

Dílenský mechanický zvedák břemen do hmotnosti 50kg s ručním pohonem.

Šenkeřík Martin

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŠENKEŘÍK**

Osobní číslo: **T09473**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Dílenský mechanický zvedák břemen do hmotnosti 50kg s ručním pohonem.**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte řešení na téma zvedání břemen s ohledem na bezpečnost práce
2. Určete parametry řešení vhodného mechanického zvedáku
3. Vypracujte konstrukční řešení mechanického zvedáku
4. Zhodnoťte navržené řešení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Maloch, CSc.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 10. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Martin Šenkeřík

Obor: Technologická zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 9.5.2012

Šenkeřík

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávajíc zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá řešením vhodného návrhu mechanického dílenského zvedáku do 50kg s ručním pohonem, který byl navržen pro potřeby dílny Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. V úvodu bylo vypracováno rozdělení zvedacích zařízení a jejich jednoduchý popis. Součástí práce jsou výpočty týkající se rozměrů lanového bubnu, pevnostní výpočet průměru lana, čepů kol a kladky. Byl uveden rovněž jednoduchý návod použití spolu se zásadami pro obsluhu. Veškeré rozměry a návrhy dílů zvedáku byly uvedeny v kompletní výkresové dokumentaci.

Klíčová slova: zvedací zařízení, zvedák, kladka, čep, lano.

ABSTRACT

This thesis deals with the solution of suitable lifting mechanism design up to 50 kg. with hand drive, which was designed for using in laboratory of Tomas Bata University in Zlin. First part focuses on lifting mechanisms dividing and their simple description. Cable drum size calculation, strength calculation of the rope diameter, journals and hoist is one part of this thesis. Simple user manual together with operating instructions were stated in this thesis as well. All dimensions and designs of pulley parts were stated in full drawing documentation.

Key words: lifting mechanism, hoist, pulley, journal, rope.

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu Malochovy CSc. Za odborné vedení, mnoho cenných rad a poskytnutý čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svému dědečkovi Stanislavu Šenkeříkovi za odborné postřehy ke konstrukci mých návrhů zvedacího zařízení.

Motto:

„Víte-li co chcete, určitě toho dosáhnete. Úspěchu dosáhne jen ten, kdo v úspěch věří.“

Napoleon Hill

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem při tom jen uvedené prameny a literaturu, a že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 12. května 2012

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 ZVEDÁNÍ BŘEMEN	13
1.1 HLAVNÍ ČÁSTI ZDVIHADEL A JEŘÁBŮ	13
1.1.1 Lana a řetězy	13
1.1.2 Kladky a bubny	14
1.1.3 Ozubené převody	14
1.1.4 Brzdy a zdrže.....	14
1.1.5 Prostředky pro vázání a uchopení břemene	14
1.1.6 Nosné konstrukce jeřábů	14
1.1.7 Pojížděcí kola a kolejnice.....	15
1.2 ZDVIHADLA.....	15
1.2.1 Zvedáky	16
1.2.1.1 Šroubový zvedák.....	16
1.2.1.2 Hřebenový zvedák	17
1.2.1.3 Hydraulický zvedák	18
1.2.1.4 Pneumatický zvedák	19
1.2.1.5 Nůžkový zvedák a nůžková plošina.....	19
1.2.2 Kladkostroje	19
1.2.2.1 Násobný kladkostroj	20
1.2.2.2 Šroubový kladkostroj	20
1.2.2.3 Diferenciální kladkostroj	21
1.2.2.4 Kladkostroj s čelními ozubenými koly	21
1.2.2.5 Elektrický kladkostroj.....	21
1.2.3 Navíjedla	22
1.2.3.1 Vrátky	22
1.2.3.2 Navijáky.....	22
1.3 JEŘÁBY.....	23
1.3.1 Základní parametry a pojmy jeřábů	24
1.3.1.1 Konstrukce jeřábu	24
1.3.1.2 Jeřábový most	25
1.3.1.3 Dovolená nosnost.....	25
1.3.1.4 Dovolené břemeno	25
1.3.1.5 Elektrické výzbroj jeřábů.....	25
1.3.1.6 Rozpětí jeřábu	25
1.3.1.7 Výška zdvihu	25
1.3.1.8 Zdvihačí rychlost	25
1.3.1.9 Rychlost pojíždění	25
1.3.1.10 Výkon jeřábu	26
1.3.2 Sloupové a věžové jeřáby.....	26
1.3.3 Konzolové jeřáby	26
1.3.4 Mostové jeřáby.....	27
1.3.5 Portálové jeřáby	28
1.3.6 Silniční jeřáby	28
1.3.7 Plovoucí jeřáby.....	29
1.3.8 Lanové jeřáby.....	30

