the principle of the optical systems functionality, the principle of the correction collimator functionality, there are also mentioned types of correction collimators, there is description of the problem, individual proposals of the two preparations, their analysis, selection of suitable variants and their design solutions. Drawings of individual parts and assemblies are part of the bachelor thesis.

KEY WORDS

Correction collimator, adjustment, optical assembly, positioning



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOMAN, L. Návrh mechanické konstrukce experimentálního kolimátoru. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Klapka, Ph.D.



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Milanu Klapkovi, Ph.D. za ochotu a vedení práce, dále panu Ing. Martinu Štěpánovi za odbornou konzultaci a v neposlední řadě svým rodičům za podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem mou bakalářskou práci *Návrh mechanické konstrukce experimentálního kolimátoru* vypracoval zcela samostatně pod vedením pana Ing. Milana Klapky, Ph.D., ve své práci jsem vycházel z vlastních znalostí a také ze zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne

.....

Podpis



OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1 ÚVOD | 9 |
| 1.1 Obecný popis pozorovacích optických soustav | 9 |
| 1.1.1 Principy paprskové optiky | 9 |
| 1.1.3 Druhy zobrazování | 10 |
| 1.1.4 Pozorovací optické soustavy | 11 |
| 1.1.5 Popis optické soustavy zaměřovacího typu | 11 |
| 1.1.6 Jednodušší pozorovací soustavy | 12 |
| 2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ | 14 |
| 2.1 Obecný popis justážních kolimátorů a jejich používání | 14 |
| 2.1.1 Určení justážních kolimátorů..... | 14 |
| 2.1.2 Obecný popis přístroje..... | 14 |
| 2.1.3 Kontrola běžných optických parametrů..... | 15 |
| 2.2 Pozorovací optická soustava TPKU-2B | 16 |
| 2.2.1 Části přístroje..... | 16 |
| 2.2.2 Stupnice přístroje | 17 |
| 2.2.3 Přejímací podmínky přístroje | 17 |
| 2.3 Druhy justážních kolimátorů | 18 |
| 2.4 Dostupnost justážních kolimátorů na trhu | 19 |
| 3. Analýza problému a cíl práce | 20 |
| 3.1 Formulace problému..... | 20 |
| 3.2 Cíl bakalářské práce..... | 20 |
| 4. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ | 21 |
| 4.1 Návrh variant řešení polohovacího mechanismu..... | 21 |
| 4.1.1 První varianta..... | 21 |
| 4.1.2 Druhá varianta | 24 |
| 4.1.3 Třetí varianta..... | 28 |
| 4.1.4 Výběr varianty | 31 |
| 4.2 Návrh variant řešení výškového polohování pomocného dalekohledu | 31 |
| 4.2.1 První varianta..... | 31 |
| 4.2.2 První varianta s převodovým mechanismem | 35 |
| 4.2.3 Druhá varianta | 37 |
| 4.2.4 Výběr varianty | 39 |
| 5. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | 40 |
| 5.1 Přípravek pro osové natočení | 40 |
| 5.1.1 Spodní deska..... | 40 |
| 5.1.2 Upínací deska | 41 |
| 5.1.3 Uložení čepů..... | 43 |
| 5.1.4 Zajišťovací šrouby | 43 |
| 5.1.5 Polohovací šroub | 44 |
| 5.1.6 Materiály a technologie | 45 |
| 5.1.7 Celkové rozměry a hmotnost..... | 45 |
| 5.1.8 Montáž..... | 45 |
| 5.2 Přípravek pro výškové polohování pomocného dalekohledu..... | 45 |
| 5.2.1 Základní deska..... | 46 |
| 5.2.2 Vodicí tyč | 47 |
| 5.2.3 Polohovací trubice | 48 |
| 5.3.4 Konzole vedení dalekohledu | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.5 Materiál a technologie | 51 |
| 5.3.6 Celkové rozměry a hmotnost | 51 |
| 5.3.7 Montáž | 51 |
| 6. DISKUZE | 52 |
| 7. ZÁVĚR | 53 |
| 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 54 |
| 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN | 55 |
| 10. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ | 56 |
| 11. SEZNAM PŘÍLOH..... | 58 |
| Výkresová dokumentace: | 58 |

1 ÚVOD

1

Při hledání tématu mé bakalářské práce jsem navštívil firmu Optics Trade v Novém Jičíně, protože se nachází poblíž mého bydliště. Při dotazu na téma bakalářské práce mi bylo nabídnuto zhotovit konstrukční návrh justážního kolimátoru pro modernizovanou verzi přístroje TPKU-2B, jelikož firma tento justážní kolimátor nevlastní a potřebuje ho zhotovit kvůli přesnější justáži.

1.1 Obecný popis pozorovacích optických soustav

1.1

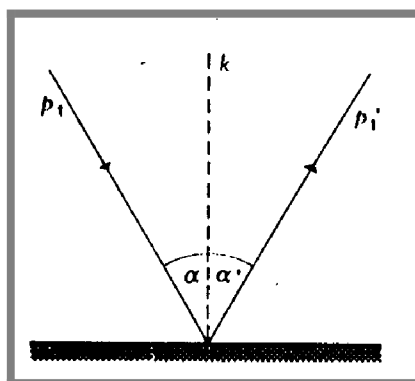
Princip pozorovacích optických soustav je založený na optickém zobrazování pomocí čoček, zrcadel či hranolů. Platí zde principy paprskové optiky a díky přesné kalibraci soustavy je možné maximálně využít její maximální možnosti.

1.1.1 Principy paprskové optiky

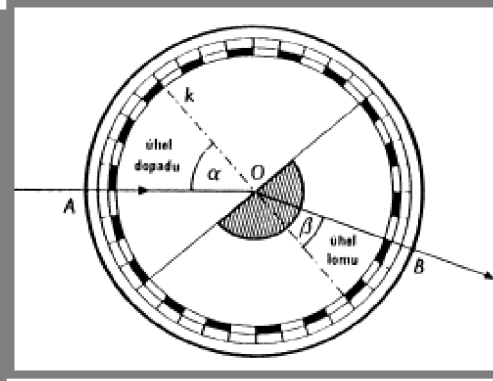
1.1.1

V optickém zobrazování platí tyto obecné principy paprskové optiky:

1. Přímočaré šíření světla – V homogenním optickém prostředí se šíří světlo přímočaře ve svazcích světelných paprsků, které jsou rovnoběžné, rozbíhavé nebo sbíhavé. [1]
2. Zákon odrazu – Na obrázku 1 vidíme paprsek s označením p_1 (dopadající paprsek), dopadající na rozhraní prostředí. Kolmice k , vztyčená v místě dopadu paprsku na rozhraní prostředí se nazývá kolmice dopadu. Dopadající paprsek potom s touto kolmicí svírá stejný úhel α , který s kolmicí svírá odražený paprsek p_2 . [2]
3. Zákon lomu – Zákon lomu zobrazuje obrázek 2. Lom světla nastává, pokud světelný paprsek prochází do druhého prostředí. Světlo dopadá do bodu dopadu O . Kolmice k rovině dopadu, kterou určuje rozhraní, se nazývá kolmice dopadu k . Dopadající paprsek s touto kolmicí svírá úhel α . Lomený paprsek prochází druhým prostředím pod úhlem β vůči kolmicí dopadu. Zákon je vyjádřen vztahem $[\sin(\alpha)/\sin(\beta)]=n_1/n_2$, přičemž n_1 je index lomu prostředí před lomem a n_2 je index lomu prostředí, kterým paprsek prochází po lomu. [2]
4. Nezávislost chodu světelných paprsků – Tento princip říká, že dopadající a odražený, či dopadající a lomený paprsek můžeme vzájemně zaměnit. [1]



Obr. 1 Zákon odrazu [3]



Obr. 2 Zákon lomu [1]

1.1.3 Druhy zobrazování

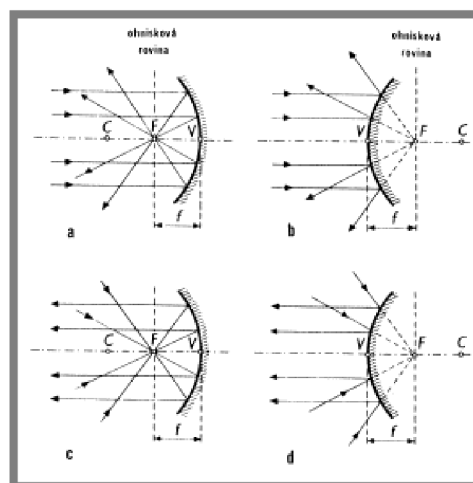
Zobrazování pomocí zrcadel

Zobrazovat zrcadlem lze pomocí:

- a) Rovinného zrcadla
- b) Kulového zrcadla dutého
- c) Kulového zrcadla vypuklého

U zobrazování rovinnými zrcadly je vytvořený obraz vždy zdánlivý (skutečný obraz se vytváří před zrcadlem, zdánlivý obraz se vytváří za zrcadlem), přímý a má stejnou velikost, jako předmět. Dále je stranově převrácený a souměrný s předmětem podle roviny zrcadla.

U zobrazování kulovými zrcadly je důležitým prvkem optická osa, což je přímka procházející středem křivosti C a vrcholem V . Vzdálenost $|CV|$ se nazývá poloměr křivosti zrcadla. Nejvýznamnější paprsky jsou ty, které prochází ohniskem F , středem křivosti C a ty, které jsou rovnoběžné s optickou osou. Paprsky, které procházejí ohniskem F , se odrážejí do paprsků rovnoběžných s optickou osou a naopak. Vzdálenost $|FV|$ se nazývá ohnisková vzdálenost f . Zvětšení $Z = a'/a$, přičemž a = předmětová vzdálenost od vrcholu V , a' = obrazová vzdálenost od vrcholu V . [1]



Obr. 3 Zákonitosti toku paprsků ve vypuklých zrcadlech [1]

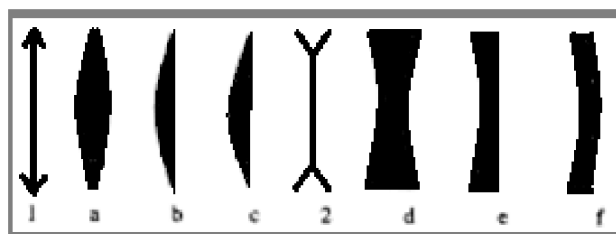
Zobrazování pomocí čoček

Paprsky dopadající na povrch čočky využívají zákona lomu.

Čočky jsou skleněné útvary, skládající se z kulových ploch. Dle funkce čoček je lze dělit na dvě hlavní skupiny:

- a) Spojky (konvexní čočky)
- b) Rozptylky (konkávni čočky)

U konvexních čoček se paprsky světla po průchodu čočkou sbíhají a u konkávních čoček se paprsky světla po průchodu čočkou rozbíhají. Předmětový a obrazový prostor je na odlišných stranách, tedy skutečný obraz se tvoří za čočkou a zdánlivý před čočkou, tedy v části, kde je umístěný předmět. Konvexní čočky se dále dělí na spojky a) dvojevypuklé, b) ploskovypuklé a c) dutovypuklé a na rozptylky d) dvojduté, e) ploskoduté, f) vypukloduté (Obr. 4) [1]



Obr. 4 Druhy čoček [1]

1.1.4 Pozorovací optické soustavy

Optické soustavy se skládají z kombinací čoček, zrcadel, popřípadě hranolů a využívají chodu světelných paprsků a výše popsaných zákonů. Optické přístroje lze rozdělit na subjektivní a objektivní. Subjektivními přístroji je obraz zaznamenán pouze okem, kdežto objektivní přístroje snímání obraz zaznamenávají na médium. Existuje více druhů optických soustav, podle jejich využití. Jedním z nich jsou pozorovací optické soustavy, které slouží k pozorování předmětů či objektů. Mezi pozorovací optické soustavy patří například lupy, mikroskopy či dalekohledy. V armádním odvětví se tyto pozorovací optické soustavy využívají například v podobě již zmíněných dalekohledů, kolimátorů apod. Nemalý podíl mají v armádním odvětví také optické soustavy implementované v armádních vozidlech. [5]

1.1.4

1.1.5 Popis optické soustavy zaměřovacího typu

Tento druh optických soustav je implementován v armádních bojových vozidlech. Slouží především k pozorování a zaměřování cílů, předmětů a objektů, mohou sloužit také k vedení mířené a naváděné střelby. Může se s nimi také určovat vzdálenost objektů pomocí dálkoměrné stupnice. Dle druhu mohou plně vykonávat funkce ve dne, v noci či kombinovaně. Mezi nejznámější a nejuniverzálnější pozorovací optickou soustavou patří kombinovaný zaměřovací přístroj BPK – 3. Na tomto přístroji lze nejlépe prezentovat maximální možnosti a schopnosti pozorovacích optických soustav zaměřovacího typu. [5]

1.1.5

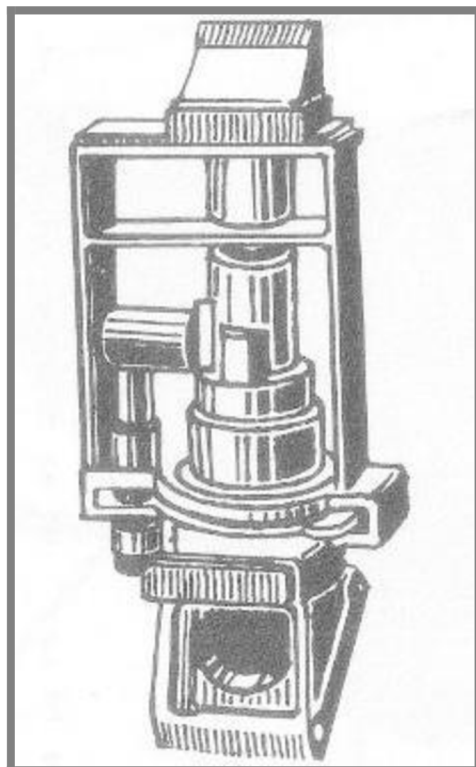
Optický přístroj BPK-3

Na přístroji BPK-3 lze nejlépe prezentovat maximální možnosti pozorovacích optických soustav. Přístroj BPK-3 je periskopický kombinovaný střelecký zaměřovač pro zaměřování ve dne i v noci. Slouží k pozorování terénu, vyhledávání, odhalování a identifikaci objektů ve dne i v noci, určení a vzdálenosti objektů pomocí dálkoměrné stupnice. Přístroj je konstruovaný tak, aby byl schopen plně pracovat za zhoršených podmínek (vysoká či nízká teplota okolního vzduchu, zvýšená vlhkost, při působení rázových zatížení se zrychlením do $180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, při působení jinovatky a rosy apod.). [5]

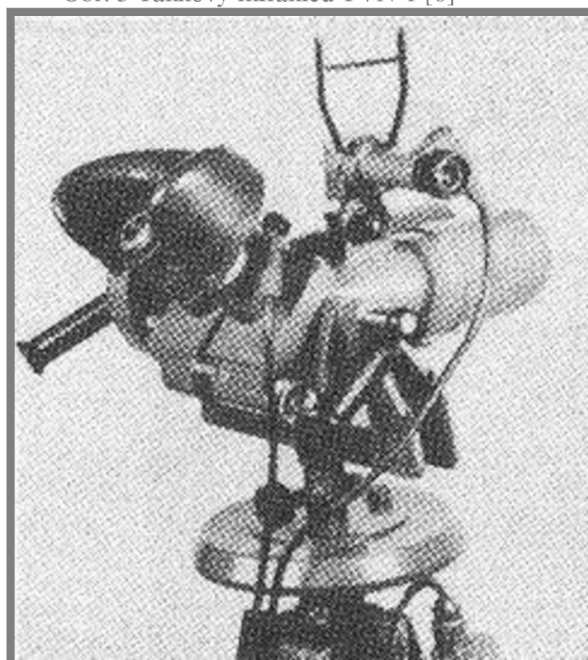
Přístroj BPK-3 se skládá z tělesa s denní a noční částí, kolimátoru, výměnné hlavice, bloku elektroniky a čelní opěry. V přístroji jsou v jedné konstrukci spojeny soustavy denní a noční větve. Denní větev je teleskopická soustava, kterou tvoří objektiv, střešový pentagonální hranol a okulár. Pro zabezpečení mířené střelby se do zorného pole promítá záměrná osnova se záměrnou značkou, ryskami stranových oprav, dálkoměrná stupnice apod. V případě poruchy elektrické sítě na palubě je na přístroji k dispozici destička s havarijní osnovou, která zajistí nouzové fungování přístroje. Noční větev se skládá z objektivu se zrcadlem, převracejícím MKZJO, což je zařízení, kterým se zesiluje přirozené noční osvětlení i blízké infračervené záření, a nočním okulárem. Při nedostatku přirozeného světla je v přístroji k dispozici infračervený reflektor. Tento přístroj je jeden z nejuniverzálnějších. V praxi se častěji uplatňují jednodušší pozorovací soustavy. [5]

