



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

MATURITNÍ PRÁCE NAPÍNÁK TĚTIVY KUŠE

Jan Zrnovský

**Střední průmyslová škola technická
Belgická 4852, Jablonec nad Nisou**

Obsah

Použité značky a symboly	7
1. Úvod.....	8
2. Teoretická část	10
2.1. Kuše.....	10
2.1.1. Lučiště a tětíva.....	12
2.1.2. Projektily – šípy a šípky	13
2.2. Napínák tětívy	15
2.2.1. Kladky	15
2.2.2. Západkový mechanismus	18
2.2.3. Lano	19
2.2.4. Pákový mechanismus	20
3. Praktická část.....	22
3.1. Parametry kuše a napínáku.....	22
3.2. Výpočet síly působící na bubny	22
3.2.1. Výpočet síly F_n	22
3.3. Výpočet síly vyvozené rukou na páce.....	23
3.3.1. Výpočet momentu M_k	23
3.4. Kontrola napětí ve stříhu působící na čepy	24
3.4.1. Výpočet síly F_ϵ	24
3.4.2. Výpočet průřezu S_ϵ	25
3.4.3. Výpočet dovoleného namáhání	25
3.5. Volba lana a kladek.....	26
3.5.1. Volba lana	26
3.5.2. Volba kladek s háky	26
4. Závěr	27
5. Seznam použité literatury a zdrojů informací	29
6. Seznam použitého software	30
7. Seznam příloh	31
8. Licenční ujednání	32

Použité značky a symboly

C_{II} – namáhání míjivé	C_{II} [1]	
č.	číslo	
d – průměr čepu	d [mm]	
F_b – síla působící na bubny napínáku	F_b [N]	
$F_{\check{c}}$ – síla působící na čepy napínáku	$F_{\check{c}}$ [N]	
F_n – náťahová síla kuše	F_n [N]	
g – gravitační zrychlení	g [$m \cdot s^{-2}$]	
k – koeficient bezpečnosti	k [1]	
lbs	britská libra	
m – tíha potřebná k natažení kuše	m [kg]	
M_k – kroutící moment	M_k [Nmm]	
n – počet volných kladek	n [1]	
obr.	obrázek	
r_b – rameno momentu působícího na bubny	r_b [mm]	
$r_{\check{c}}$ – rameno momentu působícího na čepy	$r_{\check{c}}$ [mm]	
R_m – mez pevnosti	R_m [MPa]	
r_p – rameno momentu působícího na páku [mm]		r_p
$S_{\check{c}}$ – průřez čepu, na který působí namáhání	$S_{\check{c}}$ [mm^2]	
τ_{Ds} – dovolené napětí ve stříhu	τ_{Ds} [MPa]	
τ_s - napětí ve stříhu	τ_s [MPa]	

Úvod

Od dávných věků, kdy první lidé stanuli na povrchu Země, bylo hnacím pudem člověka přežít. Přežití člověka záleželo mimo jiné na jeho potravě, kterou si musel obstarat. V pravěku se společnost dělila do dvou skupin, a to do sběračů, kteří sbírali plody stromů, keřů a různých kořínků, a lovců. Úkolem lovců bylo pomocí primitivních zbraní lovit zvěř. Přelomovou technologií, která velice napomohla s lovem divé zvěře, bylo vynalezení luku.

Primitivní luky měly tělo neboli lučičtě ze dřeva a tětivu z konopného nebo jiného rostlinného lanka. S příchodem doby bronzové člověk začal rozšiřovat svá teritoria a potkávat jiné národy. Tím začali první krvavé konflikty a luk nabyl nové využití - boj.

Každý národ, používající luky, si je přizpůsobil k jejich vlastnímu užití. Od anglických dlouhých luků, známých pro jejich smrtonosnou přesnost a daleký dostřel, po Huny a jejich zakřivené jezdecké luky přizpůsobené na střelbu z jezdeckého sedla běžícího koně.

Bojové taktiky a technologie se v průběhu dalších století stále zlepšovaly. Člověk potřeboval stále kvalitnější obranu, a tak vznikl kalený pancíř, který konvenční luk nedokázal probít. Proti tomuto druhu ochrany se ukázala velice efektivní asijská kuše, která byla vynalezena v Číně již v 5. století před naším letopočtem. Kuše neboli samostřílky existovaly již delší dobu, ale kvůli pomalé kadenci střelby, která činila 1 až 2 vystřelené šipky za minutu a vysokou váhu se jevíly jako nepřilíš užitečné.

První kuše měly dřevěné lučičtě a tětivu z koňských žíní. Tyto kuše neměly natolik vysokou natahovací sílu, tudíž se daly natahovat ručně. Samostřílák si opřel nohu do oka na začátku kuše a pomocí síly nohou natáhl tětivu až k pojistce, kde ji zajistil proti vystřelení. Postupným zesilováním pancířů se musely vylepšit i tyto kuše. Přidáním kovových plátů na vnější stranu lučičtě se nejen zvětšila průniková síla, ale i dostřel se několikanásobně zvětšil. Bohužel s těmito výhodami se mnohonásobně zvětšila i síla náťahová, tudíž už se tyto zbraně nedaly natahovat ručně.

K natahování tětivy sloužil takzvaný napínák, který se umístil na pažbu nástroje a pomocí kladek a pák natáhl tětivu až k pojistnému kolíku. Tento druh napínáků se používá doposud, kdy se kuše vyrábí z kompozitových materiálů a jejich design se změnil z vojenských účelů na účely lovecké. Lovění kuší a lukem je v mnoha státech, jako je například Česká republika, přísně zakázané. Povolené užívání kuší a luků v ČR je pouze ke střelbě terčové neboli rekreační. Pro tyto účely je dnes velice časté u výrobců velikých výrobců kuší jako například Barnett, instalovat napínáky přímo do těla zbraně. Technologie těchto přípravků se dále vyvíjí a již dnes existují opakovací samostřílky, kde napínák je poháněn elektromotorem a uživatel tak nemusí vydat skoro žádné úsilí.