1.4	VÝTAHY	30
1.5	STOHOVACÍ A PALETOVACÍ VOZIDLA	31
1.5.1	Ruční nízkozdvíhací paletovací vozík	32
1.5.2	Vysokozdvíhací ručně vedený vozík	32
1.5.3	Motorické vozíky s řidičem	33
1.5.4	Vozík s bočním ložením.....	34
1.5.5	Bezpečnost provozu manipulačních vozíků a palet	34
2	BREZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	35
2.1	BEZPEČNOST PRÁCE PŘI RUČNÍ MANIPULACI S BŘEMENY	35
2.1.1	Bezpečnostní limity pro muže.....	35
2.1.2	Bezpečnostní limity pro ženy.....	35
2.2	BEZPEČNOST PRÁCE S MANIPULAČNÍ TECHNIKOU	35
3	SOUHRN TEORETICKÝCH PONATKŮ.....	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
4	NÁVRH DÍLENSKÉHO ZVEDÁKU	39
4.1	POŽADOVANÉ PARAMETRY	39
4.2	NÁVRH KONSTRUKCE	40
4.2.1	Návrh číslo 1. - lanový zvedák.....	40
4.2.2	Návrh číslo 2. – šroubový zvedák	41
4.2.3	Návrh číslo 3. – hřebenový zvedák	42
4.3	VOLBA ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	42
5	VÝPOČTY A VOLBY SOUČÁSTÍ.....	43
5.1	VÝPOČET A VOLBA LANA	43
5.1.1	Výpočet síly zatížení svislého lana	43
5.1.2	Výpočet jmenovité pevnosti svislého lana.....	43
5.1.3	Výpočet průměru svislého lana.....	44
5.1.4	Celková délka lana	44
5.2	VÝPOČET A VOLBA Kladky	45
5.2.1	Výpočet průměru kladky.....	45
5.2.2	Výpočet jmenovitého průměru kladky.....	46
5.2.3	Rozměry drážky kladky	47
5.2.4	Výpočet čepu pro volnou kladku	47
5.2.4.1	Výpočet síly působící na kladku od břemene	47
5.2.4.2	Výpočet síly působící na čep kladky	48
5.2.4.3	Výpočet maximálního ohybového napětí čepu kladky.....	48
5.2.4.4	Návrh průměru čepu kladky	48
5.2.4.5	Kontrola čepu kladky na stříh.....	49
5.3	VÝPOČET A VOLBA LANOVÉHO BUBNU.....	50
5.3.1	Drážka lanového bubnu.....	50
5.3.2	Průměr lanového bubnu	51
5.3.3	Navíjená délka lana	51
5.3.4	Počet závitů lana na lanovém bubnu	51
5.3.5	Délka lanového bubnu.....	52
5.3.6	Přibližná tloušťka stěny bubnu.....	52

5.4	VÝPOČET A VOLBA ČEPU POJEZDOVÉHO KOLA	53
5.4.1	Výpočet maximálního ohybového napětí čepu pojezdového kola.....	54
5.4.2	Návrh průměru čepu pojezdového kola	55
5.4.3	Kontrola čepu pojezdového kola na střih.....	55
5.5	URČENÍ DEFORMACE PRO NOMINÁLNÍ ZATÍŽENÍ PRUTU DANÉHO TVARU A PRŮŘEZU.	56
	Pro výpočet byl použit zjednodušený model lanového zvedáku. U řešení skutečného modelu by bylo mnohem složitější.	56
5.5.1	Určení reakcí z podmínek statické rovnováhy:	57
5.5.2	Průběh M_O – metoda řezu:	58
5.5.3	Průběh příčných T a osových sil N:	58
5.5.4	Graficky znázorněný průběh M_O , N a T:	60
5.5.5	Výpočet deformace (úhel natočení bodu A):	60
5.5.6	Výpočet deformace (posuv bodu A ve směru osy x)	61
5.5.7	Výpočet mezního zatížení z pevnostní podmínky na ohybové napětí:	62
5.6	VÝPOČET NAMÁHÁNÍ KONSTRUKCE ZVEDÁKU NA VZPĚR	63
5.6.1	Kontrola stojiny na vzpěr	64
5.7	VOLBA LOŽISEK	66
5.7.1	Valivá ložiska.....	66
5.7.2	Kluzná ložiska.....	66
5.8	VOLBA OZUBENÝCH KOL.....	67
5.9	VOLBA BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ	67
6	NÁVOD K POUŽITÍ A ZÁSADY PRO OBSLUHU	68
6.1	NÁVOD K POUŽITÍ	68
6.1.1	Zdvih břemene	68
6.1.2	Spouštění břemene	68
6.1.3	Popojíždění.....	69
6.2	HLAVNÍ ZÁSADY PRO OBSLUHU	69
7	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	70
7.1	VÝSLEDNÉ PARAMETRY LANOVÉHO ZVEDÁKU	70
7.2	POUŽITÉ MATERIÁLY	71
7.3	KONSTRUKCE A ROZMĚRY SOUČÁSTÍ	71
	ZÁVĚR	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK.....	81
	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

ÚVOD

Otázka zvedání břemen je už tak stará, jako lidstvo samo. A protože člověk je od přírody tvorem přemýšlivým, tak se snažil jakoukoli práci zjednodušit. Již v dávných dobách si lidé ulehčovali zvedání těžších břemen pomocí jednoduchých kladek nebo pák. Ovšem tyto zařízení nebyla tak výkonná jako nyní.