1.1.6 Jednodušší pozorovací soustavy

Přístroj BPK-3 patří díky své konstrukci a schopnostem k nejsložitějším, ale zároveň nejuniverzálnějším pozorovacím přístrojům. V praxi se často využívá jednodušších přístrojů, které jsou schopny vykonávat pouze některé z funkcí. Mezi tyto přístroje patří například periskopický dalekohled AST vz. 53, který se používá k pozorování terénu, vyhledávání a průzkumu cílů, ke sledování činnosti vojsk a podobně. Dalším přístrojem je Velitelský dalekohled TZK, který se používá k pozorování vzdušných cílů, k určování úchylek rozprasku od cíle a úhlových souřadnic cíle. Mezi tankové pozorovací přístroje patří Tankový periskop TPK – 1, který je určen pro velitele tanku T-54A k pozorování terénu, určování cílů, zjišťování vzdálenosti a k řízení střelby. Dále je třeba zmínit periskop TNPO-170, který se používá k pozorování terénu a cílů z bojového vozidla pěchoty. Obdobou tohoto přístroje je periskop TNP-350B. Mezi pozorovací přístroje, které jsou vybaveny i noční větví patří například tankový infrahled TVN-1, který používají řidiči tanku a obrněných transportérů k pozorování cesty a terénu v noci. [6]



Obr. 5 Tankový infrahled TVN-1 [6]



Obr. 6 Velitelský dalekohled TZK [6]

2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

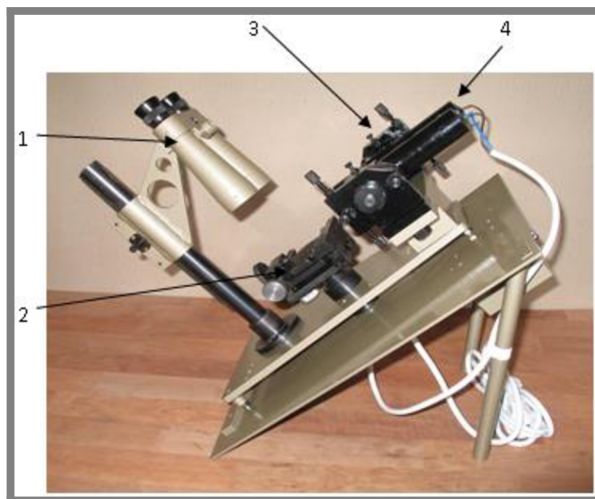
2.1 Obecný popis justážních kolimátorů a jejich používání

2.1.1 Určení justážních kolimátorů

Výše zmíněné optické soustavy je třeba pravidelně seřizovat a kalibrovat, aby parametry, které lze z jednotlivých přístrojů získat vyhovovaly přípustným úchytkám. Ke zjištění velikosti těchto chyb slouží justážní kolimátory. Každý typ optické soustavy, který je třeba seřizovat potřebuje svůj vlastní typ kolimátoru. Důvodem jsou zejména rozdílné možnosti uchycení optických soustav z důvodu odlišných rozměrových parametrů a také rozdílné nároky na přesnost seřizování. Justážními kolimátory kontrolujeme zejména rovnoběžnosti optických os, nastavení kolmosti záměrné stupnice, paralaxu, rozsahy dioptrií optické sestavy a jiné.

2.1.2 Obecný popis přístroje

Justážní kolimátor je složen z dvojice kolimačních trubic (obr. 1 poz. 3), ve kterých jsou pevně uloženy objektivy, testy pro měření rovnoběžnosti optických os a náklonů, osvětlovačů, držáku optické sestavy přístroje (obr. 1 poz. 2) a pomocného dalekohledu (obr. 1 poz. 1). Držák má možnost náklonu vložené optické sestavy k sesouhlasení optických os s kolimátorem pomocí točitek (obr. 2 poz. 1), které natáčí držák kolem svých os. Pomocný dalekohled (obr. 1 poz. 1) je většinou binokulární dalekohled se stupnicemi pro kontrolu rovnoběžnosti optických os. Osvětlovač (obr. 1 poz. 4) osvětluje stupnice kolimátoru.

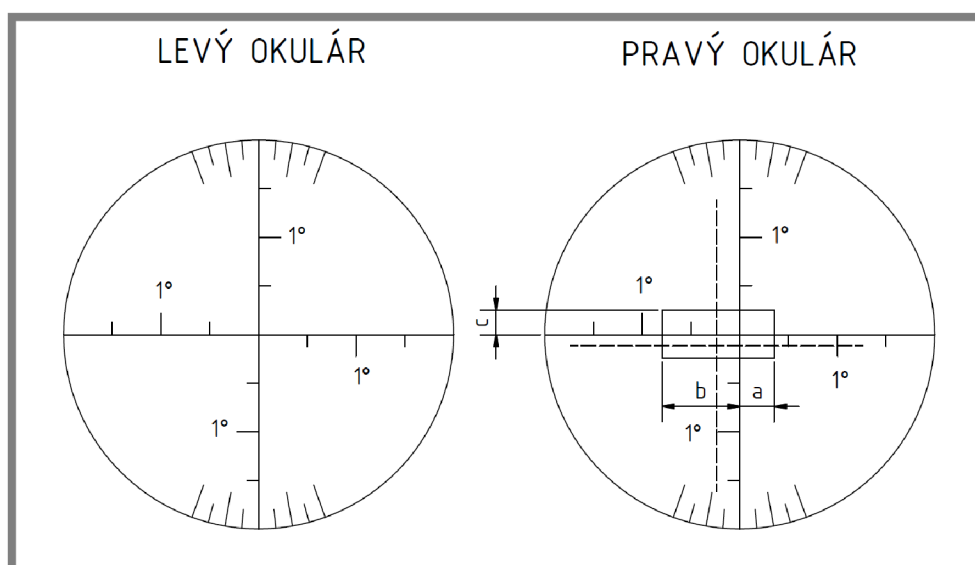


Obr. 7 Základní justážní kolimátor

2.1.3 Kontrola běžných optických parametrů

Kontrola rovnoběžnosti optických os

Optickou sestavu přístroje vložíme do držáku kolimátoru. Pomocný dalekohled ustavíme nad kontrolovanou sestavu. Okuláry pomocného dalekohledu a okuláry kontrolované optické sestavy nastavíme ostrý obraz stupnic kolimátoru, záměrné destičky kontrolované optické sestavy i pomocného dalekohledu. Pomocí točiček držáku sesouhlasíme záměrný kříž v levé polovině pomocného dalekohledu s křížem kolimátoru. V pravém okuláru pomocného dalekohledu pozorujeme pozici kříže kolimátoru v tolerančním poli pomocného dalekohledu. Přístroj je považován za vyhovující, když obraz kříže kolimátoru v pravé polovině pomocného dalekohledu je uvnitř tolerančního pole. Povolené odchylky vyjádřené tolerančním polem jsou dány přejímacími podmínkami s odsouhlasením odběratelem. Kontrola se provádí v celém rozsahu nastavení očního rozestupu. Na obrázku 11 lze vidět pohled do levého a pravého okuláru. Kóty a , b , c znázorňují toleranční pole, do kterých se střed kříže optické sestavy musí vejít, aby vyhovoval podmínkám. Protože mozek zpracovává rozbíhavost optických os hůře, než sbíhavost, je toleranční pole rozbíhavosti a menší, než toleranční pole sbíhavosti b optických os. [7]



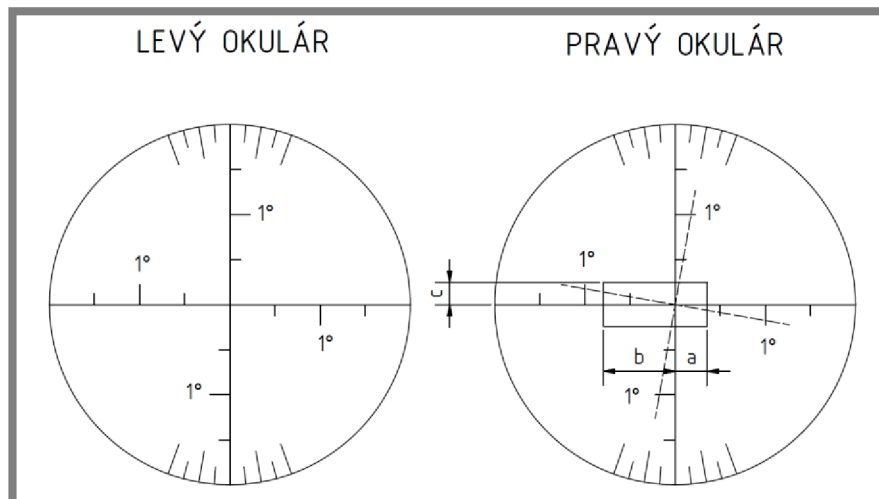
Obr. 8 Znázornění pohledu v okulárech při kontrole rovnoběžnosti optických os

Kontrola kolmosti záměrné značky

Kontrola kolmosti záměrné značky k horizontální rovině uložení kontrolované optické sestavy se provádí ztotožněním příslušné roviny kříže kolimátoru se záměrným křížem měřené optické sestavy. Povolená hodnota neukolmení je stanovena přejímacími podmínkami.

Kontrola paralaxy

Kontrola paralaxy se provádí změřením rozdílu hodnot dioptrií mezi křížem kolimátoru a záměrnou značkou kontrolované optické sestavy. Rozdíl v zaostření nesmí být větší než $0,25D$. Na obrázku 12 lze vidět pohled do okulárů justážních dalekohledů. Funkce tolerančního pole a kót je stejná, jako u obrázku 11.



Obr. 9 Znáznornění pohledu v okulárech při kontrole kolmosti záměrné značky

Kontrola dioptrických stupnic

Kontrola rozsahu a nastavení dioptrických stupnic okulárů se provede měřením pomocí dioptrimetru. Okuláry optické sestavy musí umožňovat nastavitelnost v rozsahu minimálně $\pm 4D$.

Parametry optických sestav se mohou podle provedení kontrolovaného přístroje lišit a jsou pro každou variantu kontrolovaného přístroje stanoveny přijímacími podmínkami. [7]

2.2 Pozorovací optická soustava TPKU-2B

Tankový periskop velitele TPKU-2B je periskopický přístroj, který slouží na pozorování, vyhledávání cílů, určování vzdálenosti cílů a měření úhlů. Přístroj disponuje maximálním zvětšením 5x. Zorné pole je $7^{\circ}30'$, průměr výstupní pupily je 5,6 mm a rozlišovací schopnost je maximálně $10''$. Přístroj se skládá ze tří hlavních částí. Je to hlava, tělo a binokulár. [7]

2.2.1 Části přístroje

Hlava přístroje zajišťuje pomocí rámu upevnění přístroje v otočné části velitelské věže a skládá se z hranolu v pouzdře, těla periskopu a rámu. Hlava je kloubově spojená s tělem přístroje.

Tělo přístroje slouží k upevnění hlavy přístroje, rukověti, binokuláru, čelní opěry a uzávěru. V horní části je připevněný uzávěr, který slouží k pevnému spojení těla přístroje s hlavou. Na spodní části se nachází nastavení očního rozestupu. V dolní části je k tělu připevněný binokulár. Na zadní části těla jsou upevněny rukověti.

Binokulár umožňuje určovat vzdálenost cíle. Díky zaměřovací osnově v pravém monokuláru provádíme měření úhlů, určujeme vzdálenost cíle a provádíme opravu střelby. Na objímkách okuláru jsou dioptrické stupnice, kterými se zaostřují okuláry podle potřeby pozorovatele. [7]

2.2.2 Stupnice přístroje

2.2.2

V zorném poli přístroje se nachází stupnice na měření úhlů ve vodorovném a svislém směru a stupnice na měření vzdáleností. Stupnice na měření úhlů jsou na ohniskové destičce umístěné v zorném poli pravého okuláru. Hodnoty dělení stupnic jsou 0 - 0,4 dc. Dále se zde nachází dioptrické stupnice, které slouží k zaostření okulárů na ostrý obraz podle potřeby pozorovatele v rozsahu ± 4 dioptrie. [7]

2.2.3 Přejímací podmínky přístroje

2.2.3

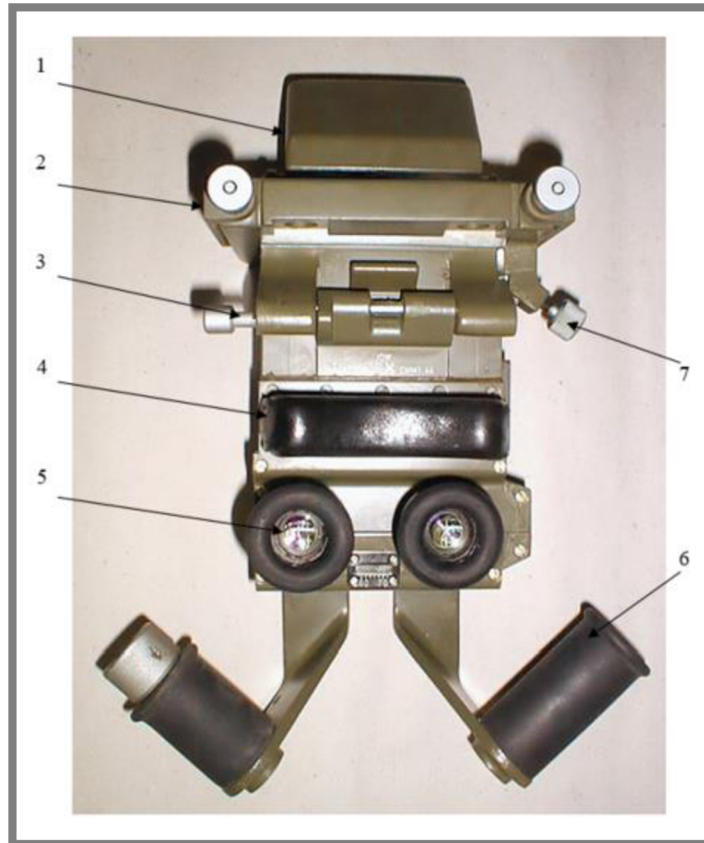
Aby přístroj fungoval přesně, je ho třeba, jako všechny ostatní optické přístroje, pravidelně kalibrovat. Přejímací podmínky přístroje jsou podmínky, resp. maximální přípustné hodnoty odchylek, při kterých se dá přístroj ještě považovat za správně nastavený a seřízený. Tyto hodnoty jsou pro každý typ přístroje různé. Podle těchto podmínek je třeba zhotovit justážní kolimátor s takovou přesností, aby byl schopen v rámci daných přejímacích podmínek změřit reálné odchylky. [7]

Přejímací podmínky původní verze TPKU-2B

1. Nastavení hodnoty dioptrií ± 4 dioptrie s přesností v toleranci $\pm 0,25$ dioptrie
2. Paralaxa mezi obrazem testu kolimátoru a obrazem záměrné destičky max. $3'$
3. Při nastavení přístroje do horizontální roviny, při neutažené aretaci zařízení výkyvu, nesmí náklon zobrazení vertikální rysky v obou okulárech a náklon záměrné osnovy převyšovat 2°
4. Nerovnoběžnost optických os přístroje je povolena v toleranci
 - a) Rozbíhavost v horizontální rovině maximálně 1°
 - b) Sbíhavost v horizontální rovině maximálně $30'$
 - c) Rozbíhavost ve vertikální rovině maximálně $30'$

Přejímací podmínky modernizované verze TPKU-2B

1. Nastavení hodnoty dioptrií ± 4 dioptrie s přesností v toleranci $\pm 0,25$ dioptrie
2. Paralaxa mezi obrazem testu kolimátoru a obrazem záměrné destičky max. $3'$
3. Při nastavení přístroje do horizontální roviny, při neutažené aretaci zařízení výkyvu, nesmí náklon zobrazení vertikální rysky v obou okulárech a náklon záměrné osnovy převyšovat 2°
4. Nerovnoběžnost optických os přístroje je povolena v toleranci
 - a) Rozbíhavost v horizontální rovině maximálně $45'$
 - b) Sbíhavost v horizontální rovině maximálně $23'$
 - c) Rozbíhavost ve vertikální rovině maximálně $23'$



Obr. 10 Příklad přístroje TPKU-2B 1. Horní hlavice, 2. rám přístroje, 3. kloub s aretací, 4. čelní opěra, 5. okuláry, 6. rukojeti, 7. zarážka [7]

2.3 Druhy justážních kolimátorů

Většina pozorovacích optických soustav potřebuje k justáži svůj vlastní kolimátor z důvodu rozdílných parametrů těchto přístrojů (optické parametry, rozměrové parametry, konstrukční parametry atd.). Některé pozorovací přístroje ke svému kompletnímu nastavení potřebují i více speciálních kolimátorů z důvodu na sebe navazujících seřizovacích postupů. Kolimátory tedy proto dělíme také podle jejich funkcí. Existují tedy kolimátory na měření rovnoběžnosti os optických soustav, kolimátory na měření rozlišovacích schopností optických soustav, kolimátory na měření přesnosti mechanického přenosů úhlů, širokouhlé kolimátory na měření rozsahu zorného pole a také univerzální kolimátory na měření optických soustav s podobnými parametry.