Teoretická část

Teoretická část maturitní práce je rozdělena do dvou hlavních kapitol. V první části rozebírá teorii kuší a jejich součástí. Část druhá se věnuje napínáku tětivy a mechanismům z něj je napínák složený.

2.1. Kuše

Kuše, neboli samostříl, je mechanický nástroj určený pro velice přesné vypuštění projektilu vpřed od střelce velkou silou. Základní princip střelby je stejný jako u luku. Střelec přes nepružný člen – tětivu – napne pružný člen – lučiště – do nataženého stavu. Po vypuštění tětivy má lučiště snahu narovnat se a tím přenáší sílu přes tětivu na projektil. Lučiště je jednoduchá pružina.

Konstrukce kuše je v základu luk připevněný k tělu kuše v pravém úhlu, viz obr. 2.1. Tělo kuše se skládá z pažby pro zapření o rameno, spouště, pojistek, drážky pro projektil, mířidel, a může obsahovat třmen pro zapření nohy při napínání.



Obr. 2.1. Historické kuše [7]

Rozdělení kuší:

A) Kuše reflexní (klasické) – Jedná se o kuše historické. V dnešní době se tyto kuše používají většinou pro terčovou a sportovní střelbu a výjimečně pro lov, viz obr. 2.2. A). Jedná se o jednoduché, ale časem ozkoušené nástroje, které se nacházejí ve střední cenové relaci pro jejich jednoduchost.

B) Kuše pistolové – Pistolové kuše, patří do nejnižší cenové relace, protože to jsou velice jednoduché a malé nástroje, viz obr. 2.2. B). Jejich základem je zkrácené tělo zbraně, které je podobné pistolím. Tyto kuše nebývají silné, tudíž se dají natáhnout rukou. Nejčastější užití těchto zbraní je rekreační terčová střelba či sebeobraný nástroj ve státech, kde je to povoleno. Jako náboj jim slouží zkrácená šipka oproti klasickému šípu nebo někteří výrobci prodávají kovové kuličky, které mohou být použity pro větší stopující sílu proti útočníkovi a nevyvolávají velká zranění.

C) Kuše kladkové – Kladkové kuše jsou záležitostí novodobou. První známky využití kladek byly v 2. polovině 20. století na takzvaných kladkových lucích, poté kladky začaly využívat

i při kušostřelbě. Pomocí kladek dokáže kuše dosáhnout mnohem vyšší síly a rychlosti náboje i přes menší šířku lučiště, viz obr. 2.2. C). Kladkové kuše jsou využívány i v několika armádních složkách, pro jejich tichý chod. Kuše kladkové patří do dražší skupiny kuší pro jejich nákladnou a přesnou výrobu.



A) Kuše reflexní [15]



B) Kuše pistolová [17]



C) Kuše kladková [19]

Obr. 2.2. Typy moderních kuší

2.1.1. Lučiště a tětíva

Lučiště je mechanická část kuše, která je napínána tětívou. Spolu s tětívou kumuluje kinetickou energii, kterou poté předává šípu. Akumulace energie je umožněna pružností zvolených materiálů tětívy a lučiště.

Lučiště se v dřívějších dobách nejčastěji vyráběla z tisu, jasanu a akátu. V dnešní době se používají kompozitní materiály spolu se sklolaminátem a jejich kombinace. Tvar lučiště u reflexní kuše je prohnutý pás s výřezy na koncích pro zachycení tětívy. Tvar a použité materiály ovlivňují sílu potřebnou pro natažení kuše. Síla kuše se udává v librách [lbs], dále se udává délka nátahu v palcích a úst'ová rychlost šípu. V uložení lučiště do rámu kuše se vkládají pryžové destičky pro zmenšení vibrací a zpětného rázu. Konce lučiště mohou být opatřena plastovými koncovkami pro delší životnost tětívy, protože by se mohla o sklolaminát roztrhnout, viz obr. 2.3.

Tětívou se myslí provaz z přírodního či syntetického materiálu, který předává energii lučiště šípu. Přírodní materiály tětívy jsou například koňské žíně, šlachy, konopí, hedvábí či len. Tětíva má na konci smyčku, která se vkládá do zářezů na lučišti a zamezuje tak vyklouznutí. Protože je tětíva velice namáhána, vprostřed provazu se nachází takzvaná omotávka tětívy, která samotný provaz chrání, viz obr. 2.3. Tětíva se pro delší životnost a ochranu proti přetržení maže. Nejčastěji se používá klasický včelí vosk, který může obsahovat aditiva pro prodloužení mazacího cyklu. [7]



Obr. 2.3. Tětiva a koncovky [18]

2.1.2. Projektily – šípy a šipky

Projektily, které kuše vrhají kupředu, se nazývají šípy a jejich zmenšené podoby šipky. Šípy pro kuše bývají asi 30 cm (12 palců) dlouhé a asi 1,5 cm (½ palce) široké válce, zakončené ostrým hrotem na jednom konci a dvojicí či trojicí letek a drážkou pro založení do tětivy na druhém, viz obr. 2.4.