Dnes už by se svět bez zvedacích zařízení nemohl vůbec obejít. Využívají se snad při každé manipulaci s břemeny. Ať už se jedná o pouhé nadzvednutí auta v dílně, naložení beden na nákladní automobil, vyzdvihnutí potřebného materiálu na střechy budov nebo taky při vyzvednutí vraku ze dna moře, vždy při tom musí asistovat právě tato zařízení.

Svou bakalářskou práci na téma zvedání břemen, přesněji „dílenský mechanický zvedák břemen do 50kg“, jsem si mimo jiné vybral, abych se zdokonalil v problematice konstruování zařízení a seznámil se se vším, co všechno výroba jednoho zvedacího zařízení obnáší.

Práce se nejprve zabývá rozdělením zvedacích zařízení od jednoduchých zdvihadel, přes výtahy, stohovací a paletovací vozidla, až po jeřáby, ze kterých se potom odvíjí návrh konstrukce dílenského zvedáku.

Manipulační zařízení bylo navrženo pro potřebu konkrétní dílny Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, proto musí splňovat rozměrové parametry, nacházející se v daných podmínkách. Rovněž musí být zajištěna bezpečnost a ochrana zdraví při práci, proto je třeba, aby zařízení bylo vybaveno ochrannými a bezpečnostními prvky.

Součástí práce jsou rovněž výpočty týkající se rozměrů lanového bubnu, pevnostní výpočet průměru lana, čepů kol a kladky. Byl uveden také jednoduchý návod použití spolu se zásadami pro obsluhu. Veškeré rozměry a návrhy dílů zvedáku byly zpracovány v kompletní výkresové dokumentaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZVEDÁNÍ BŘEMEN

Již v dávných dobách bylo zvedání a přemísťování břemen na různé vzdálenosti velmi namáhavé a pracné. K umožnění těchto cílů a usnadnění prací se začali používat rozmanitá zdvihací a dopravní zařízení, primitivní páky - pomocí kamene a dlouhé tyče, soustavy kladek a také jednoduchá zdvihadla. S technologickou vyspělostí narůstala také potřeba mít stále dokonalejší a výkonnější zařízení, která by uzvedla a přemístila čím dál těžší a objemnější náklady různých tvarů a vlastností. Z toho důvodu dnes existuje velké množství konstrukcí a typů. Od ručních navíjedel, přes statické a pojízdné jeřáby až po jeřábová motorová vozidla. Správně zvolený stroj umožňuje zvýšit efektivnost manipulace a bezpečnost při práci.

Rozdělení strojů na zvedání břemen:

- zdvihadla
- jeřáby
- výtahy
- stohovací a paletovací vozidla

1.1 Hlavní části zdvihadel a jeřábů

1.1.1 Lana a řetězy

Používají se jako ohebné prostředky pro vázání, zvedání nebo tažení. Lana jsou lehčí, bezpečnější, pružnější, nehlukná a umožňují větší rychlosti. Řetězy jsou odolnější proti otěru, žáru, korozi a nešetrnému zacházení. [7]

Textilní lana bývají spletená z konopných, bavlněných nebo z polyamidových vláken. Používají se u ručních zvedáků. Dovolená zatížení stanovuje norma ČSN 27 0142. Bezpečnostní koeficient se pohybuje okolo 5 – 8. [7]

Ocelová lana jsou z ocelových drátků s pevností až 2000 MPa. Dovolená zatížení stanovuje norma ČSN 024300 až ČSN 024380. Mají větší bezpečnost než článkové řetězy, jsou lehčí a levnější. [7]

Svařované řetězy se vyrábějí svařováním a ohýbáním článků z martinské oceli 11 354. Svařování se provádí plamenem nebo elektrickým obloukem. Jsou určeny pro špatné povětrnostní podmínky a snesou i horší zacházení, kladky a bubny mohou být malého průměru. [6]

Řetězy krátkočlánkové, kalibrované a nekalibrované se používají tam, kde musí být menší průměry bubnů a kladek nebo tam, kde by lana mohla být narušena chemickými vlivy. Vztahuje se na ně norma ČSN 02 3211. Řetězy dlouhočlánkové a dopravní, kalibrované a nekalibrované (ČSN 02 3212) jsou určeny do sléváren nebo kováren pro převoz žhavého materiálu. Řetězy kladkostrojové (ČSN 02 3221) a řetězy závěsné s háky a závěsnými oky (ČSN 02 3230) se používají k zavěšování břemen. [6]