Obr. 11 Univerzální kolimátor



Obr. 12 Kolimátor pro justáž přenosu úhlů



Obr. 13 Kolimátor pro justáž vertikální roviny



Obr. 14 Kolimátor pro justáž zorného pole

2.4 Dostupnost justážních kolimátorů na trhu

V minulosti byla hlavním výrobcem justážních kolimátorů firma Meopta Přerov. Výroba těchto kolimátorů byla součástí výroby optických přístrojů a kolimátory dodávala pro servisní střediska svých výrobků. Vzhledem k tomu, že se obecně jedná o servis již nevyráběných optických přístrojů, je dostupnost těchto kolimátorů velmi problematická. Navíc starší kolimátory nevyhovují zvýšeným technickým požadavkům modernizovaných přístrojů. Jednalo by se pravděpodobně o zakázkovou výrobu, která by byla díky svým velkým finančním nákladům pro firmu ekonomicky značně nevýhodná.

3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Formulace problému

Hlavní problém spočívá v tom, že při justáži modernizované verze přístroje TPKU-2B nelze přístroj dostatečně seřadit, jelikož stávající justážní kolimátor nevyhovuje podmínkám justáže této modernizované verze. Firma tedy není schopná tyto modernější verze seřizovat tak, aby vyhovovaly podmínkám zákazníka.

3.2 Cíl bakalářské práce

Při porovnání přejímacích podmínek starší a modernizované verze přístroje TPKU-2B s původními hodnotami v kapitole 2.2.3 zjišťujeme, že tolerance nerovnoběžnosti optických os jsou o 25% menší, než tolerance původní. Z tohoto důvodu je třeba v navrhovaném justážním kolimátoru dodržet větší hodnoty přesností přípravku zajišťující osově natočení optické soustavy a větší hodnotu přesnosti podélného posuvu pomocného dalekohledu. Přesnost osového natočení musí být maximálně $10'$ a přesnost podélného posuvu pro nastavení pomocného dalekohledu musí být 0,1 mm

Dílčí cíle bakalářské práce tedy jsou:

- Návrh konstrukčního řešení upínání přístroje TPKU-2B k přípravku
- Návrh polohování přípravku ve dvou osách s přesností $10'$
- Návrh výškového nastavení pomocného dalekohledu v přípravku s přesností 0,1 mm

4. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

4

4.1 Návrh variant řešení polohovacího mechanismu

4.1

4.1.1 První varianta

4.1.1

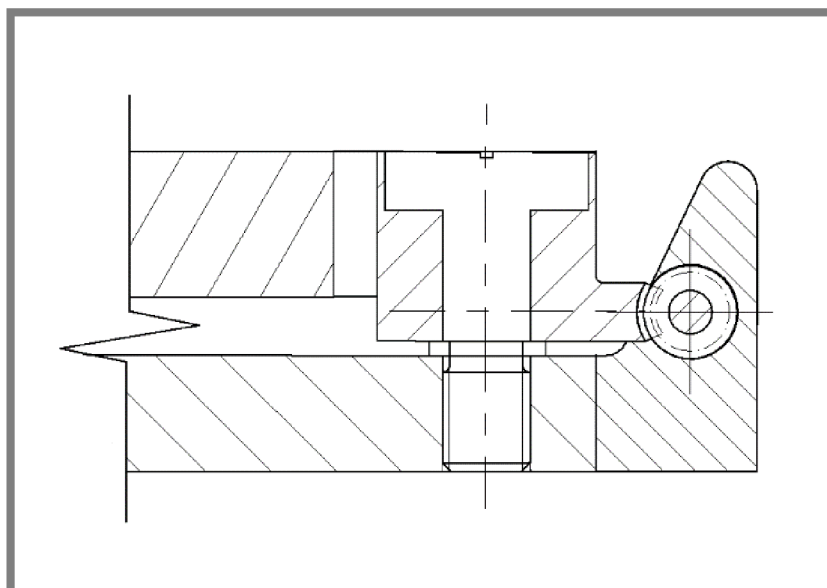
Tato varianta předpokládá uchycení optického přístroje na podložce uchycené čepem k základní desce, přičemž polohování vůči horizontální ose se uskutečňuje pomocí šnekového soukolí, které je umístěno na hlavním čepu. Polohování vůči vertikální ose je řešeno pomocí závitového kolíku. Vzhledem k tomu, že polohování vůči vertikální ose probíhá ve velmi malém rozsahu, je nelinearita polohování vůči této ose zanedbatelná. Tato varianta byla navržena na základě studia obdobných mechanismů s nutností přesných osových natočení či posuvů. Čep přípravku je navržen tak, aby byl schopen otáčení ve dvou osách, a je umístěn tak, aby po upevnění optického přístroje byl střed optické soustavy přístroje přesně nad tímto čepem.

Výhody:

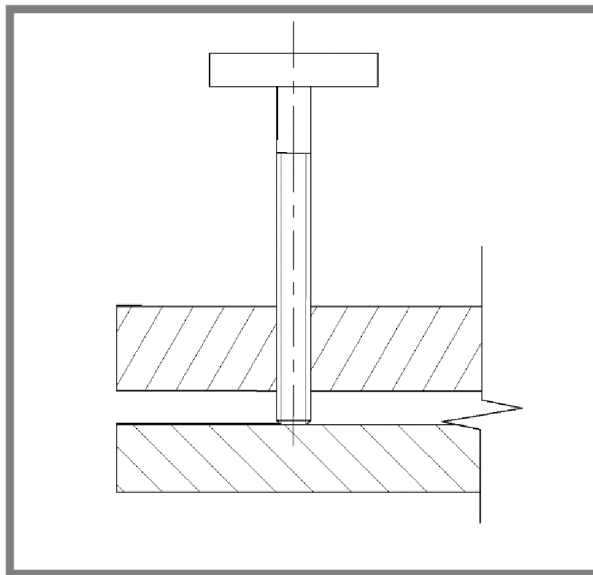
- Linearita osového natáčení vůči vertikální ose
- Snadná montáž

Nevýhody:

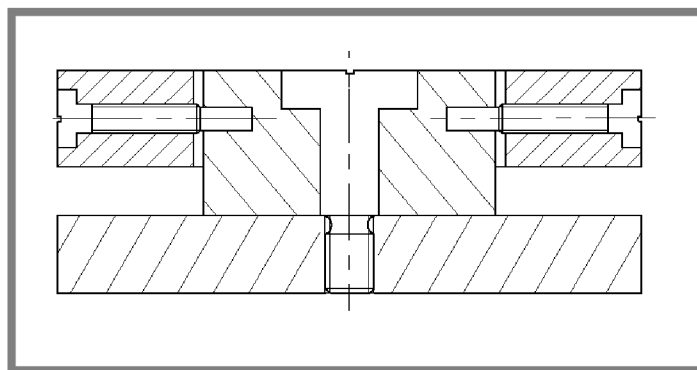
- Ekonomicky méně výhodné řešení
- Obtížnější výroba
- Složitější vymezení vůlí v soukolí
- Nedostatečná jemnost polohování



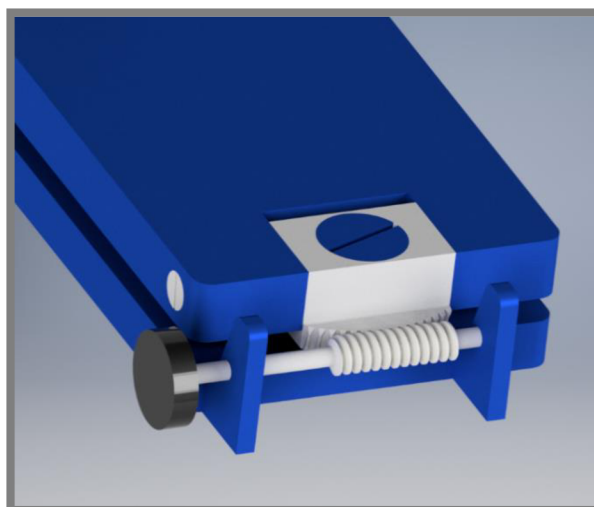
Obr. 15 Boční řez čepem se šnekovým soukolím



Obr. 16 Řez částí zajišťující polohování vůči vertikální ose



Obr. 17 Řez čepy



Obr. 18 Detail zadní části přípravku



Obr. 19 Boční pohled na variantu 1



Obr. 20 Horní pohled na variantu 1

Orientační výpočet natočení pomocí šnekového soukolí

Pro orientační výpočty byl zvolen průměr roztečné kružnice 40 mm a modul 0,2.

Natočení na jednu otáčku šneku

$$t = \pi * m = \pi * 0,2 = 0,62 \text{ mm}$$

kde:

t mm je rozteč zubů šneku
m - modul

Obvod roztečné kružnice ozubeného kola

$$O = \pi * d = \pi * 40 \text{ mm} = 125,66 \text{ mm}$$

kde:

d mm je průměr roztečné kružnice

Po otočení šneku o jednu otáčku nastane pootočení ozubeného kola o $1,83^\circ$.
Orientační výpočet natočení pomocí závitu

Vzhledem k rozměrům optické soustavy byla pro orientační výpočet zvolena vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem 90 mm a stoupání závitu bylo zvoleno 0,8 mm.

$$\alpha_0 = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x}{y} \right) = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{0,8 \text{ mm}}{90 \text{ mm}} \right) = 0,509^\circ$$

$$\beta_0 = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{8 * x}{y} \right) = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{8 * 0,8 \text{ mm}}{90 \text{ mm}} \right) = 4,0675^\circ$$

kde:

| | | |
|------------|----|---|
| α_0 | ° | je úhel natočení z nulové polohy po jednom otočení závitu |
| β_0 | ° | - úhel natočení z nulové polohy po osmi otáčkách |
| x | mm | - stoupání závitu |
| y | mm | - vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem |

Po osmi otáčkách závitu je odchylka od předpokládané hodnoty minimální. Odchylka je způsobena nelinearitou polohování.

Dle předběžných výpočtů a úvah je tato varianta realizovatelná, avšak polohování pomocí šnekového soukolí nezajišťuje dostatečnou jemnost polohování. Tato varianta by také byla z důvodu výroby šnekového soukolí ne příliš ekonomicky výhodná. [8]

4.1.2 Druhá varianta

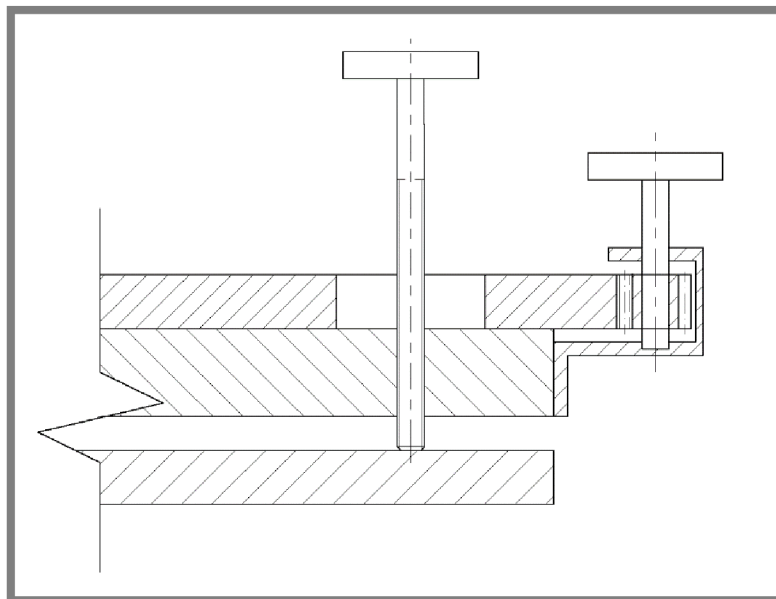
Tato varianta předpokládá uchycení optického přístroje na horní desce uchycené čepem k prostřední a základní desce. Polohování vůči horizontální ose se uskutečňuje pomocí čelního soukolí s přímými zuby, přičemž soukolí je umístěno tak, že horní upínací deska tvoří poloměr ozubeného kola. Polohování vůči vertikální ose je řešeno pomocí závitového kolíku. Vzhledem k tomu, že polohování vůči vertikální ose probíhá ve velmi malém rozsahu, je nelinearita polohování vůči této ose zanedbatelná. Čep přípravku je navržen tak, aby byl schopen otáčení ve dvou osách, a je umístěn tak, aby po upevnění optického přístroje byl střed optické soustavy přístroje přesně nad tímto čepem. Tato varianta byla navržena na základě vlastní úvahy při řešení nedostatků varianty 1.

Výhody:

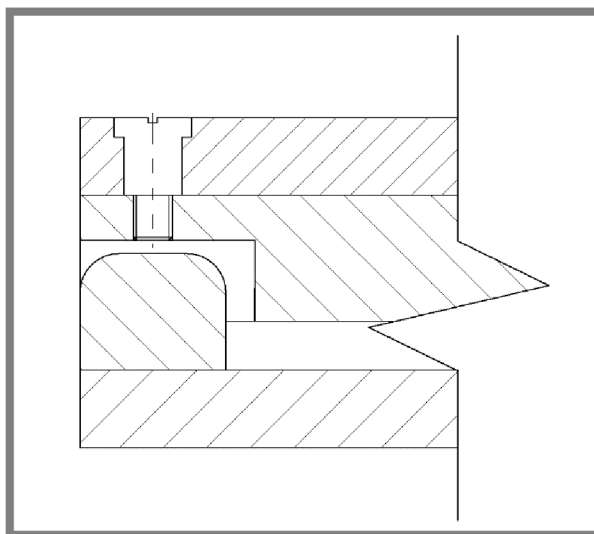
- Linearita osového natočení vůči vertikální ose
- Snadná montáž

Nevýhody:

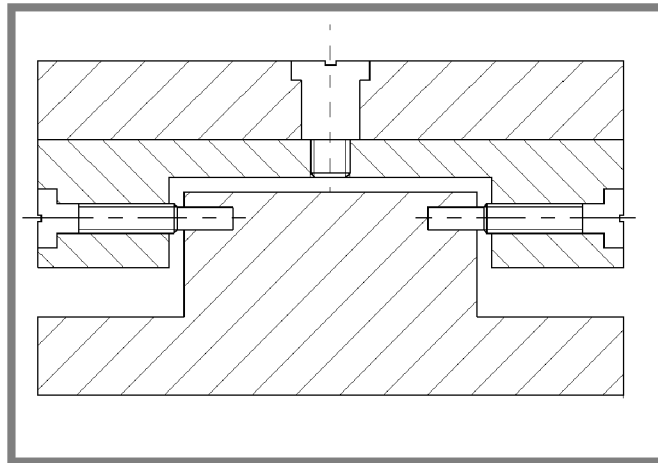
- Ekonomicky nevýhodné řešení
- Obtížnější výroba
- Složitější vymezení vůlí v soukolí
- Nedostatečná jemnost polohování



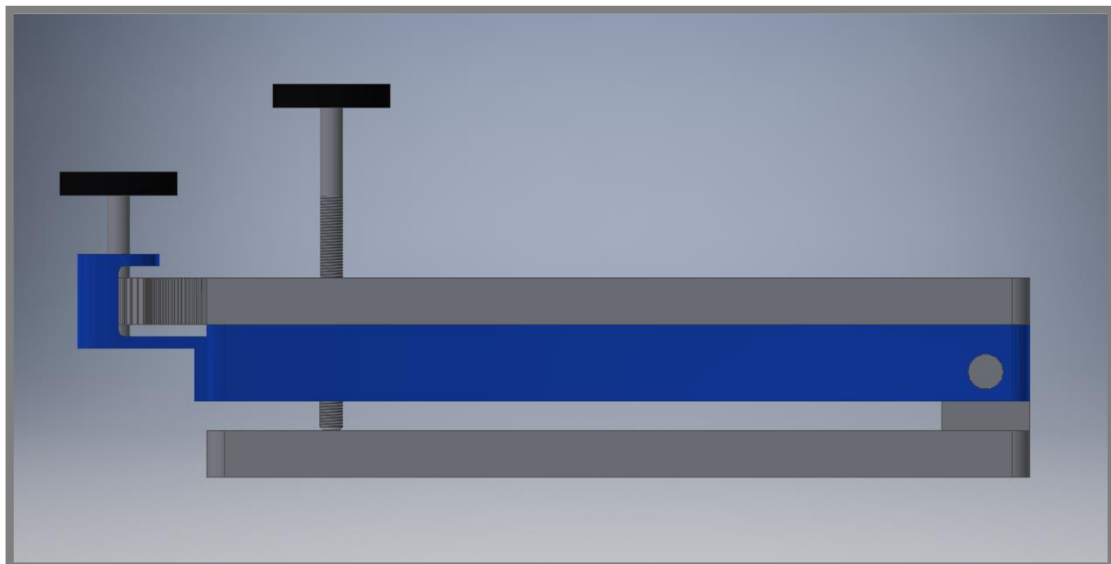
Obr. 21 Řez částí zajišťující polohování vůči vertikální a horizontální ose



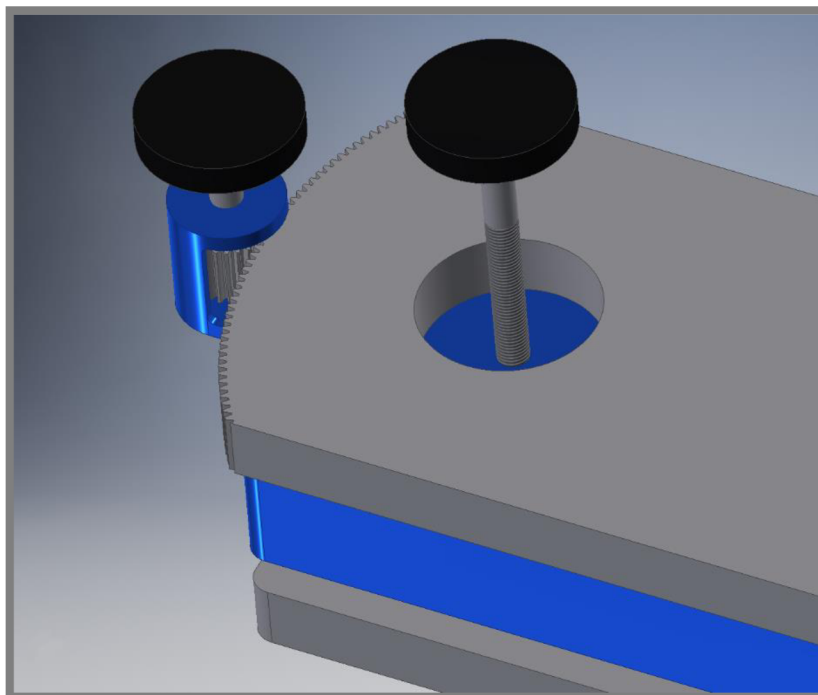
Obr. 22 Řez částí s čepem zajišťující otáčení vůči horizontální ose



Obr. 23 Řez čepy



Obr. 24 Boční pohled na variantu 2



Obr. 25 Detail polohovací části varianty 2

Orientační výpočet polohování pomocí závitu je stejný jako u varianty 1.