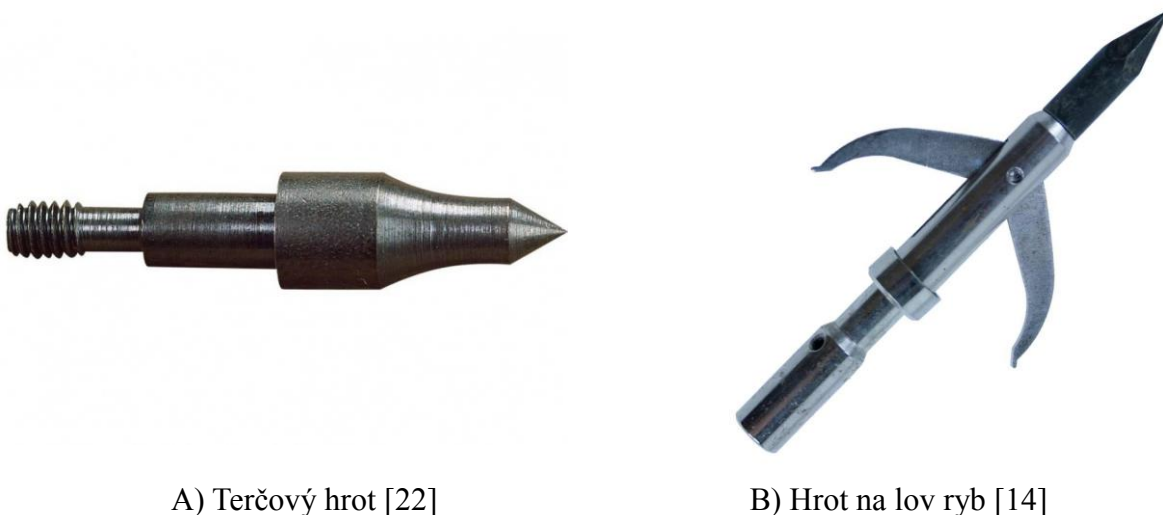
Historicky se těla šípů a šipek vyráběla ze dřevin. Bylo tomu tak, protože dřevo je velice dostupné, nahraditelné a lehce opracovatelné. Dřík šípů měl směrem ke špičce mírné zkosení, aby po nasazení hrotu z kovu byl šíp stále dobře vybalancovaný. To bylo důležité k tomu, aby šíp dopadl co nejpřesněji a měl delší dolet. Dnes se u levnějších šípů používají slitiny hliníku nebo trubky u uhlíkových vláken u šípů dražších. Nevýhoda hliníku je taková, že při špatném dopadu či odražení šípů se může trubka ohnout a ztratit tak přesnost. Takový šíp se musí nahradit novým. U uhlíkových vláken toto nehrozí díky jejich pevnosti. Cena šípů s hliníkovým tělem se na trhu pohybuje okolo 60 Kč a šíp karbonový okolo 150 Kč.[7]



Obr. 2.4. Šípy určené pro kuše [21]

Hroty, nasazované na přední část šípů, se rozlišovaly dle jejich účelu. Hroty používané v armádě měly charakter co nejjednodušší, kvůli masové produkci a malé ceně. Byly zakončeny buď velice ostrým hrotem pro vniknutí mezi oka kroužkové zbroje, viz obr. 2.5. A) nebo tupým koncem pro shazování opancéřovaných jezdců z koní. Špičky určené pro lov divoké zvěře mají hrot širší, aby byly co nejefektivnější. Divoká zvěř se loví tak, že se jí zamezí přístup kyslíku – čím větší plocha hrotu, tím větší šance na přeseknutí tepny a tím se zvíře méně trápí a padne rychleji. Moderní lovecké hroty mohou obsahovat čepele, které jsou při výstřelu zavřené a při kontaktu s kůží se otevřou, viz obr. 2.5. B), čímž má šíp v letu menší odpor vzduchu.

Na konci těla šipek a šípů bývá drážka pro uložení tětiny, která slouží ke stabilizaci šípů při výstřelu. Drážka se z finančních důvodů nemusí dělat. Některé zdroje také tvrdí, že bez drážky doletí šíp dále, jelikož se šíp nebrzdí třením drážky o tětinu. Asi centimetr až dva od konce dřívku šípů se lepí takzvané letky. Letky slouží ke stabilizaci šípů během letu, a tím tak zajišťují přesnost. Letky bývají u loveckých a terčových šípů 3 a historicky u armádních šípů byly pouze 2. Některé nalezené šípky ukazují, že byly letky nalepeny spirálovitě, aby v letu šíp roztočily a tím byl šíp ještě přesnější. Letky se v dnešní době vyrábí buď z pryže u levnějších šípů nebo z drůbežích per u šípů dražších. U armádních šípů ve středověku se dělaly letky z dřeva. Letky se na dřív šípů lepí a poté omotávají nití.



Obr. 2.5. Typy hrotů

2.2. Napínák tětiny

Přípravek k natahování tětiny kuše neboli napínák je pomůcka složená ze soustavy kladek s háky pro zachycení tětiny, západkového mechanismu, lana, dvojice bubnů na namotávání lana a páky. Tato část maturitní práce probere teorii každé části sestavy a jejich účel. Napínák je navrhován pro kuši model Rackabones – 175 lbs/245 fps od firmy X-BOW s charakteristickým odlehčeným tělem, viz obr.2.6.



Obr 2.6. Kuše X-BOW Rackabones [10]

2.2.1. Kladky

Kladky patří mezi lanové převody. „U lanového převodu se přenáší obvodová síla z hnacího na hnaný člen třecí vazbou pomocí tažného členu – lana. Princip i geometrie tohoto pohonu jsou shodné s řemenovými převody. V dnešní době se lanové převody používají téměř výhradně jen u zdvihacích ústrojí jeřábů, a to mezi lanovým bubnem a kladnicí.“[2] Dále lanové převody najdeme například u lanovek nebo vleků. Výhoda lanových převodů je taková, že vzdálenost mezi hnacím a hnaným kolem může být až několik kilometrů. Aby se předešlo průhybu lana, umísťují se po určité vzdálenosti sloupy s podpůrnými kladkami.