Gallovy řetězy jsou určeny ke kladkostrojům, kde se dbá o malé rozměry řetězu a velkou nosnost. Velkou nevýhodou je, že špatně snáší vlhké a prашné prostředí a při špatném mazání se opotřebovávají. [6]

1.1.2 Kladky a bubny

Kladky se používají pro vedení, vyrovnávání nestejného prodloužení lan a jako hnací kladky, bubny pro navíjení lan a řetězů. Vodící kladky mění směr pohybu lana, na ty pak přenášejí sílu hnací kladky, řetězy nebo lana. ČSN 27 1820 určuje různé druhy průměrů a tvarů kladek v závislosti na průměru lana. [7]

1.1.3 Ozubené převody

Používají se pro převod mezi hnacím zařízením a navijákem. Uzavírají se do skříní a nabízí tak výhody ve větší přesnosti a bezpečnosti. Mají účinnost až 0,98. Jsou normalizovány ON 03 1523 a ON 03 1551. [7]

1.1.4 Brzdy a zdrže

Jeřáby musí mít bezpečnou brzdu, která automaticky zabrzdí a drží břemeno, jakmile přestane fungovat motor. Brzdy jsou odlišeny podle jejich smyslu na stavicí, spouštěcí a regulační. [7]

1.1.5 Prostředky pro vázání a uchopení břemene

Kladnice spojuje hák s kladkami. Základní prostředek je hák, na který se zavěšuje břemeno přímo nebo prostřednictvím dalších prostředků. Jsou dány normami ČSN 27 1900 až ČSN 27 1909. Na výpočty háků se vztahuje norma ČSN 27 0102. [7]

1.1.6 Nosné konstrukce jeřábů

Zachycují tíhu břemene, mechanismů a ostatních částí při provozu. Konstrukce musí být pevná a bezpečná. [23]

1.1.7 Pojížděcí kola a kolejnice

Umožňují pojezd jeřábů a přemísťování břemen ve svislé poloze na větší vzdálenosti. [7]

1.2 Zdvihadla

Zdvihadla jsou malá a jednoduchá zařízení určená ke zvedání předmětů ve svislém směru a jejich udržení v požadované poloze. Z pravidla se při práci nepohybují, ale jsou jednoduše přemístitelná a manipulovatelná. Vzhledem ke své malé váze mají velkou účinnost. Důležitými parametry pro zdvihací zařízení jsou výška zdvihu a dovolená hmotnost břemen, při jejímž překročení by mohlo dojít ke zhroucení. [20,23]

Pohon může být ruční, elektrický, hydraulický, pneumatický, případně jejich kombinace. Zpětnému pohybu se zabraňuje pomocí samosvornosti, západkového systému, zdrží nebo hydraulického blokování. [20,23]

Mají velmi široké uplatnění. Používají se například pro zvedání automobilů při výměně kol (šroubový a hydraulický zvedák), v dílnách při zvedání břemen (kladkostroje) nebo také ve stavebnictví (navíjedla) [20,23]

Použití zdvihacích zařízení:

- pro vertikální a horizontální dopravu břemen
- v případech, kdy má materiál nestejně hmotnosti a rozměry
- pokud se materiál přemísťuje v omezeném prostoru
- je-li doba mezi jednotlivými intervaly nestejná
- je-li špatná dostupnost dopravních cest

Rozdělení zdvihadel:

1. Zvedáky:

- šroubový
- hřebenový
- hydraulický
- pneumatický
- nůžkový

2. Kladkostroje:

- násobný
- šroubový
- diferenciální
- s čelními ozubenými koly

3. Navíjedla:

- vrátky
- navijáky

1.2.1 Zvedáky

Slouží k občasnému nadzdvihnutí těžkých břemen, v řádech desítek centimetrů. Používají se k pomocným pracem při montážích, na stavbách a ke zdvihání silničních a železničních vozidel. Hlavním znakem bývá tuhý zvedací člen, který je součástí převodového systému. [23]

1.2.1.1 Šroubový zvedák

Jednoduché zvedací zařízení, s nízkou vahou a dobrou bezpečností. Účinnost je nízká, v rozmezí od 0,3 do 0,4. Poměr síly na rukojeti k tíze břemena je u šroubových zvedáků menší než u hřebenových, tudíž uzvednou při požití stejné síly těžší předměty. Bývá konstruován pro nosnosti 2 - 35 t. [23]



Obrázek 1: Šroubový zvedák [20]

Zpětnému pohybu zabraňuje samosvornost lichoběžníkových závitů, jejichž rozměry jsou normovány podle ČSN 01 4050 (u rovnoramenných závitů) nebo ČSN 01 4052 (u nerovnoramenných závitů). Výšku hlavice lze před použitím nastavit vyšroubováním nebo našroubováním pomocného šroubu. [20]

Ke zvedání a spouštění břemene se využívá šroubové vazby, která umožňuje přeměnu otáčivého pohybu na pohyb posuvný. Současně také umožňuje přeměnu krouticího momentu na osovou zvedací sílu. [20]