Velikost otvoru v horní upínací desce

$$L = 2 * R * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2 * 0,09 \text{ m} * \sin\left(\frac{8}{2}\right) = 0,0125 \text{ m}$$

kde:

- L m je délka tětiny kružnice k s poloměrem R
 R m - poloměr kružnice o velikosti vzdálenosti polohovacího závitu a čepu
 α $^{\circ}$ - středový úhel

$$c = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} = R - \sqrt{90^2 - \frac{12,5^2}{4}} = 2,17 * 10^{-4} \text{ m}$$

kde:

- c m je nejmenší vzdálenost ze středu tětiny ke kružnici k
 R m - poloměr kružnice o velikosti vzdálenosti polohovacího závitu a čepu
 L m - délka tětiny kružnice k s poloměrem R

$$r_0 = \sqrt{c^2 + \frac{L^2}{4}} = \sqrt{89,78^2 + \frac{12,5^2}{4}} = 6,25 * 10^{-3} \text{ m}$$

kde:

- r_0 m je minimální poloměr otvoru v horní upínací desce
 c m - nejmenší vzdálenost ze středu tětiny ke kružnici k
 L m - délka tětiny kružnice k s poloměrem R

Vzhledem k velikosti průměru závitu volíme průměr otvoru 15 mm.

Po předběžné úvaze je tato varianta nerealizovatelná, vzhledem k poměru velikostí roztečných kružnic ozubených kol. Tato varianta by byla vhodná pro součásti s možností menší jemnosti nastavování. Po otočení pastorku o jednu otáčku nastane při zvoleném průměru pastorku 6 mm pootočení přípravku o $7,7^\circ$. Menší průměr pastorku by byl nevhodný. [9]

4.1.3 Třetí varianta

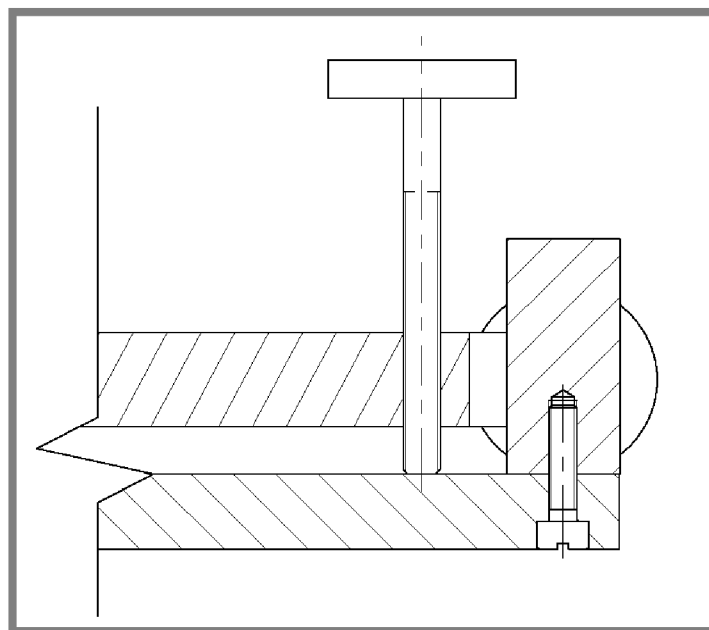
Tato varianta předpokládá uchycení optického přístroje na podložce uchycené čepem k základní desce, přičemž polohování v obou osách se uskutečňuje pomocí závitových kolíků s příslušným stoupáním. Čep přípravku je navržen tak, aby byl schopen otáčení ve dvou osách, a je umístěn tak, aby po upevnění optického přístroje byl střed optické soustavy přístroje přesně nad tímto čepem. U této varianty je možné snadné vymezení vůlí v závitech pomocí předpětí pružinou o náležité tuhosti. Tato varianta byla navržena na základě konzultace s firmou a prostudování obdobných justážních kolimátorů.

Výhody:

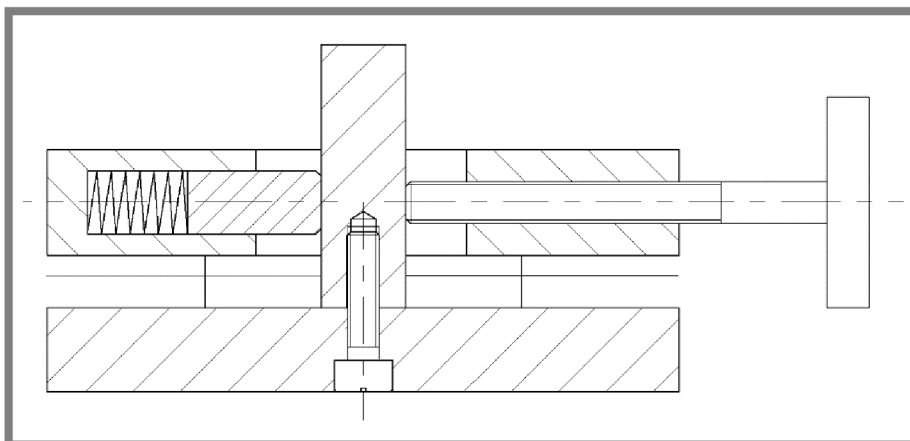
- Konstruktivně nejjednodušší řešení
- Ekonomicky výhodné řešení
- Snadné vymezení vůlí
- Snadná výroba
- Snadná montáž

Nevýhody

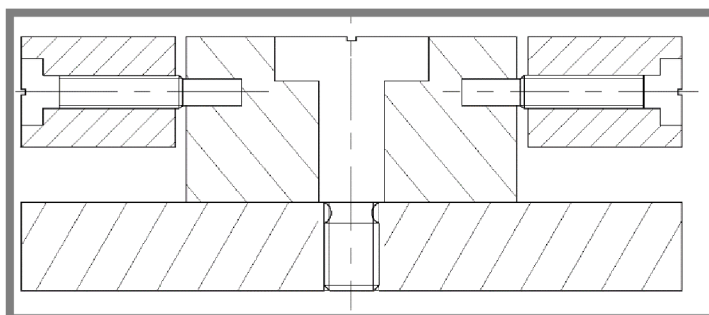
- Nelinearita osového natáčení



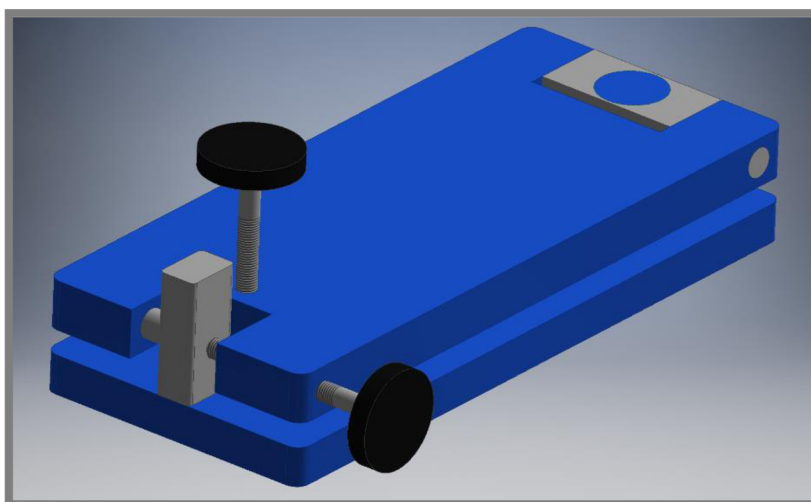
Obr. 26 Řez části zajišťující polohování vůči vertikální ose



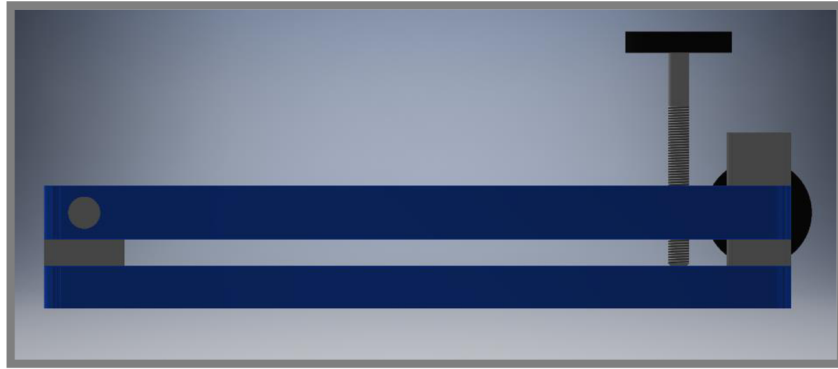
Obr. 27 Řez části zajišťující polohování vůči horizontální ose



Obr. 28 Řez čepy



Obr. 29 Pohled na variantu 3



Obr. 30 Boční pohled na variantu 3

Orientační výpočet natočení vůči vertikální ose

Vzhledem k rozměrům optické soustavy byla pro orientační výpočet zvolena vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem 90 mm a stoupání závitu bylo zvoleno 0,8 mm.

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{0,8 \text{ mm}}{90 \text{ mm}}\right) = 0,509^\circ$$

$$\beta = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{8 * x}{y}\right) = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{8 * 0,8 \text{ mm}}{90 \text{ mm}}\right) = 4,0675^\circ$$

kde:

- α $^\circ$ je úhel natočení z nulové polohy po jednom otočení závitu
- β $^\circ$ - úhel natočení z nulové polohy po osmi otáčkách
- x mm - stoupání závitu
- y mm - vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem

Po osmi otáčkách závitu je odchylka od předpokládané hodnoty 0,0675°, tedy minimální. Odchylka je způsobena nelinearitou polohování.

Orientační výpočet natočení vůči horizontální ose

Vzhledem k rozměrům optické soustavy byla pro orientační výpočet zvolena vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem 110 mm a stoupání závitu bylo zvoleno 0,8 mm.

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{0,8 \text{ mm}}{110 \text{ mm}}\right) = 0,416^\circ$$

$$\beta = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{8 * x}{y}\right) = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{8 * 0,8 \text{ mm}}{110 \text{ mm}}\right) = 3,329^\circ$$

kde:

- α $^\circ$ je úhel natočení z nulové polohy po jednom otočení závitu
- β $^\circ$ - úhel natočení z nulové polohy po osmi otáčkách
- x mm - stoupání závitu
- y mm - vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem

Po osmi otáčkách závitu je odchylka od předpokládané hodnoty $0,67^\circ$, tato odchylka je již větší. Odchylka je způsobena nelinearitou polohování.

Dle předběžných výpočtů a úvah je tato varianta realizovatelná, polohování závitových kolíků zajišťuje vyhovující jemnost polohování, vymezení vůlí je méně náročné, než u předchozích variant. Tato varianta je na výrobu nejsnazší a ekonomicky nejvýhodnější. Nastává zde však problém s nelinearitou polohování v obou osách.

4.1.4 Výběr varianty

4.1.4

První dvě varianty zajišťují vyžadované lineární polohování vůči vertikální ose, avšak nesplňují nějaký z požadavků, nebo jsou náročnější na výrobu. Varianta 3 sice neumožňuje lineární polohování vůči horizontální ose, avšak dle předběžných výpočtů je tato varianta přípustná. Při rozsahu osových natočení $\pm 4^\circ$, předběžně zvoleného stoupání závitu 0,8 mm je po první otáčce závitu z nulové polohy úhel natočení vůči horizontální ose $0,416^\circ$ a po osmi otáčkách je úhel natočení $3,329^\circ$. Tato odchylka je způsobena tím, že posuv není lineární. Při stejném rozsahu natočení a stoupání závitu, je po první otáčce závitu z nulové polohy úhel natočení vůči vertikální ose $0,509^\circ$ a po osmi otáčkách je úhel natočení $4,0675^\circ$. Velikost odchylek v maximálních polohách je však po konzultaci se zadávající firmou vzhledem ke způsobu používání přípravku, jednoduchosti výroby a nákladům na výrobu součástí akceptovatelná. Z těchto důvodů volím 3. variantu.

4.2 Návrh variant řešení výškového polohování pomocného dalekohledu

4.2

4.2.1 První varianta

4.2.1

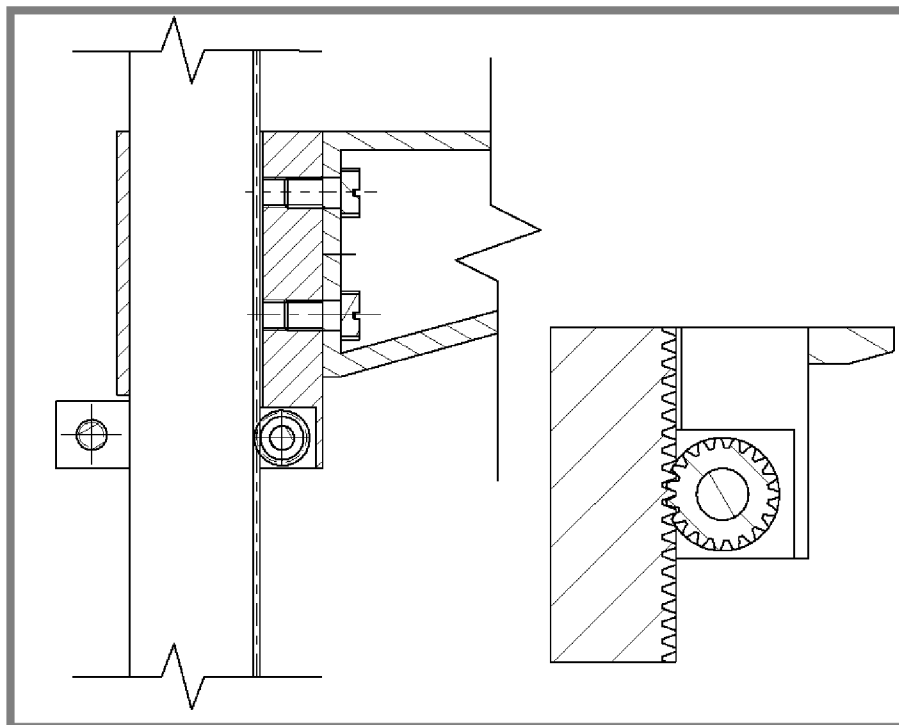
Tato varianta předpokládá výškové polohování pomocí hřebenového ozubení s šikmými zuby. Regulace polohy probíhá pomocí klíčky, která otáčí ozubené kolo, které je uloženo v pouzdře, na němž je uchycen držák pomocného dalekohledu. Toto pouzdro polohujeme vůči vertikální tyči, na níž je umístěn ozubený hřeben. Po nastavení požadované výšky zajistíme pouzdro na tyči pro zamezení vůlí klíčkou pomocí stahovacího mechanismu na spodní části pouzdra.