Kladkou nazýváme volně rotující kolo na hřídeli. Na obvodu kola se nachází vodící drážka pro lano, provaz nebo řetěz, viz obr. 2.7. Hřídel může být pevně upevněna, čímž vzniká kladka pevná nebo může být volně zavěšená, poté vzniká kladka volná. Spojení několika kladek se nazývá kladkostroj.[2]

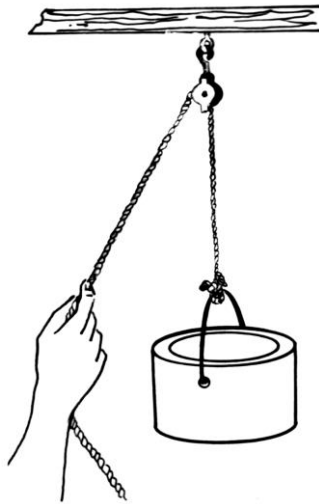
Materiály, ze kterých se součásti vyrábějí se liší podle umístění a využití kladky. Nejčastěji se kladky vyrábí z oceli, litiny, slitin hliníku, v některých případech i ze dřeva a plastu. Kladka může v otvoru pro hřídel obsahovat kluzná nebo valivá ložiska, viz obr. 2.2., pro snížení tření a zvýšení efektivity. Jako kluzná ložiska se často používají nalisované vložky ze slitiny mědi nebo cínu. Jako valivá ložiska se většinou používají válečková ložiska, protože je kladka namáhána pouze v radiálním směru.[2]



Obr. 2.7. Kladky s valivým ložiskem [26]

A) Pevná kladka

Pevnou kladkou myslíme kolo připevněné otočně na hřídeli, která je spojena s konstrukcí například šrouby nebo přes závěs hákem. Po obvodu kladkového kola se nachází žlábek, který zabraňuje vyklouznutí lana z kladky. Pevná kladka, viz obr. 2.8., funguje v podstatě jako dvojzvrtná páka, která je v rovnováze, pokud se síla působící člověkem nebo strojem rovná síle působení břemene. Síla působená od stroje či člověka se nezmenší jako u kladky volné, pouze se mění směr působení síly.



Obr. 2.8. Pevná kladka [20]

B) Volná kladka

Rolna volné kladky je umístěna na laně, které je jedním koncem pevně připevněno ke konstrukci a na konec druhý působíme silou člověka nebo stroje, viz obr. 2.9. Břemeno je zavěšeno na kole kladky pomocí háku. Síla působená břemenem se pomocí volné kladky rozloží na oba konce lana, tudíž je kladka v rovnováze, pokud člověk nebo stroj působí pouze polovinou síly z břemene. Kladka tedy nejen mění směr síly, ale také jej zmenšuje o polovinu.

V navrhovaném přípravku je volná kladka využita k přenesení tažné síly vyvozené člověkem na tětivu. Tudíž natahovací síla potřebná k natažení lučiště je o polovinu menší, ale dráha lana je delší než, kdyby se natahovalo přímo.

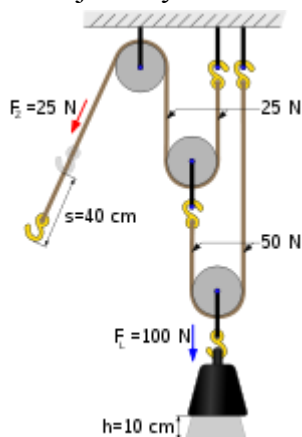


Obr. 2.9. Volná kladka [20]

C) Kladkostroj

Kladkostroj je kombinace volné a pevné kladky nebo více párů kladek. Kladky se ve většině případů umísťují na třmeny nad sebe, viz obr.2.10. A). Výjimkou jsou kladkostroje v loďním průmyslu, kde se například u plachetnic kladky skládají vedle sebe, viz obr. 2.10. B).

Tento jednoduchý mechanismus spojuje výhody a nevýhody pevné i volné kladky. Výhodou je zmenšení síly tolikrát, kolik je na kladkostroji volných kladek, a změna směru díky kladce pevné. Nevýhodou jest prodloužení dráhy lana tolikrát, kolik je na kladkostroji volných kladek.



A) Archimédův kladkostroj

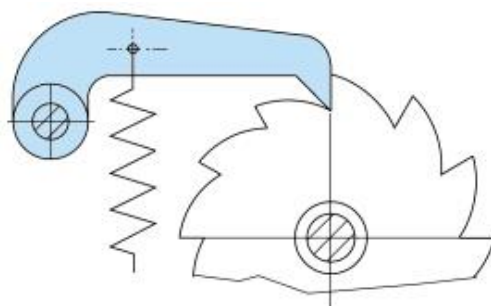


B) Plachetnicový kladkostroj

Obr. 2.10. Kladkostroje [24]

2.2.2. Západkový mechanismus

Západkový mechanismus patří mezi jednoduché mechanismy. Skládá ze západky a z kola - rohatky, viz obr.2.11. Mechanismus dovoluje otáčení kola pouze v jednom směru pomocí nesymetrických zubů na kole, které ve správném směru západku zvednou a ve směru opačném se západka zasekne o stranu zubu. Západku může ke kolu přitlačovat buď její vlastní váha (gravitace) nebo pružný člen (pružina).