1.2.1.2 Hřebenový zvedák

Vyrábí se o nosnosti 2 – 30 t, což je největší přípustné jmenovité zatížení na hlavici zvedáku. Je určen pro nízké zdvihy. Použití může být u pomocných montážních prací, například při výměně kola u automobilů. Síla působící na kliku, se jednou nebo dvěma ozubenými koly, přenáší na ozubený hřeben. Zpětnému pohybu se zabraňuje pomocí západky, která blokuje otáčení rohatky pevně spojené s klikou. [10]



*Obrázek 2: Hřebenový zvedák
standard od firmy Brano [15]*

1.2.1.3 Hydraulický zvedák

Konstruuje se pro nejtěžší břemena s nosností od 2 do 300t. Pro velké zdvihy se píst může skládat z několika teleskopicky se vysouvajících částí. Hydraulické zvedáky pracují na principu vytlačení kapaliny (oleje) pomocí menšího pístu pod větší, přičemž nádrž kapaliny je uzavřena sacím ventilem. [10]



*Obrázek 3: Hydraulický zvedák Z320
od firmy Brano [15]*

1.2.1.4 Pneumatický zvedák

Ke svému provozu vyžaduje stlačený vzduch, který musí být dostatečně mazán. Nosnosti jsou velmi malé od 125 kg do 2 t, velikost zdvihu 0,5 – 1,8 m. Ovšem účinnost mají až 0,9. Zařízení pracuje na principu stlačeného vzduchu, který svým tlakem působí na píst. Využívá se převážně k nadzvedávání automobilů. [23]

1.2.1.5 Nůžkový zvedák a nůžková plošina

„ Nůžkové zvedáky a zvedací plošiny mechanické, hydraulické případně pneumatické jsou vhodné v průmyslu jako manipulační prostředky ve výrobních linkách a v automobilovém průmyslu především pro pneuservisy pro pohodlnou výměnu kol a pro servisní práce při údržbě a opravě motocyklů a čtyřkolek. “ [9]



Obrázek 4: Nůžkový zvedák [18]

Pracují na principu nůžkového mechanismu. Nosnost mají 2 – 5 t a výška zdvihu se pohybuje od 0,2 až do 3 m.

1.2.2 Kladkostroje

Jednoduchá snadno přenosná zdvihací zařízení s dobrou nosností až 10t. Vyznačují se ohebným zvedacím členem (lanem nebo řetězy). Z pravidla se zavěšují na nosnou konstrukci pomocí háku, ale v některých případech se mohou po ní také pohybovat. [10,23]



Obrázek 5: Jednoduchý
kladkostroj [15]

1.2.2.1 Násobný kladkostroj

Vhodný pro jednoduché a nenáročné práce. Nosnost je dána typem lana. Například konopné lano 0,1 - 3 t, ocelové lano 1 - 8 t. Lano je taženo přes stejný počet pevných a volných kladek, takže při zanedbání pasivních odporů se tažná síla na volném konci rovná váze závaží podělená počtem kladek. [10,23]

1.2.2.2 Šroubový kladkostroj

Jeden z nejpoužívanějších ručních kladkostrojů. Jeho největší výhodou je velký převodový poměr. Rozměrově je poměrně malý a tudíž lehký. Účinnost je nízká 0,5 – 0,7. Nosnost pro 0,5 až 25 t těžká břemena. Do 10 t se používá svařovaného řetězu, pro těžší závaží se užívá řetězu Gallova (kloubového řetězu). [10,23]

„Břemeno se zavěšuje na kladnici s hákem, celý kladkostroj visí na háku. Ručním řetízem se otáčí řetězka naklínovaná na hřídeli šroubu (šneku), který zabírá se šroubovým kolem. Na témž hřídeli se upevní zvedací řetězka, která vytahuje nebo spouští zvedací řetěz. Břemeno drží ve zvednuté poloze buď samosvorností šroubového soukolí, nebo rohatkou se západkou, nebo třecí kuželovou brzdou.“ [10]

1.2.2.3 Diferenciální kladkostroj

Velmi lehký kladkostroj s velkým převodem. Má hodně malou účinnost a nosnost je jen 0,1 – 1 t. Konstrukce kladkostroje způsobuje velké opotřebení nosného řetězu. [23]

Horní část konstrukce je složena ze dvou průměrově rozdílných kladek připevněných souose na jednom hřídeli. Při posouvání řetězu o délce obvodu větší kladky se navine řetěz o délce obvodu menší kladky. V dolní části kladkostroje se zvedne břemeno o polovinu rozdílu těchto obvodů. [23]

1.2.2.4 Kladkostroj s čelními ozubenými koly

Manuální kladkostroj, kterému pro udržení břemene slouží spouštěcí brzda s pomocným šroubem. Je konstruován s nosností 0,25 – 10 t. Účinnost mají 0,7 až 0,8. [23]