Výhody:

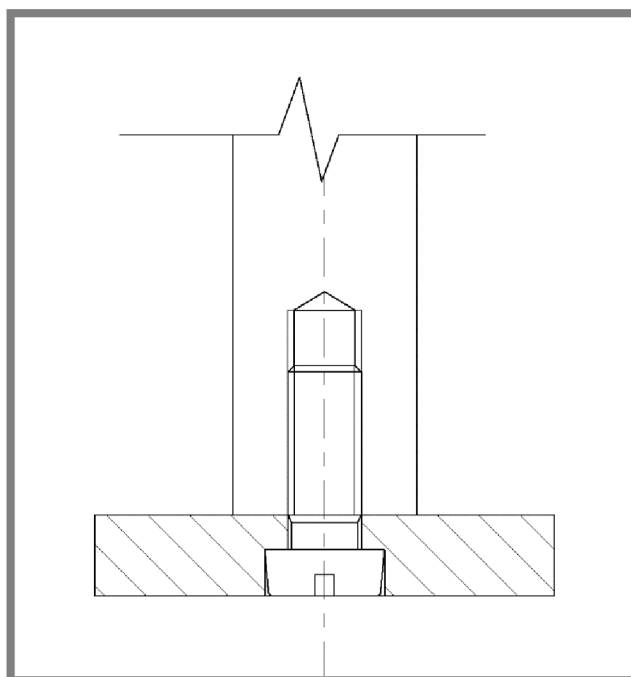
- Konstrukčně jednoduché řešení
- Ekonomicky nenáročné řešení
- Snadná montáž

Nevýhody

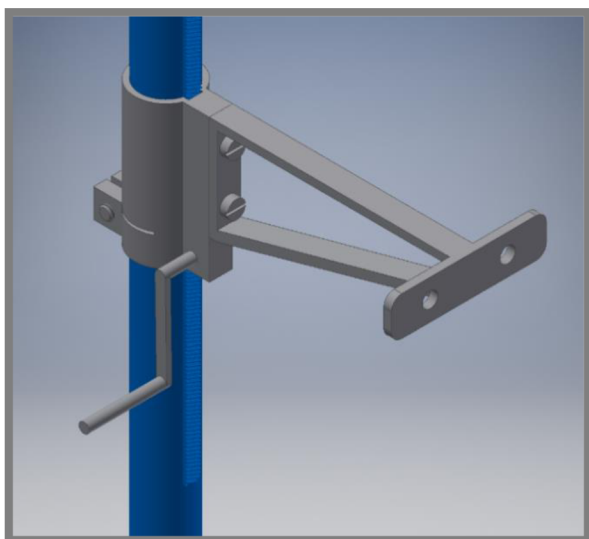
- Nedostatečná přesnost polohování



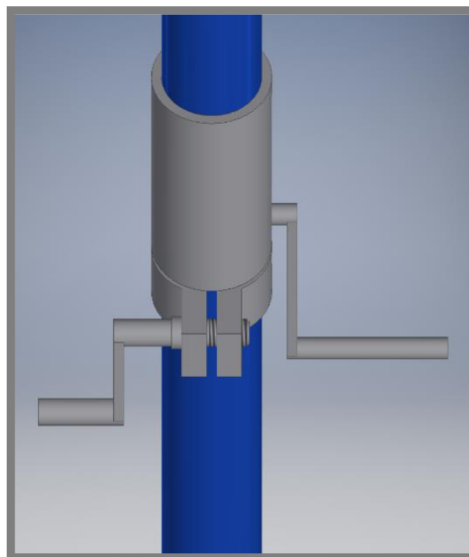
Obr. 31 Řez částí zajišťující výškové polohování a detail ozubeného hřebenu s viditelným prvkem ozubení



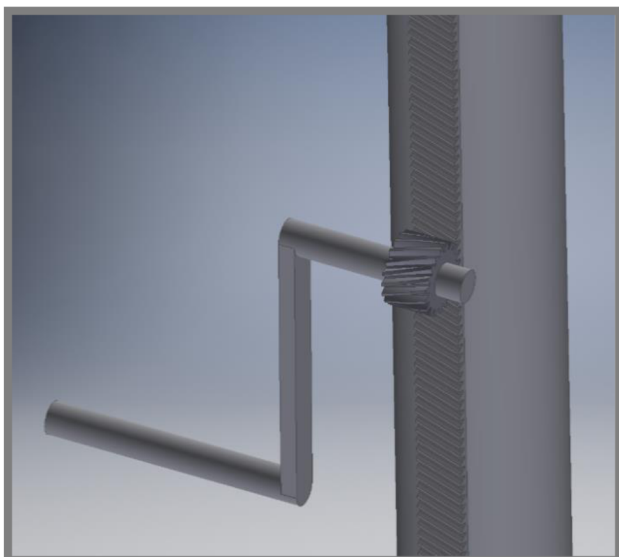
Obr. 32 Řez částí zajišťující možnost připevnění k základní desce



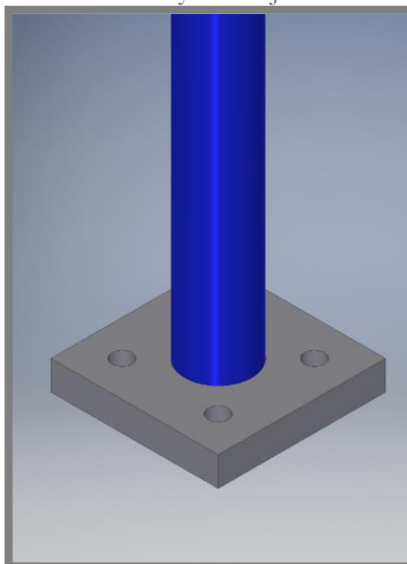
Obr. 33 Pohled na systém výškového polohování



Obr. 34 Pohled na systém zajištění



Obr. 35 Schematické znázornění systému posuvu



Obr. 36 Pohled na spodní část přípravku

Pro výškový posuv byl zvolen ozubený hřeben s šikmými zuby s úhlem sklonu zubů $\beta = 20^\circ$. Ozubení se šikmými zuby bylo vybráno, protože průběh záběru je plynulejší, než u ozubení s přímými zuby. Normální modul byl vhodně zvolen 0,4.

Základní charakteristiky ozubeného kola:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos(\beta_1)} = \frac{0,4}{\cos(20^\circ)} = 0,425$$

kde:

m_t je čelní modul
 m_n - normální modul
 β_1 ° - úhel sklonu zubů

$$d = m_t * z = 0,425 * 19 = 8,075 \text{ mm}$$

kde:

d mm je průměr roztečné kružnice kola
 m_t - čelní modul
 z - zvolený počet zubů

Pro přesnější polohování je vhodný co nejmenší průměr. Vzhledem k funkci již menší průměr ale není vhodný.

Základní charakteristika ozubeného hřebene:

Čelní a normální modul je stejný, jako u ozubeného kola.

$$c_a = 0,25 * m_t = 0,25 * 0,425 = 0,10625 \text{ mm}$$

kde:

c_a mm je hlavová vůle
 m_t - čelní modul

$$h_f = m_t + c_a = 0,425 + 0,10625 \text{ mm} = 0,531 \text{ mm}$$

kde:

h_f mm je výška paty zubu
 m_t - čelní modul
 c_a mm - hlavová vůle

$$h = h_a + h_f + c_a = 0,425 \text{ mm} + 0,531 \text{ mm} + 0,107 \text{ mm} = 1,063 \text{ mm}$$

kde:

h mm je výška zubu
 h_a mm -výška hlavy zubu = m_t
 h_f mm -výška paty zubu
 c_a mm - hlavová vůle

$$p_t = m_t * \pi = 0,425 * \pi = 1,335 \text{ mm}$$

kde:

m_t je čelní modul

Výpočet výškového posuvu:

$$O_1 = 2 * \pi * r = 2 * \pi * 4,037 \text{ mm} = 25,36 \text{ mm}$$

kde:

O_1 mm je obvod roztečné kružnice ozubeného kola
r mm - poloměr roztečné kružnice ozubeného kola

Při otočení ozubeného kola o $\frac{1}{10}$, tedy o 36° nastane výškové posunutí 2,53 mm. Toto provedení není akceptovatelné, jelikož nelze dosáhnout dostatečné přesnosti polohování.

Pro dosažení dostatečné přesnosti polohování by bylo třeba zhotovit převodový mechanismus. Místo pouzdra pro jedno ozubené kolo by bylo třeba zhotovit pouzdro pro převodový mechanismus. [9]

4.2.2 První varianta s převodovým mechanismem

4.2.2

Kinematické schéma navrženého mechanismu:

Výhody:

- Dostatečná přesnost polohování

Nevýhody

- Náročné na výrobu
- Ekonomicky nevýhodné
- Složitější montáž
- Složitější vymezení vůlí

4.2.3 Druhá varianta

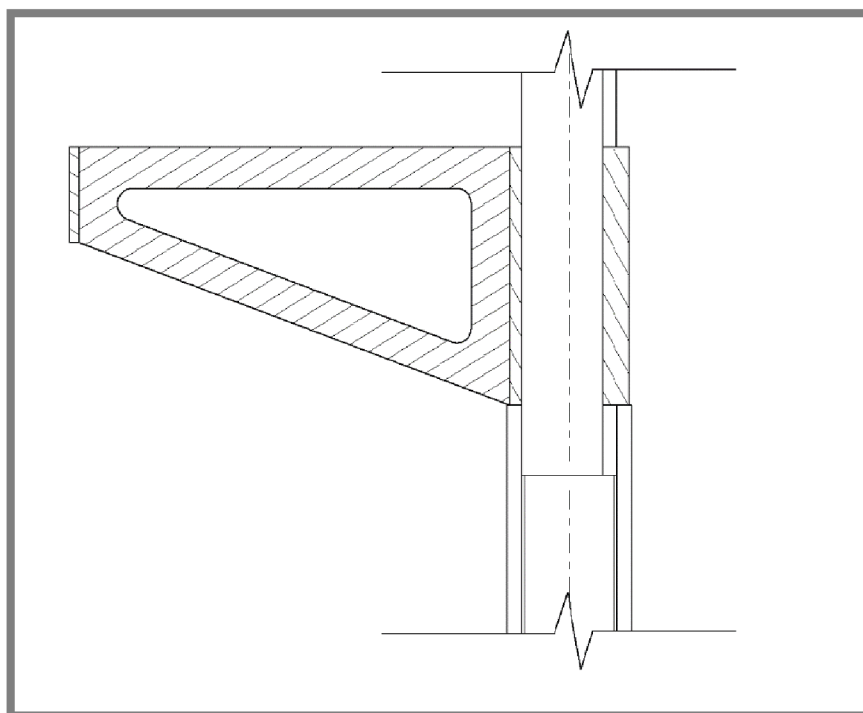
Tato varianta předpokládá výškové polohování pomocí závitu s dostatečně jemným stoupáním. Vertikální tyč, na které je ve spodní polovině závit. Tato tyč slouží jako vodítko pro kulatinu, v jejíž spodní části je závit, jejímž šroubováním na vertikální tyči zajišťujeme výškové polohování pouzdra s držákem na pomocný dalekohled, které je volně nasunuto na horní části vertikální tyče, která již není osazena závitem. Zamezení vůlí mezi vodící tyčí a pouzdem dosáhneme předepsáním dostatečně přesného uložení. Pro zamezení pootočení pouzdra na vodící tyči je zde drážka na vodící tyči, ve které je pouzdro usazeno.

Výhody:

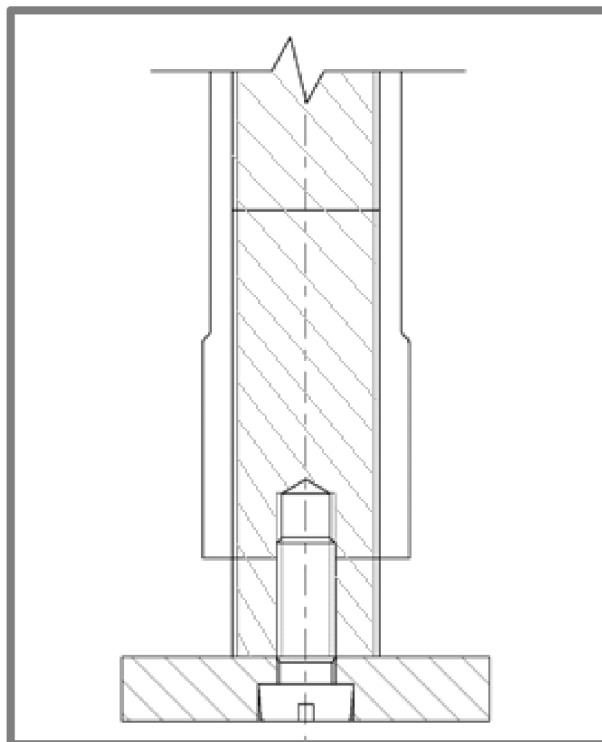
- Konstrukčně jednoduché řešení
- Ekonomicky nenáročné řešení
- Snadné vymezení vůlí
- Snadná montáž

Nevýhody

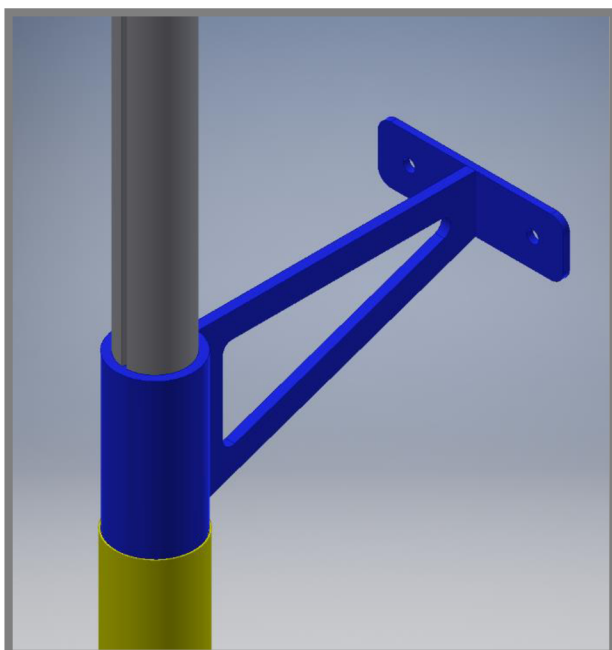
- Zdlouhavý výškový posuv vyššího rozsahu



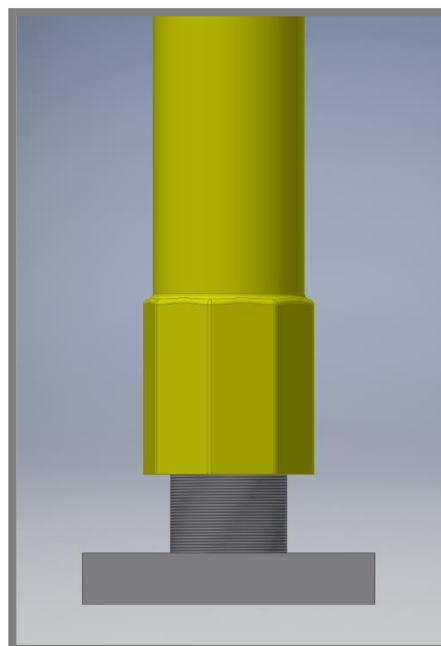
Obr. 38 Řez částí pouzdra s drážkou nasunutě na vodící tyči se závitem



Obr. 39 Řez částí upnutí k základní desce



Obr. 40 pohled na pouzdro s držákem



Obr. 41 pohled na spodní část přípravku



Obr. 42 Celkový pohled na druhou variantu

Přesnost výškového polohování:

Na vodící tyči a v polohovací kulatině volíme závit s vnějším průměrem 20 mm a normalizovaným jemným stoupáním 0,5 mm. Při této velikosti stoupání se po jedné otáčce polohovací kulatiny změní výšková poloha pouzdra o 0,5 mm. Po otočení pouzdra o $\frac{1}{5}$ se poloha pouzdra změní o 0,1 mm. Touto variantou lze tedy bez dalších výpočtů dosáhnout požadované přesnosti nastavení. Nastává zde problém při změně polohy o větší hodnotu. Protože polohu lze měnit pouze pomocí závitu, je změna polohy ve větším rozsahu zdlouhavá.

4.2.4 Výběr varianty

První varianta je jednoduchá na výrobu a snadná na montáž, ale přesnost nastavení polohy je velmi malá, proto je tato varianta neakceptovatelná. Po přidání převodového mechanismu do první varianty je polohování zajištěno s dostatečnou přesností. Je zde také výhoda snadného nastavení velkého rozsahu polohy. Tato varianta je vhodná, ale jelikož firma požaduje co nejekonomičtější řešení, tuto variantu také vylučujeme. Třetí varianta je nejvhodnější z hlediska jednoduchosti výroby, snadné montáže, snadného vymezení vřelí. Tato varianta také splňuje požadovanou přesnost. Je zde ale problém v nastavení výškové polohy ve větším rozsahu. Vzhledem k funkci přístroje se však tato varianta po konzultaci se zadávající firmou jeví jako nejvhodnější, protože na tomto justážním kolimátoru se seřizuje pouze typ zaměřovacího přístroje TPKU-2B, z čehož plyne, že po prvotním nastavení výškové polohy se dále tato poloha při následujících justážích nastavuje již v menším rozsahu, který nepřesahuje 50 mm. Z těchto důvodů volím variantu 2.