Obr. 2.11. Západka a rohatka [16]

2.2.3. Lano

Lano je svazek několika stáčených pramenů. Lano může být textilní, ocelové nebo jejich kombinace. „Při provozu je v pohybu ve směru své osy a při zatížení je namáháno tahem a ohýbáno přes bubny nebo kladky.“[2]

A) Ocelová lana

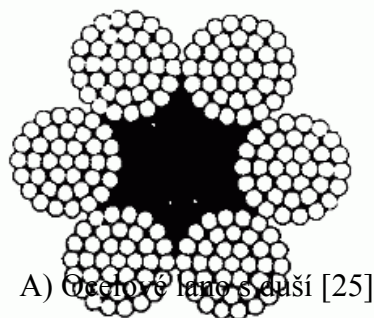
Ocelová lana jsou vyrobena z tenkých ocelových drátků s vysokou pevností. Mohou být buď holé nebo pozinkované. Mezi ocelovými prameny se často nachází takzvaná „duše“, což je textilní vnitřek lana napuštěný plastickým mazivem, viz obr.2.12. A). Mazivo má za úkol mazat lano, čímž zmenšuje otěr a konzervuje ocel proti korozi.

Vinutí lan může být pravotočivé nebo levotočivé. Spojením více pramenů vzniká stejnosměrné nebo protisměrné točení lana. „*Stejnoseměrná lana jsou měkčí, ohebnější a trvanlivější. Protisměrná lana se tak snadno nekrotí a netvoří smyčky. Lana jsou normalizována.*“ [2]

Po uplynulé době se ocelová lana musí kontrolovat, aby nedošlo k úhoně na zdraví pracovníků. Lano se většinou kontroluje vizuálně – zaškolený pracovník kontroluje drátky na vnější části svazku. Hledají se přetržené drátky, korozní místa, póry, tvarové odchylky.

B) Textilní lana

Textilním lanem nazýváme druh textilie s kruhovým průřezem o průměru větším než 4mm. Textilní lana, viz obr.2.12. B), jsou splétána nejméně ze 3 pramenů. Lana mohou též obsahovat textilní jádro. Výhodou textilních lan oproti lanům ocelovým je jejich vysoká ohebnost. Lana tedy lze spojovat buď splétáním nebo vázáním. [4]



Obr. 2.12. Lana

C) Lanové bubny

Bubny lanových převodů slouží k namotávání lana. Na buben většinou působí kroutící moment od elektromotoru nebo jiného hnacího ústrojí, a tím, jak se buben otáčí, se lano namotává. „*Lanové bubny mohou být hladké, častěji jsou rýhované. Na hladké se lano navíjí v několika vrstvách pro úsporu místa. Na rýhované bubny se lano navíjí jen v jedné vrstvě a ukládá se přitom do šroubovitě drážky vhodného zaoblení.*“ [2] Nejčastěji se bubny svařují z trubek o velkém průměru nebo ze stáčených plechů. Méně často se z hospodářských důvodů bubny odlévají. [2]

Lano se dá na buben připevnit dvojím způsobem. První způsob uchycení je pomocí přikládané vložky, kdy se konec lana vloží mezi stěnu bubnu a vložku a poté se vložka spojí s bubnem pomocí šroubu. Pod vložkou by mělo mít lano minimálně dva závity kvůli vyklouznutí. Druhý způsob je pomocí klínu. Do těla bubnu se vyfrézuje drážka, lano se ohne do písmene U a vloží se do drážky. Nakonec se do drážky vloží klín, který zajistí lano proti vyklouznutí.

2.2.4. Pákový mechanismus

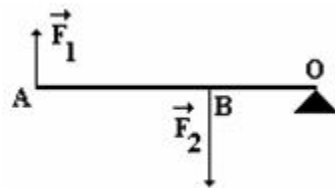
Páka je otočná strojní součást, na kterou působí síla, čímž vznikne kroutící moment. Páka se využívá ke zmenšení požadované síly. Obecná páka se dá rozdělit na 3 části: osa otáčení, rameno břemene, rameno síly. Na rameno břemene působí síla od hmotnosti/síly břemene, kterým hýbeme. Na rameno síly působí buď stroj nebo člověk.[2]

Páky můžeme dělit:

Dle umístění ramen vůči ose:

A) Jedno zvratná – rameno síly i rameno břemene jsou umístěny na jedné straně od osy otáčení, viz obr. 2.13.

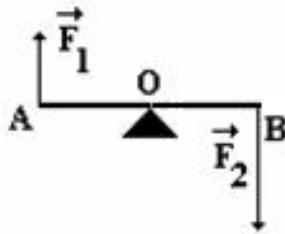
Příklady: lis na česnek, stavební kolečko, otvíráky skleněných láhví a konzervy, aj.



Obr. 2.13. Síly v jedno zvratné páce [12]

B) Dvou zvratná – rameno síly je na opačné straně osy otáčení než rameno břemene, viz obr. 2.14.

Příklady: dětská houpačka, nůžky, kleště, lodní vesla, páčidla, aj.



Obr. 2.14. Síly v dvou zvratné páce [13]

Dle počtu ramen:

- Jednoramenná
- Dvouramenná
- Dvouramenná úhlová
- Trojramenná

Dle délky ramen:

- Rovnoramenná
- Nerovnoramenná

3. Praktická část

Praktická část maturitní práce se zabývá zjištěním, o kolik se zmenšila síla nátahu, základním pevnostním výpočtem a výkresovou dokumentací napínáku.