1.2.2.5 Elektrický kladkostroj

Dnes nejrozšířenější zdvihací zařízení. Ke zvedání se používá otáčivé síly elektromotoru. Vyrábějí se s nosností 0,2 – 100 t. Často se vyskytují jako příslušenství k mostovým jeřábům. Jsou vhodné i pro venkovní použití. [10]

Hák, na který se zavěšuje břemeno, je připevněn na lano (nebo kloubový řetěz), které se navíjí na lanový buben (řetězku). Elektromotor s ozubenými koly jsou společně s brzdou zakrytovány, tím se zabraňuje pronikání vlhkosti a prachu z okolí. [10]



Obrázek 6: Elektrický kladkostroj[16]

1.2.3 Navíjedla

Charakteristickým znakem je, že zdvihací nebo tažná síla je přenášena konopným nebo ocelovým lanem (výjimečně řetězem), dostávající pohybovou sílu od bubnu. Pohon může být ruční nebo motorový. Ve výjimečných případech se používá pohon pneumatický (například v hlubinných dolech). Na rozdíl od zvedáků nemění často své umístění. Užívá se jich například při montáži ocelových konstrukcí, jeřábů nebo taky v lomech. [10, 6]

1.2.3.1 Vrátky

Použití ve stavebnictví pro přepravu menších břemen tam, kde se nedá použít jeřábu nebo výtahů, například při kopání studní nebo v betonárkách pro dopravu kameniva do míchačky. Tvoří ho navíjecí buben poháněný elektromotorem a mechanismus bránící zpětnému pohybu, například zdrž. [2]

1.2.3.2 Navijáky

Rozeznáváme několik druhů navijáků, navijáky nástěnné, rámové a posunové (pro posun železničních vozů, dnes již nejsou využívány). Jsou určeny pro užívání při montážích nebo taky pro zvedání šoupátkových uzávěrů. Využívá se navíjení lana nebo řetězu na buben. Navíjecí síla je dána převodem mezi hřídelem kliky a bubnem přes šnekové nebo vícestupňové čelní soukolí. [3]



Obrázek 7: Naviják od firmy Brano [15]

1.3 Jeřáby

Jeřáby jsou zařízení určená k přemísťování těžkých předmětů, jejich zdvihání a udržování v určité výšce. [4]

Rozdělení jeřábů:

a) Podle konstrukce:

- sloupové a věžové
- konzolové
- mostové
- portálové
- silniční
- plovoucí
- lanové

b) Podle pohonu:

- ruční

- elektrický
- hydraulický
- pneumatický
- spalovacím motorem

c) Podle způsobu práce:

- pojízdné
- nepojízdné
- otočné
- plovoucí

d) Podle účelu a místa použití:

- montážní
- dílenské
- hutní
- nádvorní
- skládkové
- stavební
- železniční
- přístavní
- havarijní

e) Podle typických částí:

- drapákové
- magnetové
- se sklopným výložníkem a vodorovnou drahou břemena
- lící, kovací, atd.

1.3.1 Základní parametry a pojmy jeřábů

1.3.1.1 Konstrukce jeřábu

Je to pevná a nosná část jeřábu, zachycuje tíhu břemene a mechanismů sloužící k provozu jeřábu, například zdvihací zařízení, motory na pojíždění, otáčení, navíjení a jiná

ústrojí. Konstrukce musí být lehká, dostatečně pevná, výrobně a provozně levná a musí splňovat bezpečnosti práce. [7]

1.3.1.2 Jeřábový most

Je nosná konstrukce, která popojíždí po jeřábové dráze. [6]

1.3.1.3 Dovolená nosnost

Je to hodnota hmotnosti, která udává maximální dovolenou váhu zatěžujícího břemene v kilogramech nebo tunách. U jeřábu, kde je ještě pomocný zdvih, se maximální dovolená hmotnost zatížení udává jen pro hlavní zdvih. [6]

1.3.1.4 Dovolené břemeno

„ Je břemeno, které se smí zavěsit na hák nebo uchytit jiným zařízením, kromě drapáků a břemenových magnetů, jejichž váha se započítává do nosnosti jeřábu. “ [6]

1.3.1.5 Elektrické výzbroj jeřábů

Je to soubor všech elektrických přístrojů, motoru, příslušenství, vypínačů a přívodů elektrické energie. Elektrický proud se přivádí pomocí trolejí, nebo kde je nebezpečí požáru nebo úrazu, tak přívodním kabelem. [7]

1.3.1.6 Rozpětí jeřábu

Je vzdálenost mezi osami kolejnicové dráhy. [6]

1.3.1.7 Výška zdvihu

Je vzdálenost mezi nejvyšší a nejnižší polohou háku nebo jiného závěsného zařízení. [6]

1.3.1.8 Zdvihací rychlost

Je zdvihací či spouštěcí rychlost úchopového zařízení (háku, drapáku, atd.) v metrech za minutu. [6]