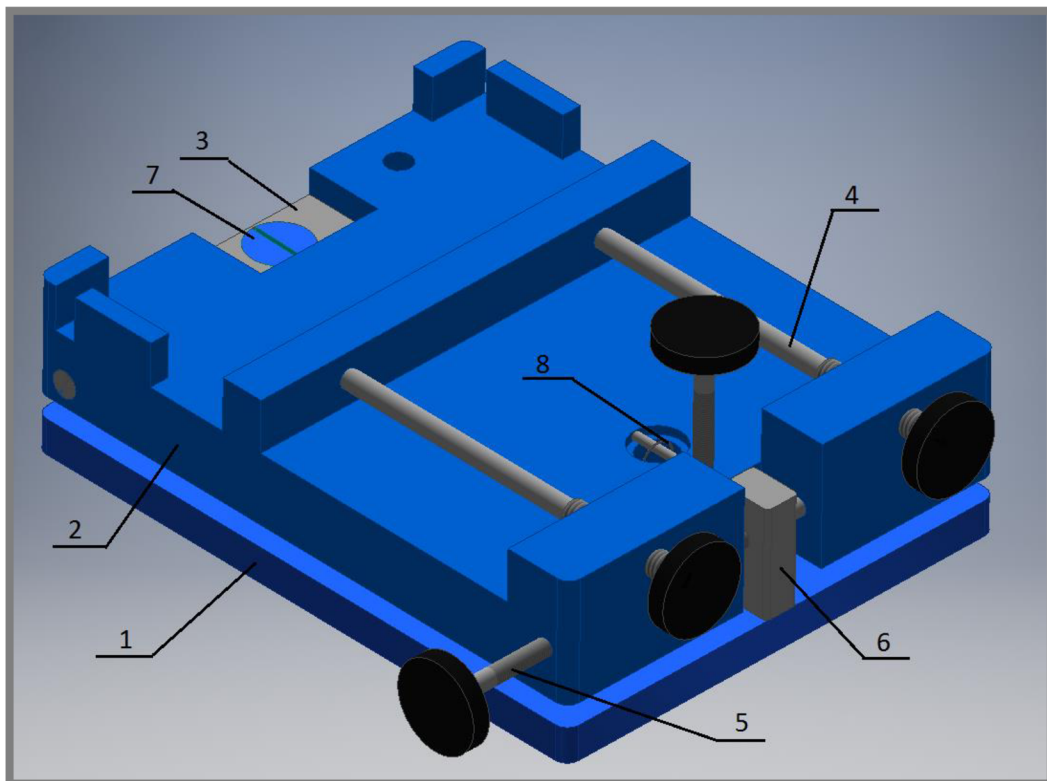
4.2.4

5. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

5.1 Přípravek pro osové natočení

Sestava přípravku se skládá z pěti hlavních částí. Tyto části jsou spodní deska, upínací deska, uložení čepů, zajišťovací šrouby, polohovací šrouby. Tyto části jsou popsány na obrázku 43 a jejich názvy budou používány v celé kapitole. Přípravek je součástí sestavy justážního kolimátoru a je upevněn k základní desce této sestavy.

1. spodní deska
2. upínací deska
3. uložení čepů
4. zajišťovací šrouby
5. polohovací šrouby
6. polohovací hranol
7. hlavní čep
8. jistící pružina

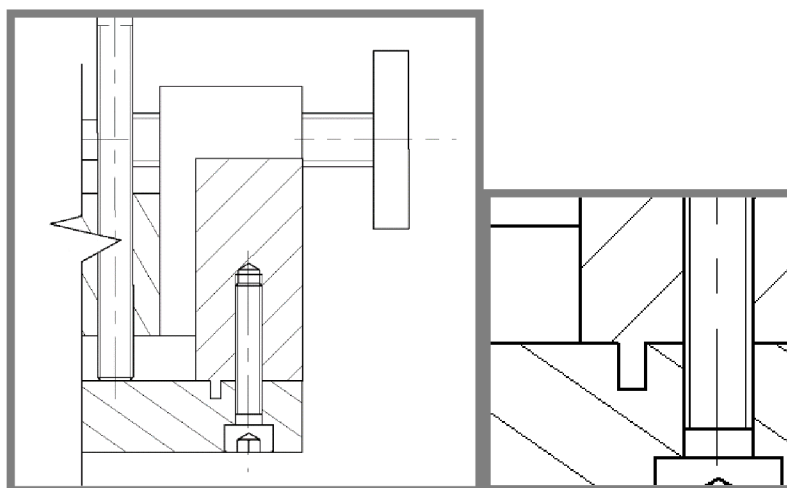


Obr. 43 Konečný vzhled přípravku pro osové natočení

5.1.1 Spodní deska

První částí sestavy je spodní deska 1. Deska má tloušťku 8 mm. Rozměry desky jsou 134 x 140 mm. Na rozích desky je zaoblení R3. Upevnění desky k základní desce sestavy justážního kolimátoru je zajištěno čtyřmi šrouby se závitem M6. Šrouby se vkládají zespoda základní desky justážního kolimátoru a pomocí stejných závitů ve spodní desce přípravku dojde k upevnění a vymezení vůlí. Polohy děr v základní desce

jsou zobrazeny na výkresu součásti v příloze. Ke spodní desce je dále připevněn polohovací hranol 6. Hranol je upevněn ke spodní desce šroubem se závitem M5, ve spodní desce je tedy otvor pro tento šroub a pro zajištění polohy hranolu je v desce otvor na kolík. Pro upevnění čepu 7, který zajišťuje otáčení vůči horizontální ose je v zadní části spodní desky otvor s vnitřním závitem M7. K zajištění tažné pružiny 8 slouží ve spodní desce otvor o průměru 9 mm se zahlobením pro zajištění kolíku, který zajišťuje pružinu. Funkce pružiny a její parametry jsou popsány a vysvětleny v kapitole 5.1.2.



Obr. 44. Řez s částí polohovacím hranolem 6 a detail otvoru s jisticím kolíkem

5.1.2 Upínací deska

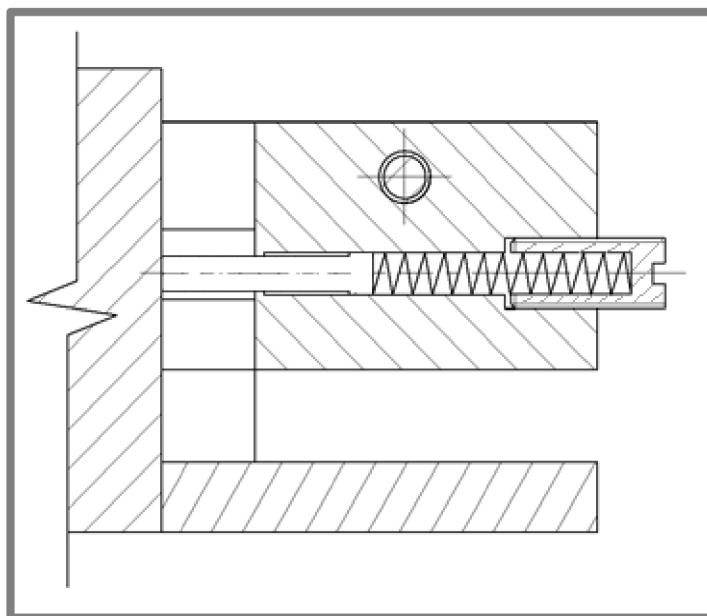
5.1.2

Upínací deska je součást, která slouží k upnutí optické sestavy a je spolu s optickou sestavou při justáži natáčena. Rozměry desky před obráběním jsou 140 x 110 mm a tloušťka desky je 28 mm. Po obrobení vzniknou v zadní části zarážky *a*, *b* (Obr. 46) pro přesné vymezení polohy optické sestavy. Dále jsou na upínací desce základny upínacích přípravků *c*, v nichž jsou upínací přípravky našroubovány. Přípravky jsou dále vedeny částí *d*. Dále jsou v upínací desce umístěny otvory se závitem pro umístění čepů, které zajišťují natočení vůči vertikální ose (viz. Obr. 28). V přední části jsou otvory s vnitřním závitem pro osově polohovací šrouby a otvor na pružinu. I přes to, že upnutím optické sestavy dojde díky její hmotnosti k vymezení vůlí v závitu šroubového spojení osového natáčení vůči vertikální ose a také k zajištění kontaktu se spodní deskou, ze zkušeností, které mi sdělila zadávající firma, je třeba zajistit předepnutí mezi deskami, aby nedošlo ke ztrátě kontaktu polohovacího šroubu a spodní desky důsledkem probíhající justáže. Z tohoto důvodu je v sestavě umístěna předepjatá tažná pružina, pro jejíž uchycení je v upínací desce otvor *e*, (Obr. 46) s osazením pro zajišťovací kolík. Tuhost pružiny byla zvolena 1 N/mm, vzhledem k hmotnosti upínací desky a možného zavádění technika o upínací desku, které by mohlo justáž znehodnotit. Pružina by měla tyto možnosti znehodnocení alespoň částečně eliminovat.

Parametry zvolené pružiny 1:

| | |
|------------------------------|---------|
| Tloušťka drátu: | 0,8 mm |
| Střední průměr pružiny: | 8,2 mm |
| Volná délka pružiny: | 18,6 mm |
| Def. v plně zatíženém stavu: | 26,4 mm |
| Tuhost pružiny: | 1 N/mm |

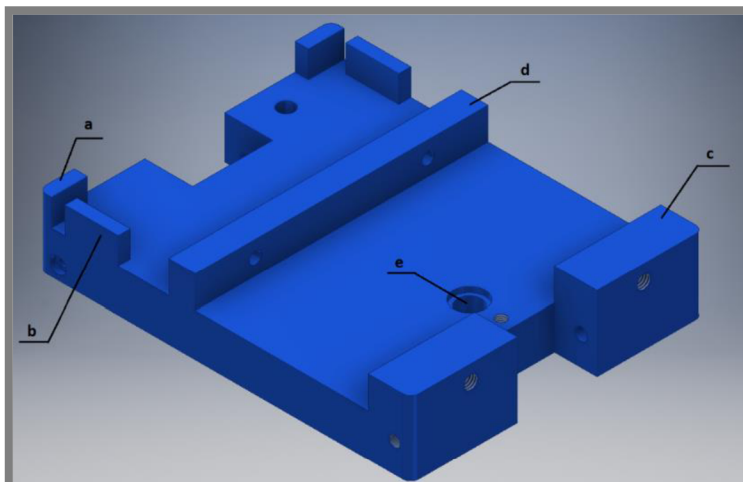
V přední části upínací desky se nachází uložení pro kolík s tlačnou pružinou 2, který zajišťuje kontakt polohovacího šroubu s polohovacím hranolem (Obr. 43, položka 6). Tato pružina musí překonat tření čepu a tření svislého polohovacího šroubu se spodní deskou, aby i při krajní poloze natočení, resp. maximálně vyšroubovaném vodorovném polohovacím šroubu byl zajištěn kontakt šroubu s polohovacím hranolem. Velikost těchto tření nejde přesně určit, nicméně ze zkušeností technika obsluhujícího justážní kolimátor byla po konzultaci zvolena pružina s tuhostí 2,5 N/mm s tím, že při nedostatečné tuhosti by bylo třeba pružinu nahradit pružinou tužší. Uložení kolíku v upínací desce je zvoleno uložení s malou vůlí H11/h11.



Obr. 45. Řez uložením kolíku s pružinou 2

Parametry zvolené pružiny 2:

| | |
|-------------------------|----------|
| Tloušťka drátu: | 0,4 mm |
| Střední průměr pružiny: | 4,0 mm |
| Volná délka pružiny: | 51 mm |
| Délka po max. stlačení: | 16 mm |
| Tuhost pružiny: | 2,5 N/mm |

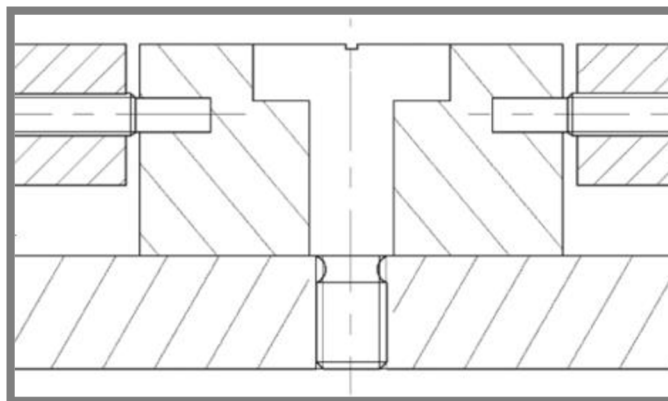


Obr. 46 Popis základních částí upínací desky

5.1.3 Uložení čepů

5.1.3

Součást pro uložení čepů je část, ve které jsou uloženy čepy, díky kterým je umožněn osový náklon. Rozměry součásti před obrobením jsou 28 x 15 x 21 mm. Středem součásti je vertikálně veden otvor se zahloubením, kterým je veden čep pro natáčení vůči horizontální ose. Pro uložení tohoto čepu do součásti je zvoleno točné uložení s malou vůlí H7/f7. Ze stran jsou v součásti vyfrézovány otvory pro uložení čepů, které zajišťují otáčení vůči vertikální ose. Uložení těchto čepů je rovněž zvoleno točné s malou vůlí H7/f7.

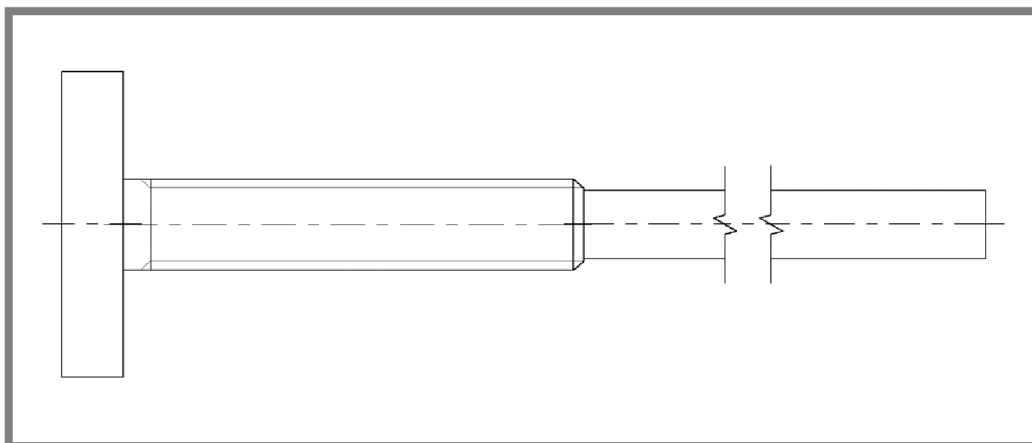


Obr. 47 Detail uložení čepů

5.1.4 Zajišťovací šrouby

5.1.4

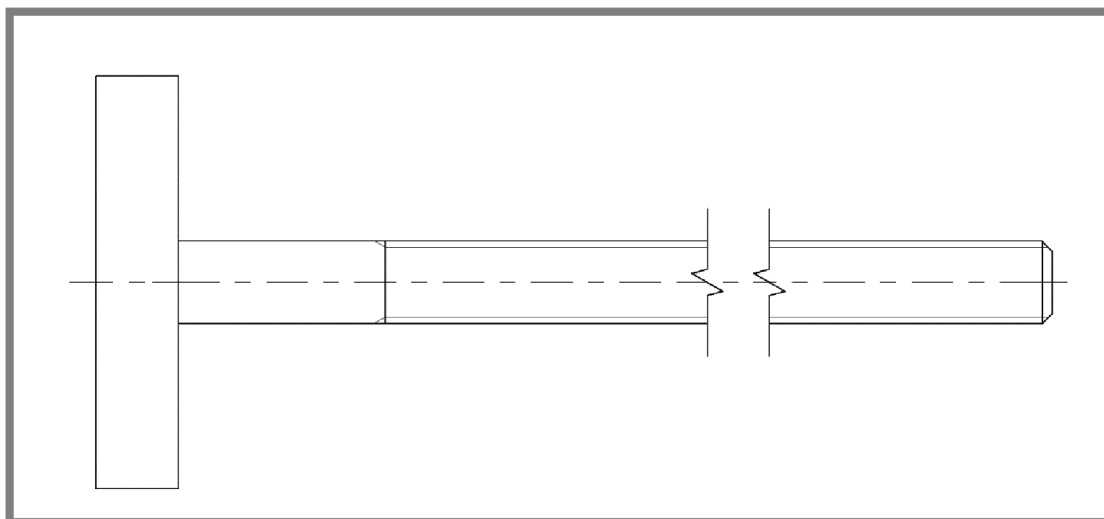
Zajišťovací šrouby jsou součásti, kterými zajišťujeme polohu optické sestavy a zamezujeme jejímu pohybu. Prvních 30 mm součásti má průměr 6 mm a je osazeno závitem M6x1. Tato část slouží k zašroubování součásti do upínací desky a tím pádem dojde k vymezení vůle a zamezení pohybu optické sestavy. Druhá část součásti má délku 100 mm a má průměr 4,5 mm a je vedena do části upínací desky sloužící k vedení této součásti (Obr. 46, položka d). Konec součásti dosedá na dosedací plochu optické sestavy, která je pro tento účel určena. V sestavě polohovacího přípravku jsou navrženy dva tyto zajišťovací šrouby.



Obr. 48 Zajišťovací šroub

5.1.5 Polohovací šroub

Polohovací šroub je součást, se kterou pomocí otáček nastavujeme polohu upínací desky vůči spodní desce. Šroub je dlouhý 75 mm, má průměr 4 mm a je osazen závitem M4x0,5 v délce 65 mm. Polohovací šrouby šroubujeme do určených otvorů v upínací desce (viz. kapitola 5.1.2). Jedním šroubem určujeme otáčení vůči horizontální ose a druhým šroubem vůči vertikální ose. U polohování vůči horizontální ose dosedá šroub na spodní desku, kontakt šroubu s deskou je zajištěn hmotností optické sestavy, upínací desky a také tažnou pružinou. U polohování vůči vertikální ose dosedá šroub na stěnu polohovacího hranolu (obr. 43, položka 6), přičemž kontakt tohoto šroubu s polohovacím hranolem je zajištěn kolíkem s tlačnou pružinou umístěným v upínací desce.