3.1. Parametry kuše a napínáku

Síla nátahu kuše = 175lbs (80kg)

Délka nátahu kuše = 275mm

Délka páky napínáku = 183mm

Počet kladek napínáku = 2 volné kladky

Průměr bubnů = 25mm

Průměr čepů = 5mm

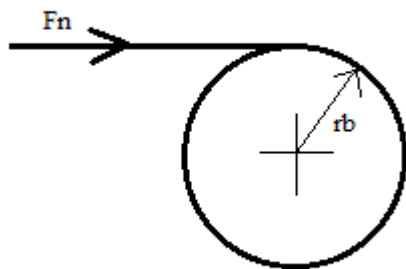
3.2. Výpočet síly působící na bubny

$$F_b = \frac{F_n}{2n} [\text{N}] \quad (1)$$

F_b – síla působící na bubny napínáku [N]

F_n – náťahová síla kuše [N]

n – počet volných kladek [1]



Obr. 3.1 Schéma působení síly na buben

3.2.1. Výpočet síly F_n

$$F_n = m * g [\text{N}] \quad (2)$$

F_n – náťahová síla kuše [N]

m – tíha potřebná k natažení kuše [kg]

g – gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

Dosazení do vzorce č. 2

$$F_n = 80 * 9,81$$

$$F_n = 784,8N$$

Dosazení do vzorce č. 1

$$F_b = \frac{784,8}{2 * 2}$$

$$F_b = \frac{784,8}{4}$$

$$F_b = 196,2N$$

3.3. Výpočet nutné síly vyvozené rukou na páce

$$M_k = F_p * r_p$$

$$F_p = \frac{M_k}{r_p} [N] \quad (3)$$

M_k – kroutící moment [Nmm]

F_p – síla působící na čepy napínáku [N]

r_p – rameno momentu působícího na páku [mm]

3.3.1. Výpočet momentu M_k

$$M_k = F_b * r_b [Nmm] \quad (4)$$

M_k – kroutící moment [Nmm]

F_b – síla působící na bubny napínáku [N]

r_b – rameno momentu působícího na bubny [mm]

Dosazení do vzorce č. 4

$$M_k = 196,2 * 12,5$$

$$M_k = 2450Nmm$$

Dosazení do vzorce č. 3

$$F_p = \frac{2450}{183}$$

$$F_p = 13,39N \approx 13,4N$$

$$13,4N = 1,36kg$$

Pomocí napínáku se síla nutná k natažení kuše zmenší z 80kg na přibližně 1.4kg.

3.4. Kontrola napětí ve střihu působícím na čepy

$$\tau_s = \frac{F_{\xi}}{2S_{\xi}} \leq \tau_{Ds} [\text{MPa}] \quad (5)$$

τ_s - napětí ve střihu [MPa]

τ_{Ds} – dovolené napětí ve střihu [MPa]

F_{ξ} – síla působící na čepy napínáku [N]

S_{ξ} – průřez čepu, na který působí namáhání [mm²]

3.4.1. Výpočet síly F_{ξ}

$$F_{\xi} = \frac{M_k}{r_{\xi}} [\text{N}] \quad (6)$$

M_k – kroutící moment [Nmm]

F_{ξ} – síla působící na čepy napínáku [N]

r_{ξ} – rameno momentu působícího na čepy [mm]

Dosazení do vzorce č. 6

$$F_{\xi} = \frac{2450}{5}$$

$$F_{\xi} = 490 \text{ N}$$

3.4.2. Výpočet průřezu S_{ξ}

$$S_{\xi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} [\text{mm}^2] \quad (7)$$

S_{ξ} – průřez čepu, na který působí namáhání [mm²]

d – průměr čepu [mm]

Dosazení do vzorce č. 7

$$S_{\xi} = \frac{\pi \cdot 5^2}{4}$$

$$S_{\xi} = 19,64 \text{ mm}^2$$

3.4.3. Výpočet dovoleného namáhání τ_{Ds}

$$\tau_{Ds} = \frac{0,6 \cdot R_m}{k} * C_{II} [\text{MPa}] \quad (8)$$

τ_{Ds} – dovolené napětí ve stříhu [MPa]

R_m – mez pevnosti [MPa]

k – koeficient bezpečnosti [1]

C_{II} – namáhání míjivé [1]

Dosazení do vzorce č. 8

$$\tau_{Ds} = \frac{0,6 \cdot 550}{4} \cdot 0,85$$

$$\tau_{Ds} = 70 \text{ MPa}$$

Dosazení do vzorce č. 5

$$\tau_s = \frac{F_{\xi}}{2S_{\xi}} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_s = \frac{490}{2 \cdot 19,64} \leq 70$$

$$\tau_s = 12,5 \leq 70 \quad \rightarrow \text{čep vydrží}$$

3.5. Volba lana a kladek

Pro správný chod a životnost napínačku je nutné zvolit kvalitní a pevné lano s kladkami, které táhnou tětivu.

3.5.1. Volba lana

Pro vysokou spolehlivost a výdrž bylo zvoleno lano vojenské třídy MIL-C-5040H Type III, přezdíváno „550 cord“ nebo dnes již rozšířeně „Paracord“. Lano je užíváno u armádních i civilních parašutistů. U tohoto textilního lana bylo potvrzeno, že vydrží zátěž až 250 kg.[25]

3.5.2. Volba kladek s háky

Pro bezpečný chod tětivy při natažení volíme kvalitní kladky s háky, viz obr. 3.1, od Floridské firmy Barnett, která se od roku 1962 specializuje na vývoj kuší a jejich příslušenství.



Obr. 3.3 Kladky s háky od firmy Barnett[11]

4. Závěr

Maturitní práce je zaměřena na návrh jednoduchého stroje pro ulehčení natáhnutí tětivy kuše Rackabones od firmy X-BOW. Natáhnutím tětivy se kuše nabije.