1.3.1.9 Rychlost poježdění

Je to dráha, kterou rovnoměrně poježdí kočka nebo celý jeřáb (v metrech za minutu). [6]

1.3.1.10 Výkon jeřábu

Je udáván jako přemístění materiálu na určitou vzdálenost (v tunách). [6]

1.3.2 Sloupové a věžové jeřáby

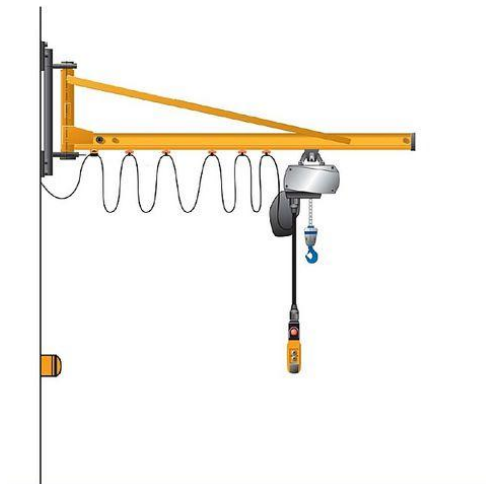
Hlavní část nosné konstrukce tvoří sloup nebo věž a otáčí se kolem své osy až o 360°. Používají se hlavně na stavbách k pomocným pracím a v dílnách. Může být pojízdný nebo statický. Pojízdný jeřáb bývá často vybaven pásy pro snadné pohybování v těžkém terénu. Složený jeřáb se na místo dopravuje nákladním automobilem. [10]



Obrázek 8: Sloupový jeřáb. [12]

1.3.3 Konzolové jeřáby

Je konstruován tak, že popojíždí kolem stěny tovární haly. Používá se pro přepravu břemen z nákladních automobilů nebo vagonů do továrních hal. Konstruují se pro nosnosti od 500 do 5000 kg. Jeho pracovní plocha má tvar půlkruhu (může se otáčet o 180°). [11]



Obrázek 9: Konzolový jeřáb [17]

1.3.4 Mostové jeřáby

Konstrukce je tvořena mostem, který se pohybuje po jeřábové dráze. Dráha může být umístěna na sloupech tovární haly nebo na samostatných sloupech ve venkovních prostorech. Po mostě se pohybuje kočka, která obsahuje zdvihací ústrojí. Plocha, kterou tento druh jeřábu je schopen obsluhovat, má tvar obdélníku. [10]



Obrázek 10: Mostový jeřáb
jednonosíkový [16]

Jeřábové mosty mají různé provedení plnostěnné válcované, nýtované, plnostěnné svařované, skříňové nebo příhradkové. Nejjednodušší je plnostěnný válcovaný, protože hlavní nosník má tvar I. Používá se u menších rozpětí os jeřábové dráhy. Skříňové nosníky jsou velmi lehké a mají tvar uzavřené skříně. Plnostěnné svařované nosníky se používají tam, kde nelze použít skříňového nebo válcovaného nosníku I. Mostové jeřáby se pohybují pomocí elektromotoru, který pohání zpravidla polovinu kol, některé mohou být poháněny i dvěma motory (na každém konci jeden). Nosnost mostového jeřábu je od 0,5 do 75t. [10]

1.3.5 Portálové jeřáby

Skládá se z nosníku ocelové příhradové konstrukce, na které je umístěna jeřábová dráha, po které popojíždí otočný jeřáb. Rozdíl mezi mostovými jeřáby je ten, že opěrky, na které je most připevněn, jsou ve spodní části vybaveny koly pro poježdění. Používají se například v přístavech, loděnicích a na skládkách. [11]



Obrázek 11: Portálový jeřáb [16]

1.3.6 Silniční jeřáby

Silniční neboli také automobilový jeřáb je velmi pohyblivý. Pohon mechanismu jeřábu může být samostatný a nezávislý na pohonu samotného automobilu. Zvedání a spouštění se ovládá hydraulicky. Na bocích bývají výsuvné podpěry, které zajišťují stabilitu jeřábového automobilu. Používají se při montážích a na stavbách. [11]



Obrázek 12: Silniční jeřáb Tara [19]