Obr. 49 Polohovací šroub

5.1.6 Materiály a technologie

5.1.6

Ke konstrukci přípravku pro osové natáčení byla pro spodní desku, upínací desku, uložení čepů a pro samotné čepy zvolena konstrukční ocel 11 500 a pro polohovací a zajišťovací šrouby byla zvolena konstrukční ocel 11 600. Tyto oceli byly vybrány z důvodu dostatečných mechanických vlastností pro tento přípravek a dobré dostupnosti. Všechny vyráběné součásti jsou zhotoveny obráběním. Konkrétně frézováním, soustružením a vrtáním. Součásti jsou povrchově upraveny černěním. Na sestavě bylo použito co největší množství dílů, které lze koupit, jako například šrouby pro uchycení k základní desce, či pružiny. Většinu součástí je však nutno vyrobit na zakázku.

5.1.7 Celkové rozměry a hmotnost

5.1.7

Sestava se zašroubovanými šrouby (nezapočítány do celkových rozměrů), v základní poloze s natočením 0° v obou osách je dlouhá 140 mm, široká 110 mm a vysoká 48 mm. Sestava má hmotnost 3,1 kg.

5.1.8 Montáž

5.1.8

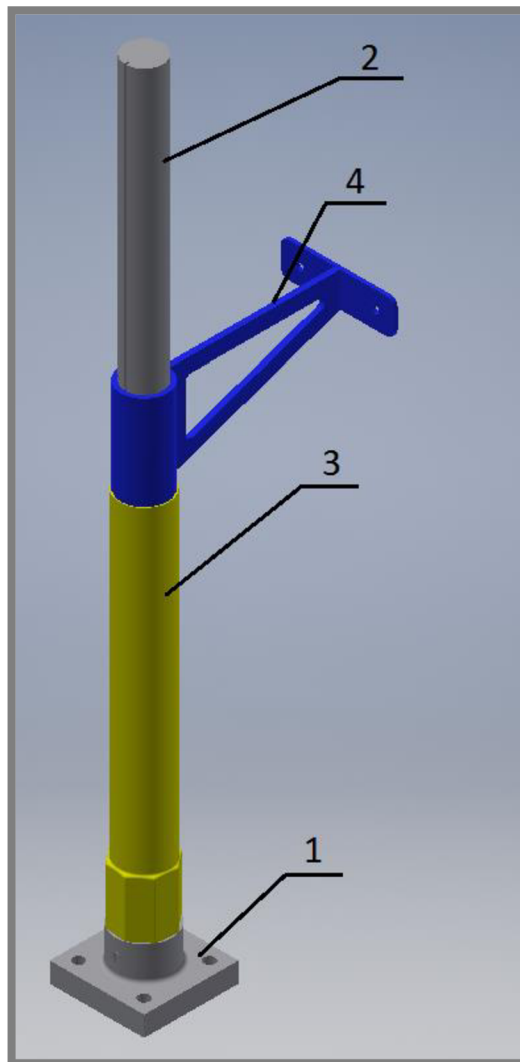
Do drážky pro kolík polohovacího hranolu vložíme polohovací hranol a ke spodní desce přišroubujeme. Dále na spodní desku vložíme uložení čepů, jehož polohu zajistíme přišroubováním vertikálního čepu skrz uložení ke spodní desce. Poté pomocí horizontálních čepů upevníme upínací desku k čepovému uložení. Následně do upínací desky našroubujeme polohovací a zajišťovací šrouby. Po našroubování šroubů do sestavy vložíme a zajistíme obě pružiny. Po složení přípravku celý přípravek upevníme k základní desce justážního kolimátoru pomocí čtyř šroubů.

5.2 Přípravek pro výškové polohování pomocného dalekohledu

5.2

Sestava přípravku se skládá ze čtyř hlavních částí. Tyto části jsou základní deska, vodící tyč, polohovací trubice, vedení dalekohledu. Tyto části jsou popsány na obrázku 50 a jejich názvy budou používány v celé kapitole. Přípravek je součástí sestavy justážního kolimátoru a je upevněn k základní desce této sestavy.

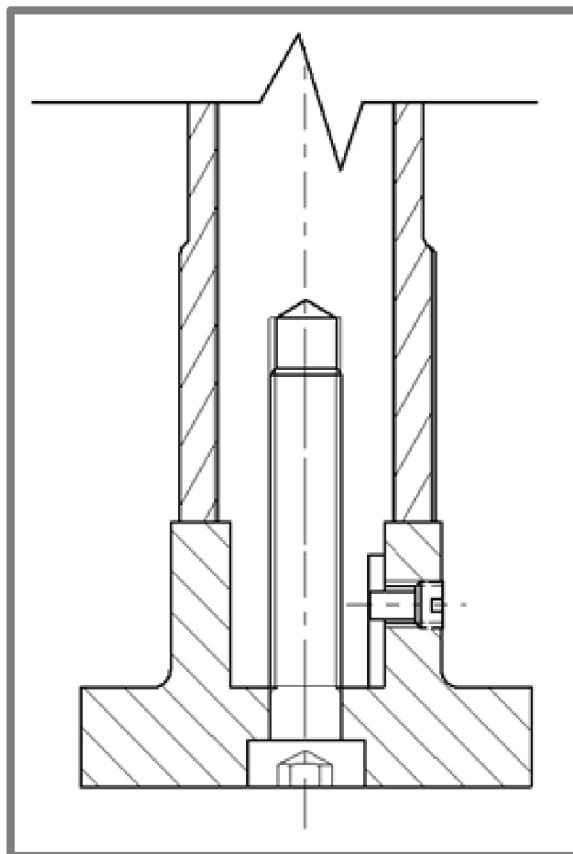
1. základní deska
2. vodící tyč
3. polohovací trubice
4. Konzole vedení dalekohledu



Obr. 50 Konečný vzhled přípravku polohování dalekohledů

5.2.1 Základní deska

Základní deska slouží k upevnění vodící tyče a jejímu zajištění ve správné poloze a k následnému upevnění k základní desce justážního kolimátoru. Upevnění a zajištění vodící tyče je zajištěno šroubem s imbusovou hlavou, který zajistí stažení vodící tyče a základní desky a bočním jisticím šroubem se závitem M5, který je zašroubován do drážky ve vodící tyči. Rozměry desky jsou 50 x 50 x 10 mm, na níž je objímka, do které vsouváme vodící tyč, která má vnější průměr 30 mm a výška součásti s touto objímkou je 28 mm.

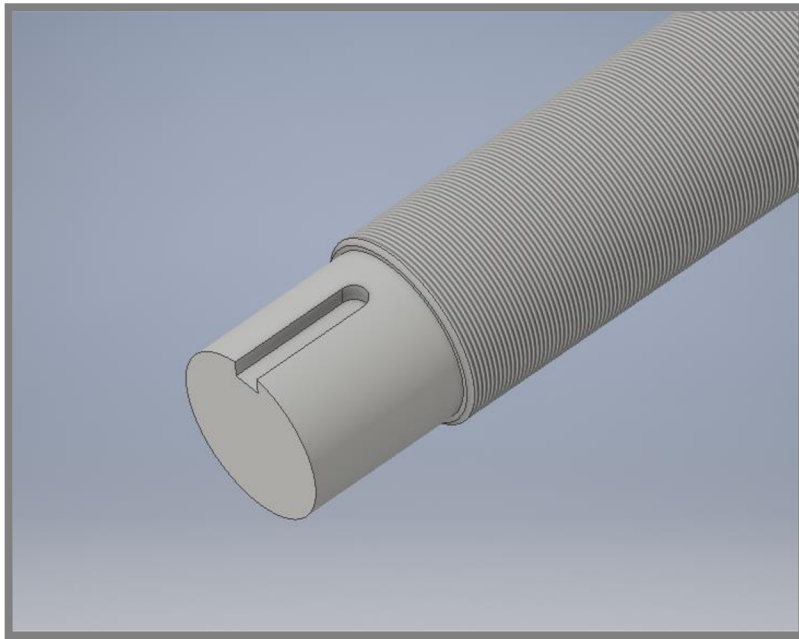


Obr. 51 Řez základní deskou, zobrazující uchycení a zajištění vodící tyče

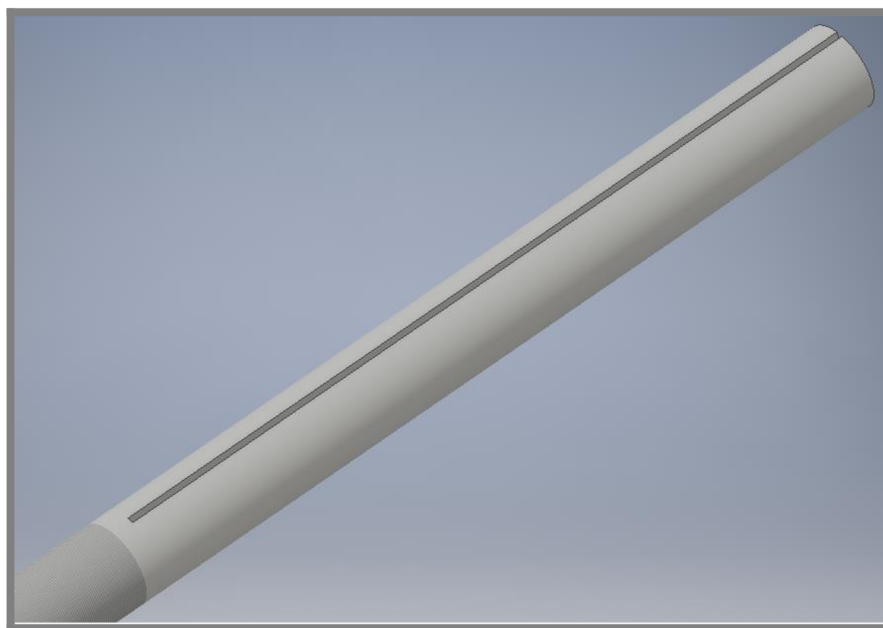
5.2.2 Vodící tyč

Vodící tyč je součást, která slouží k vedení vodící kulatiny a držáku dalekohledu. Tyč má průměr 20 mm a je dlouhá 418 mm. Nejnižší poloha držáku dalekohledu je 210 mm od základní desky sestavy justážního kolimátoru. Spodní část tyče je osazena závitem M20x0,5 o délce 200 mm. Tento závit slouží k vedení polohovací trubice, kterou po závitu posouváme a tím měníme polohu držáku na dalekohled, který je na trubici usazen. Horních 200 mm tyče slouží k vedení držáku. V této části je třeba zajistit, aby uložení držáku na vodící tyči bylo provedeno s co nejmenší vůlí. Proto zde volím smykové uložení H7/h6 s velmi malou vůlí, které je vhodné pro uložení přesného vedení a částí, které se po sobě mají posouvat. Pro zamezení natočení a zajištění správné funkce součásti je v této vrchní části tyče vedena drážka, hluboká 3 mm se zkosením 30°. Jelikož by bylo velmi obtížné zhotovit po 200 mm kolmé ukončení drážky, je drážka ukončena plynule. Pro uložení a zajištění tyče do základní desky je na spodní straně tyče otvor se závitem, do kterého je našroubován šroub, pro spojení se základní deskou. Pro zajištění jistícího šroubu, který zajišťuje polohu tyče, je ve spodní části tyče vyfrézována plochá drážka pro uložení jistícího šroubu.

5.2.2



Obr. 52 Drážka pro zajištění polohy vodící tyče

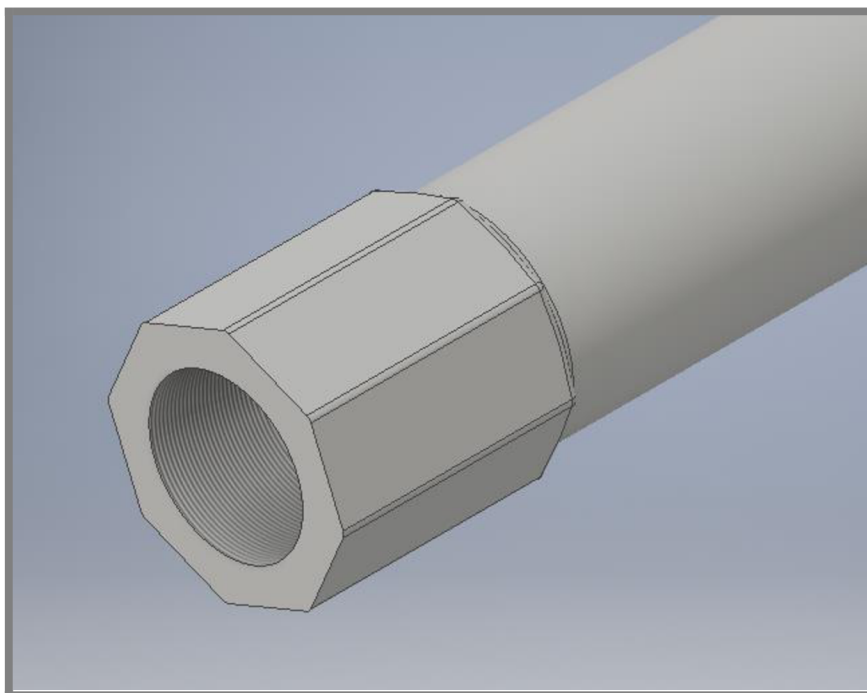


Obr. 53 Drážka pro vedení držáku pomocného dalekohledu

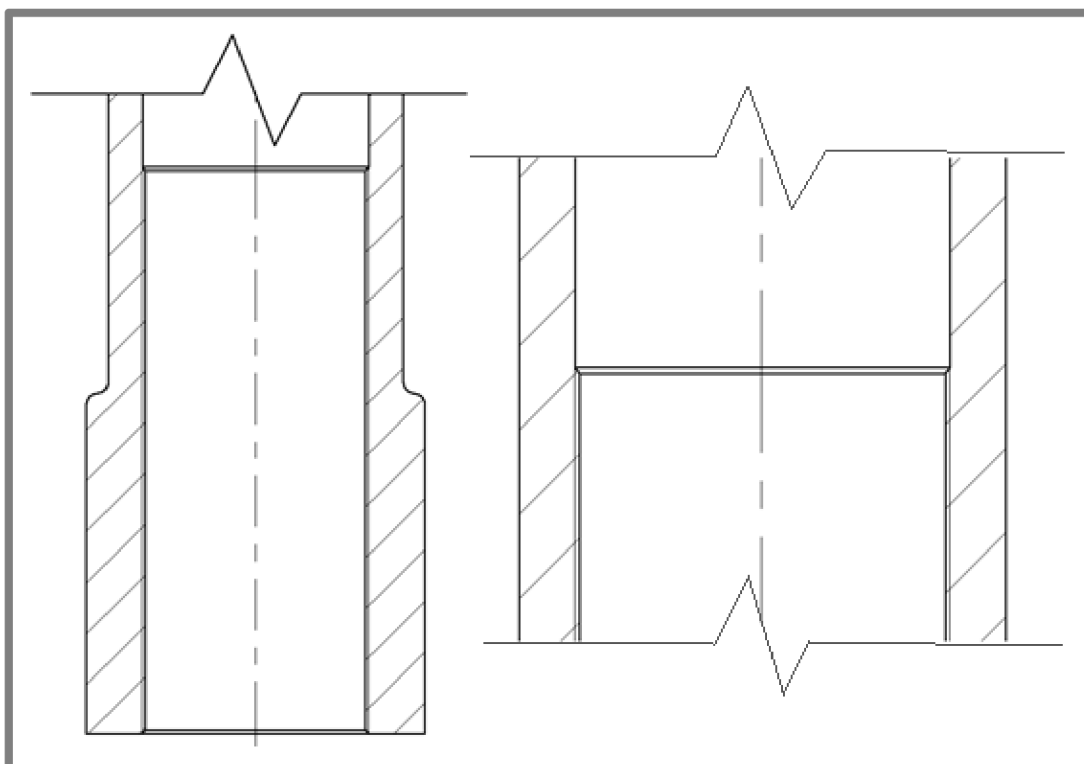
5.2.3 Polohovací trubice

Polohovací trubice je část, díky níž probíhá mechanický posuv držáku dalekohledu. Trubice má ve své spodní části vnitřní závit M20x0,5. Zbytek trubice má vnitřní průměr 20 mm. Vnější průměr trubice je 26 mm. Trubice má výšku 200 mm a na její horní hranu dosedá plocha držáku na pomocný dalekohled. Vnitřní závit trubice je zespoda našroubován na vnější závit vodící tyče a pomocí šroubování po tomto závitu probíhá posuv trubice a tím i držáku. Dolní část trubice je vyfrézovaná do tvaru

osmihranu pro snadnější uchopení. Jelikož polohovací trubice pouze posouvá konzoli vedení dalekohledu, není zde třeba zcela vymezit vůle. Proto zde stačí pouze běžná přesnost uložení.