Maturitní práce je rozdělena do dvou hlavních částí – teoretické a praktické. V první polovině teoretické části jsou rozebrány kuše, jejich části a projektily. Kuše rozdělujeme na tři základní typy a popisuje hlavní rozdíly mezi nimi a popisuje její hlavní součást – lučičtě s tětivou – díky které může kuše vystřelovat projektily. Projektily, neboli šípy a šípky, jsou také popsány v první polovině teoretické části. Dále popisuje rozdíly mezi dvěma druhy hrotů používaných při střelbě, a to lovecké a terčové hroty, popisuje materiály šípů z historického i moderního hlediska a jejich výhody. Druhá polovina teoretické části je zaměřena na popsání samotného napínáku a jeho součástí.

Kapitola 2.2.1. se věnuje kladkám, jejich využití, krátké historii a popisu. V kapitole jsou dále kladky rozděleny na kladky volné, pevné a na kladkostroje. Všechny tři druhy jsou popsány a je u nich určen princip na kterém pracují.

Kapitola 2.2.2. popisuje západkový mechanismus, který je spolu s rohatkou využit u napínáku jako pojistka proti protočení bubnů při napínání.

V kapitole 2.2.3. jsou rozebírány lana a to jak textilní, tak i ocelová a jejich využití v praxi. Také popisuje lanové bubny a jejich konstrukci

Kapitola 2.2.4. rozdělujeme a popisuje pákové mechanismy a vysvětluje jejich využití v praxi.

Druhá hlavní nosná část maturitní práce je část praktická, ve které ne nachází pevnostní výpočet nejvíce namáhané součásti (čepů), výpočet zmenšení síly nutné k natažení tětivy pomocí navrhovaného napínáku, volba lana a kladek a část výkresové dokumentace navrhnutého napínáku.

V kapitole 3.2. byla vypočítána síla působící od tětivy přes lana a kladky na bubny napínáku.

V kapitole 3.3. byla vypočítána síla na páce, nutná k natažení tětivy.

V kapitole 3.4. byla provedena kontrola čepů, pomocí kterých je převáděn kroutící moment z páky na bubny, na střih a porovnání s dovoleným namáháním.

Kapitola 3.5. byla rozdělena rozdělena na 2 podkapitoly, ve kterých je voleno textilní lano a kladky s háky, které potáhnou tětivu.

Dále se v praktické části nachází celková výkresová dokumentace, spolu se sestavou, všech nenormalizovaných součástí.

Napínák tětivy, který je navržen v této práci slouží jako prototyp nebo pro malosériovou výrobu. Mezi další vylepšení a úpravy by patřilo nasazení tlačné pružiny k rohatce západky, aby ji uživatel nemusel přidržovat ručně a volba jiného materiálu, jako je například dural pro zlehčení součástí.

5. Seznam použité literatury a zdrojů informací

[1] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení. 2., opr. vyd.* Brno: Computer Press, 2007. Učebnice (Computer Press). ISBN 978-80-251-1887-0.

[2] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů III: mechanismy : učebnice pro 3. ročník středních průmyslových škol strojnických.* Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979.

[3] KŘÍŽ, Rudolf. *Strojírenská konstrukce I: učebnice pro 3. ročník středních průmyslových škol strojnických, studijní obor Strojnická konstrukce.* Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1986.

[4] MCKENNA, H.A. a J.W.S. HEARLE AND N. O'HEAR. *Handbook of fiber rope technology.* Cambridge: Woodhead, 2003. ISBN 1855736063.

[5] MIČKAL, Karel. *Strojnictví: Části strojů : pro učební a studijní obory SOU a SOŠ.* Praha: Sobotáles, 1995. ISBN 80-85920-01-8.

[6] *Ottův slovník naučný: ilustrovaná encyklopaedie obecných vědomostí.* V Praze: J. Otto, 1889.

[7] PAYNE-GALLWEY, Ralph. *The book of the crossbow.* Dover ed. New York: Dover Publications, 1995. ISBN 0-486-28720-3.

[8] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky pro školu a praxi.* Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-312-6.

[9] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi.* Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.

Další zdroje informací

[10] *Buitenlucht* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<https://buitenlucht.eu/Kruisboog-X-Bow-Rackabones-175-lbs-245-fps> >

[11] *Colosus* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://www.colosus.cz/natahovak-tetivy-kusi-barnett/> >

[12] *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/93-paka-jednozvratna> >

[13] *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/94-paka-dvojzvratna> >

[14] *ePuškohled* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <http://www.epuskohled.cz/cs/eshop/lovecke-hroty/lovecky-hrot-na-ryby-garpoon-detail#.WMgcMG_yu70 >

[15] *Full Aventura* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <http://www.fullaventura.com/gunshop/ballesta-jandao-chace-wind-150_2_72409.php >

[16] *Leporelo* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<https://leporelo.info/zapadka> >

[17] *Outfit 4 Events* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<https://www.outfit4events.cz/czk/produkt/5187-pistolova-kuse-cobra-80lbs/> >

[18] *Outfit 4 Events* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<https://www.outfit4events.cz/czk/produkt/7731-tetiva-na-kuse-pistolove/>>

[19] *Pažba* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://www.pazba.cz/zbozi/5088/Kuse-Tenpoint-Carbon-Fusion-CLS.htm>>

[20] *Simple Machines* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://grade4simplemachines.weebly.com/pulley.html>>

[21] *SPORTSMAN'S GUIDE* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://www.sportsmansguide.com/product/index/5-pk-of-15-aluminum-crossbow-bolts?a=1120068>>