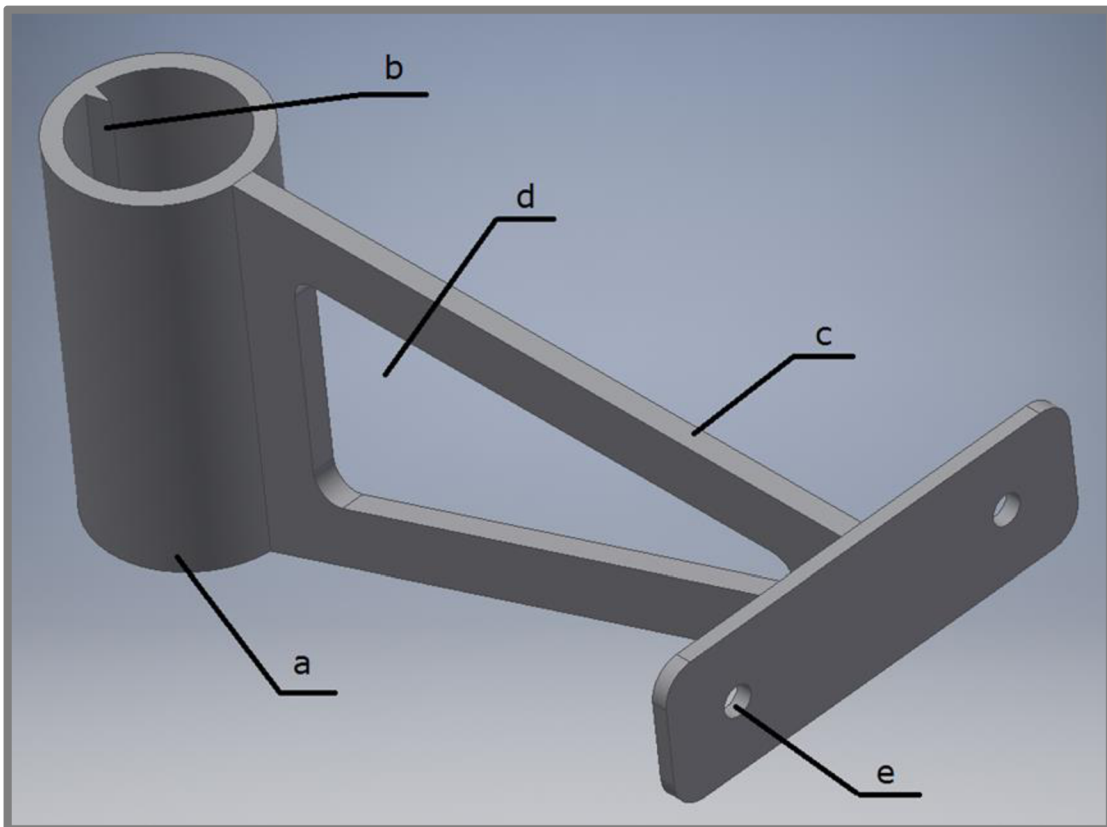
Obr. 54 Spodní část polohovací trubice s vnitřním závitem



Obr. 55 Řez spodní částí polohovací trubice

5.3.4 Konzole vedení dalekohledu

Součást konzole vedení dalekohledu se skládá z vedení držáku a samotného držáku. Vedení držáku *a* má vnější průměr 25 mm, vnitřní průměr 20 mm a výšku 50 mm. Protože vnitřní průměr je veden po části vodící tyče k tomu určené, je na vnitřním průměru předepsaná již zmíněná délková tolerance H7. Na vnitřním průměru vedení je umístěn vodící klín *b*, který zapadá do vodící drážky na vodící tyči. Klín není po celé výšce vodící součásti, ale končí 10 mm před spodním okrajem z důvodu úplného dosednutí vedení na polohovací trubici v případě nejnižší výškové polohy. V tomto místě není drážka vodící tyče vedena až do konečné polohy, ale je ukončena plynule z důvodu snadnější výroby. Na plošku, nacházející se na vnější straně vedení je přivařen držák dalekohledu *c*, který se skládá ze dvou částí, které jsou k sobě rovněž upevněny svarovým spojem. Na držáku se nachází otvor *d*, který má pouze odlehčovací funkci a otvory pro uchycení dalekohledu *e*. Celková délka sestavy konzole vedení dalekohledu je 117 mm, šířka v nejširším místě, tedy v části pro uchycení dalekohledu je 60 mm a výška součásti je 50 mm. Jelikož dalekohled, který je na držák připevněn má hmotnost pouze cca 800 g, není nutné řešit pevnost a pružnost držáku.



Obr. 56 Konzole vedení dalekohledu

5.3.5 Materiál a technologie

5.3.5

Pro základní desku, polohovací trubici, vodící tyč, konzole vedení a držák dalekohledu byla vybrána konstrukční ocel 11 600. Ocel byla vybrána z důvodu dobré dostupnosti, obrobitelnosti a dostatečných mechanických vlastností pro tento přípravek. Všechny vyráběné součásti jsou zhotoveny obráběním. Konkrétně frézováním, soustružením a vrtáním. Kromě šroubů pro upevnění základní desky k sestavě justážního kolimátoru a šroubu pro spojení základní desky přípravku s vodící tyčí, je třeba všechny součásti vyrobit na zakázku. Povrchy součástí jsou černěny.

5.3.6 Celkové rozměry a hmotnost

5.3.6

Sestava přípravku pro výškové polohování má výšku v nejvyšším místě 429 mm, délku v nejdelším místě 117 mm a šířku v nejširším bodě 60 mm. Sestava má hmotnost 1,76 kg.

5.3.7 Montáž

5.3.7

Na vodící tyč ze spodní strany nasuneme polohovací trubici a vnitřní závit polohovací trubice našroubujeme na vnější závit vodící tyče. Spodní zúženou část vodící tyče nasuneme do objímky základní desky, následně vodící tyč spojíme se základní deskou šroubem ze spodní strany základní desky. Šroub neutahujeme. Poté vodící tyč v objímce natočíme tak, aby bylo možné do základní desky zašroubovat jistící šroub, který vede do jistící drážky ve vodící tyči. Tímto zajistíme polohu tyče. Následně utáhneme šroub ze spodní strany desky a po utažení tohoto šroubu utáhneme také jistící šroub v objímce základní desky. Základní desku s vodící tyčí přišroubujeme čtyřmi šrouby k základní desce justážního kolimátoru. Šrouby vkládáme ze spodu základní desky justážního kolimátoru, které zajistíme maticemi s podložkami z vrchní strany. Po tomto kroku připevníme na konzoli vedení dalekohledu samotný pomocný dalekohled pomocí šroubového spojení a následně nasuneme konzoli vedení dalekohledu na vodící tyč tak, aby vodící klín ve vedení dalekohledu dosedal do vodící drážky ve vodící tyči.

6. DISKUZE

Konečná podoba přípravku pro osové natáčení optické sestavy byla vybrána na základě vytvoření jednotlivých variant, u kterých byly provedeny úvahy funkčnosti, obtížnosti výroby, ekonomické náročnosti a poté byly provedeny výpočty pro konkrétní funkční možnosti. Veškeré nedostatky, které z variant plynuly, byly pečlivě uváženy a konzultovány se zadávající firmou, která nedostatky buď schválila, nebo je učinila nepřipustnými a tyto nedostatky se musely odstranit. U vybrané varianty s natáčením pomocí šroubů byl hlavní nedostatek nelinearita polohování, který nastal pouze u této varianty. Při rozsahu osových natočení $\pm 4^\circ$, zvoleného stoupání závitu 0,8 mm je po první otáčce závitu z nulové polohy úhel natočení vůči horizontální ose $0,416^\circ$ a po osmi otáčkách je úhel natočení $3,329^\circ$. Při stejném rozsahu natočení a stoupání závitu, je po první otáčce závitu z nulové polohy úhel natočení vůči vertikální ose $0,509^\circ$ a po osmi otáčkách je úhel natočení $4,0675^\circ$. Tento nedostatek byl však po konzultaci shledán přípustným a vzhledem k nízké ekonomické a výrobní náročnosti byla tato varianta vybrána. Druhá část bakalářské práce se zabývala konstrukčním návrhem výškového polohování pomocného dalekohledu. Hlavní cíl, který měl být v ideálním případě splněn, byla přesnost výškového posuvu 0,1 mm. I zde byly navrženy tři varianty řešení, přičemž první využívala hřebenového ozubení, které bylo efektivní, jeho výhodou byl rychlý posuv ve větších vzdálenostech, ale hlavní problém se týkal malé přesnosti, která byla nevyhovující. Proto byla první varianta upravena do varianty druhé, která opět využívala posuv pomocí hřebenového ozubení, avšak bylo zde využito převodového soukolí, které redukovalo přesnost posuvu na námi považovanou. Po provedení základních kinematických výpočtů jsme zjistili, že při natočení otočného ovladače 2 o $\frac{1}{10}$ otáčky nastane otočení ozubeného kola 1 o $1,43^\circ$, což má za následek posunutí po ozubeném hřebenu o 0,097 mm. Tato velikost splňovala přesnost polohování dle zadání, která je 0,1 mm. Vůle byly vymezeny předepnutím ozubeného soukolí, avšak po konzultaci se zadávající firmou byla tato varianta příliš výrobně náročná. Proto byla vymyšlena třetí varianta, která využívá posunování pomocí závitu s jemnou roztečí. Přesnost posuvu zde byla splněna, nastal zde však problém pro nastavování posuvu ve větším rozsahu. Po zhodnocení funkce součásti však tato varianta byla vybrána, protože po prvotním nastavení výšky držáku dalekohledu je při následných justážích výška měněna v rozsahu, který nepřesahuje 50 mm. Po rozvaze a konzultaci se zadávající firmou bude celková sestava justážního kolimátoru stát přibližně 75 300 Kč s tím, že materiál a výroba přípravku pro osové polohování bude stát 12 600 Kč, materiál a výroba přípravku pro výškové polohování 25 700 Kč, základní deska celé sestavy justážního kolimátoru 2000 Kč a optická část sestavy 35 000 Kč. Pouze výroba sestav, kterými se zabývá tato bakalářská práce, bude stát tedy 38 300 Kč. Tyto ceny jsou pouze orientační a reálná cena se může lišit.

7. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo sestrojít návrh konstrukčního řešení upínání optické sestavy přístroje TPKU-2B k přípravku a zajistit polohování přípravku ve dvou osách s přesností 10° . Druhým cílem bakalářské práce bylo sestrojít návrh konstrukčního řešení výškového polohovacího přípravku pro polohování pomocného dalekohledu s přesností 0,1 mm. V případě návrhu polohovacího přípravku optické sestavy byly cíle splněny. Vzhledem k jemnosti nastavování polohy a minimálním vůlím lze přípravek nastavit s přesností 10° . V případě návrhu konstrukčního řešení výškového polohovacího přípravku byly cíle splněny také. Vzhledem k malé rozteči polohovacího závitu a minimálním vůlím lze přípravek výškově nastavit s přesností 0,1 mm. V další studii by bylo vhodné se zaměřit na odstranění nedostatků vyplývajících ze současného konstrukčního řešení. Mezi tyto nedostatky patří například nelinearita osového polohování, či zdlouhavé výškové polohování pomocného dalekohledu při větším výškovém rozsahu. Zadaná problematika byla vyřešena a konstrukční návrh se může realizovat.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Optické zobrazení, optické přístroje. *Optické zobrazení, optické přístroje* [online]. 2000 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/f18.htm>
- [2] Odraz a lom světla. *Gymhol* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/02_odraz_a_lom/02_odraz.htm
- [3] Odraz a lom vlnění. *HTML + STŘEDOŠKOLSKÁ FYZIKA* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanicke_kmitani_a_vlneni/mechanicke_vlneni/odraz_a_lom_vlneni.htm
- [4] Čočky - základní pojmy. *Fyzika 007* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/optika/cocky---zakladni-pojmy>
- [5] Informace poskytl Ing. Martin ŠTĚPÁN, zaměstnanec firmy Optics trade. Nový Jičín 11.3.2017.
- [6] Optické přístroje. Československá lidová armáda [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.csla.cz/vyzbroj/optickepristroje/tvn1a.htm>
- [7] Bojové vozidlo pěchoty kombinovaný zaměřovač 1PN22M2. Praha: Ministerstvo národní obrany, 1984.
- [8] VIRGOVIČOVÁ, Alžbeta. Závitovkové (šnekové) převody. Bratislava: Dom techniky SVTS, 1978.
- [9] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.
- [10] PEŠÁK, Josef. Základy jemnomechanické konstrukce. Olomouc: Univerzita Palackého, 1983.

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN**9**

| | | |
|------------|------|--|
| t | [mm] | -rozteč zubů šneku |
| m | [-] | -modul |
| d | [mm] | -průměr roztečné kružnice |
| α_0 | [°] | -úhel natočení z nulové polohy |
| β_0 | [°] | -úhel natočení po osmi otáčkách |
| x | [mm] | -stoupání závitu |
| y | [mm] | -vzdálenost mezi čepem a polohovacím závitem |
| L | [m] | -délka tětiny kružnice k s poloměrem R |
| R | [m] | -poloměr kružnice o velikosti vzdálenosti polohovacího závitu a čepu |
| α | [°] | -středový úhel |
| c | [m] | -nejmenší vzdálenost ze středu tětiny ke kružnici k |
| r_0 | [m] | -minimální poloměr otvoru v horní upínací desce |
| m_t | [-] | -čelní modul |
| m_n | [-] | -normální modul |
| β_1 | [°] | -úhel sklonu zubů |
| d | [mm] | -průměr roztečné kružnice kola |
| z | [-] | -zvolený počet zubů |
| ca | [mm] | -hlavová vůle |
| h_f | [mm] | -výška paty zubu |
| h | [mm] | -výška zubu |
| h_a | [mm] | -výška hlavy zubu |
| O_1 | [mm] | -obvod roztečné kružnice ozubeného kola |
| r | [mm] | -poloměr roztečné kružnice ozubeného kola |
| i | [-] | -převodový poměr |

10. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

- Obr. 1 Zákon odrazu
Obr. 2 Zákon lomu
Obr. 3 Zákonitosti toku paprsků ve vypuklých zrcadlech
Obr. 4 Druhy čoček
Obr. 5 Tankový infrahled
Obr. 6 Velitelský dalekohled
Obr. 7 Základní justážní kolimátor
Obr. 8 Znázornění pohledu v okulárech při kontrole rovnoběžnosti optických os
Obr. 9 Znázornění pohledu v okulárech při kontrole kolmosti záměrné značky
Obr. 10 Přístroj TPKU-2B
Obr. 11 Univerzální kolimátor
Obr. 12 Kolimátor pro justáž přenosu úhlů
Obr. 13 Kolimátor pro justáž vertikální roviny
Obr. 14 Kolimátor pro justáž zorného pole
Obr. 15 Boční řez čepem se šnekovým soukolím
Obr. 16 Řez částí zajišťující polohování vůči vertikální ose
Obr. 17 Řez čepy
Obr. 18 Detail zadní části přípravku
Obr. 19 Boční pohled na variantu 1
Obr. 20 Horní pohled na variantu 1
Obr. 21 Řez částí zajišťující polohování vůči vertikální a horizontální ose
Obr. 22 Řez částí s čepem zajišťující otáčení vůči horizontální ose
Obr. 23 Řez čepy
Obr. 24 Boční pohled na variantu 2
Obr. 25 Detail polohovací části varianty 2
Obr. 26 Řez částí zajišťující polohování vůči vertikální ose
Obr. 27 Řez částí zajišťující polohování vůči horizontální ose
Obr. 28 Řez čepy
Obr. 29 Pohled na variantu 3
Obr. 30 Boční pohled na variantu 3
Obr. 31 Řez částí zajišťující výškové polohování a detail ozubeného hřebenu
Obr. 32 Řez částí zajišťující možnost připevnění k základní desce
Obr. 33 Pohled na systém výškového polohování
Obr. 34 Pohled na systém zajištění
Obr. 35 Schematické znázornění systému posuvu
Obr. 36 Pohled na spodní část přípravku
Obr. 37 Kinematické schéma
Obr. 38 Řez částí pouzdra s drážkou nasunuté na vodící tyči se závitem
Obr. 39 Řez částí upnutí k základní desce
Obr. 40 Pohled na pouzdro s držákem
Obr. 41 Pohled na spodní část přípravku
Obr. 42 Celkový pohled na druhou variantu
Obr. 43 Konečný vzhled přípravku pro osové natočení
Obr. 44 Řez s částí polohovacím hranolem 6 a detail otvoru s jistícím kolíkem
Obr. 45 Řez uložením kolíku s pružinou 2

- Obr. 46 Popis základních částí upínací desky
Obr. 47 Detail uložení čepů
Obr. 48 Zajišťovací šroub
Obr. 49 Polohovací šroub
Obr. 50 Konečný vzhled přípravku polohování dalekohledů
Obr. 51 Řez základní deskou, zobrazující uchycení a zajištění vodící tyče
Obr. 52 Drážka pro zajištění polohy vodící tyče
Obr. 53 Drážka pro vedení držáku pomocného dalekohledu
Obr. 54 Spodní část polohovací trubice s vnitřním závitem
Obr. 55 Řez spodní částí polohovací trubice
Obr. 56 Konzole vedení dalekohledu

11. SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

BP-TL-17/1.01

BP-TL-17/1.02

BP-TL-17/1.03

BP-TL-17/1.04

BP-TL-17/2.01

BP-TL-17/2.02

BP-TL-17/2.03

BP-TL-17/2.04