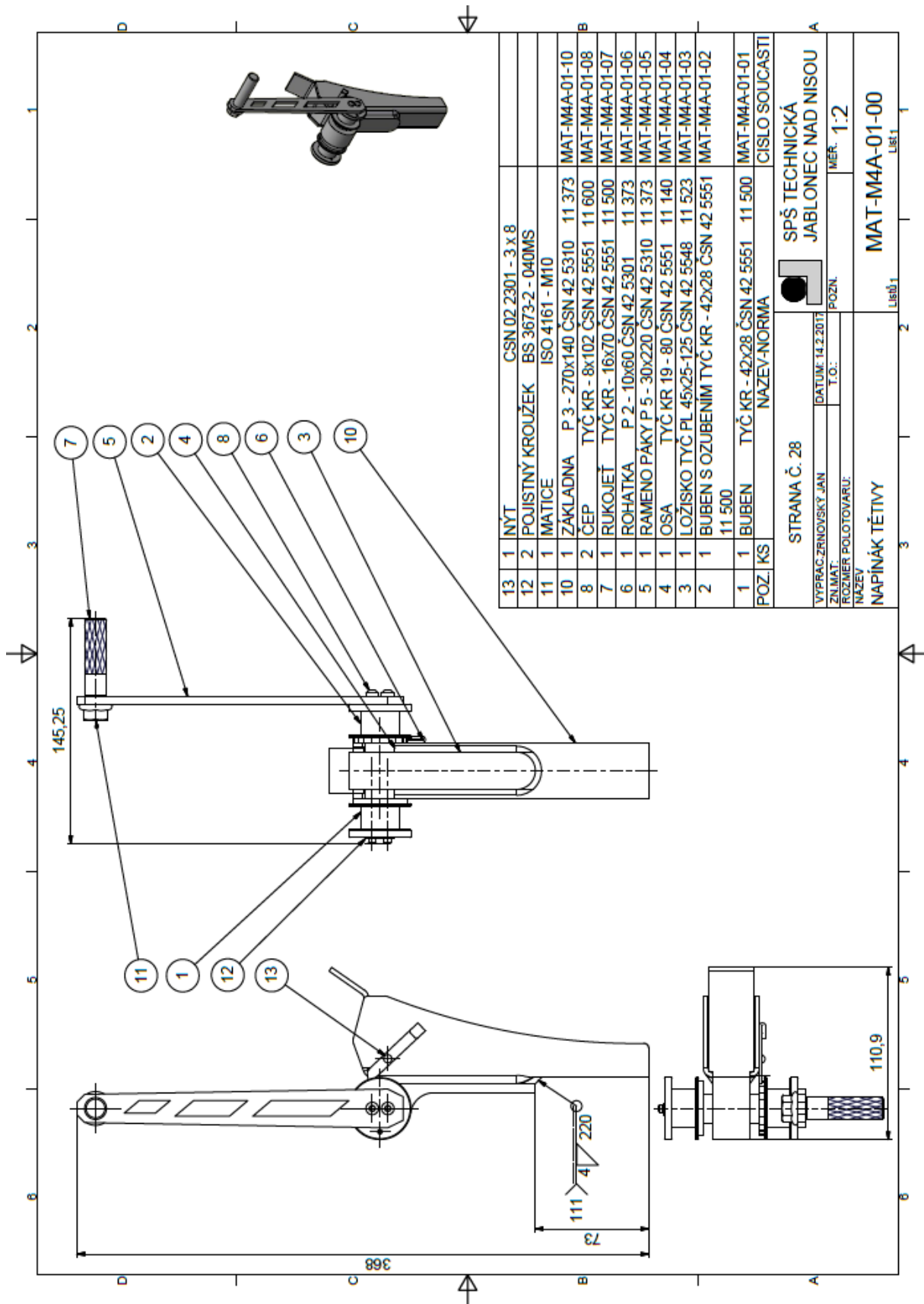
[22] *Střelecký Ráj* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<http://www.streleckyraj.cz/kuse/hrot-tercovy-ostry-125-grain-saunders-field-1ks/>>

[23] *Wikipedia* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: https://en.wikipedia.org/wiki/Parachute_cord

[24] *Wikipedie* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kladka>>

[25] *Wikipedie* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dr%C3%A1t%C4%9Bn%C3%A9_lano

[26] *Zhejiang R&C Trade Co., Ltd.* [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný na WWW: <http://www.hardware-zjrc.com/en/product_show.aspx?id=274>



13	1	NÝT	CSN 02 2301 - 3 x 8
12	2	POJISTNÝ KROUŽEK	BS 3673-2 - 040MS
11	1	MATICE	ISO 4161 - M10
10	1	ZAKLADNA	P 3 - 270x140 ČSN 42 5310 11 373
8	2	ČEP	TYČ KR - 8x102 ČSN 42 5551 11 600
7	1	RUKOJEŤ	TYČ KR - 16x70 ČSN 42 5551 11 500
6	1	ROHATKA	P 2 - 10x60 ČSN 42 5301 11 373
5	1	RAMENO PAKY P 5 - 30x220	ČSN 42 5310 11 373
4	1	OSA	TYČ KR 19 - 80 ČSN 42 5551 11 140
3	1	LOŽISKO	TYČ PL 45x25-125 ČSN 42 5548 11 523
2	1	BUBEN S OZUBENÍM	TYČ KR - 42x28 ČSN 42 5551 11 500
1	1	BUBEN	TYČ KR - 42x28 ČSN 42 5551 11 500
POZ	KS	NAZEV-NORMA	
STRANA Č. 28			
VYPRAC.ZRNOVSKÝ JAN		DATUM: 14.2.2011	
ZNMAT.		T.O.:	
ROZMĚR POLOTOVARU:		POZN.	
NAZEV		MĚR. 1:2	
NAPÍNÁK TĚTIVY		MAT-M4A-01-00	
		Líst.1	