1.3.7 Plovoucí jeřáby

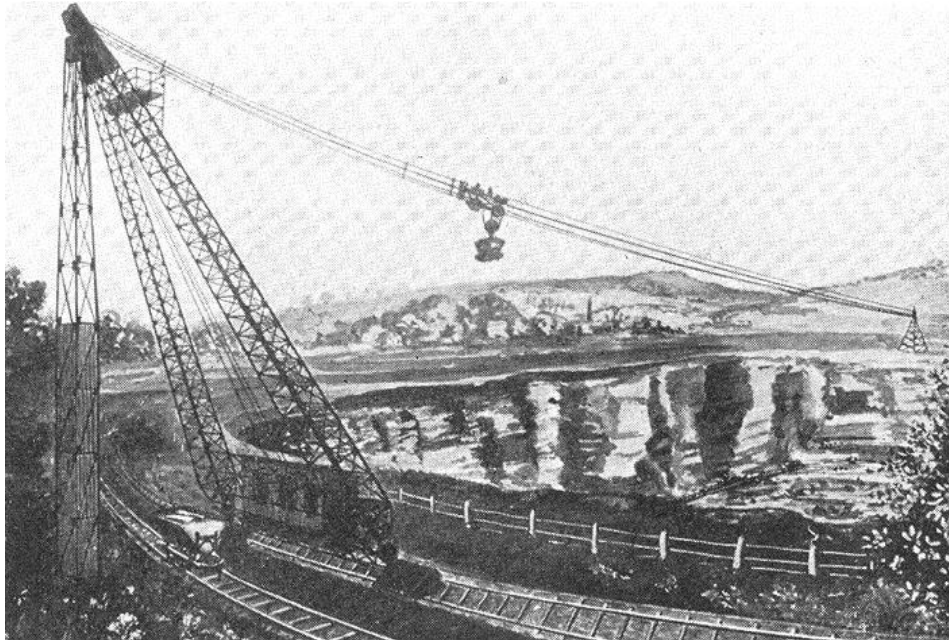
Používají se pro zvedání břemen na vodě. Rozdělit je můžeme na překládací, montážní, stavební a havarijní (pro vyzvedávání lodních vraků). Nosnost mají okolo 25 – 3500t. [12]



Obrázek 13: Plovoucí jeřáb. [12]

1.3.8 Lanové jeřáby

Je určen pro přepravu břemen na velké vzdálenosti. Konstrukci má jednoduchou, tvořenou lanem, po kterém se pohybuje kočka pomocí tažného lana. Používá se při stavbě mostů, na přepravu materiálu v lomech, údolí přehrad. [11]



Obrázek 14: Lanový jeřáb [21]

1.4 Výtahy

Zařízení na zvedání břemen a osob horizontálním nebo vertikálním směrem. Používají se v obytných nebo průmyslových budovách. Mohou být přetržité (náklad se nakládá a osoby nastupují v klidovém stavu) nebo nepřetržité (náklad se nakládá a osoby nastupují za chodu výtahu). Klece, kabiny nebo plošiny bývají taženy nejčastěji ocelovými lany nebo Gallovými řetězy. Při provozu se musí dbát na bezpečnost dopravovaných osob, proto existuje řada předpisů a norem (nejčastěji ČSN 27 4009). [10]

Rozdělení výtahů:

- Osobní výtahy bez řidiče s nosností do 500 kg
- Osobní výtahy s řidičem s nosností nad 500 kg
- Nemocniční výtahy s nosností 500 kg
- Nákladní výtahy bez řidiče s nosností do 500 kg
- Nákladní výtahy s řidičem s nosností nad 500 kg
- Nákladní výtahy se zakázanou dopravou osob s nosností do 10t

Speciální výtahy:

- Stolové výtahy s nosností do 500 kg
- Výtahy výsypné
- Výtahy na prohlídku anténních stožárů
- Výtahy na omývání oken výškových budov, a jiné



Obrázek 15: Výtah bez strojovny [24]

1.5 Stohovací a paletovací vozidla

Mají za úkol manipulovat s materiálem na krátké vzdálenosti. Oproti jeřábům mají velkou výhodu v tom, že nejsou omezeny určitou pracovní plochou. Podle výšky zdvihu se dělí na nízkozdvizné vozíky a vysokozdvizné vozíky a podle způsobu ovládní na ruční, motorické ručně vedené a na motorické s řidičem. Jako pohon mívají elektrický motor (zásobárnou elektrické energie je akumulátor) nebo spalovací motor (vznětový nebo zážehový). Nejčastěji bývají přizpůsobené pro normalizované palety s rozměry 1200 x 800 mm. [7,10]

1.5.1 Ruční nízkozdvížený paletovací vozík

Břemeno se zvedá pohybáním tažné páky nahoru a dolů, která tím pohybuje v hydraulickém ústrojí pístem a zvedá tak přední část vozíku. Vhodné bývá využití v halách, kde je rovná podlaha, čímž má obsluha snadnější manipulaci. Mají nosnost až 1200 kg a zdvih 125 mm. [7,10]

„ Má šest kol s plnými gumovými obručkami, z nichž dvě přední jsou říditelná. Na kolech spočívá rám z profilovaných plechů. Zadní kola jsou po dvou uložena ve výkyvných zvedacích vidlicích, nad předními koly je hydraulické zvedací ústrojí. “ [4]



Obrázek 16: Ruční nízkozdvížený
paletovací vozík [22]

1.5.2 Vysokozdvížený ručně vedený vozík

Obsluha vozíku nesedí na vozíku, ale jde a obsluhuje ho z boku. Vozík se může pohybovat po zpevněném rovném a tvrdém povrchu. Břemeno se zvedá pomocí zvedací tyče zavěšené na kloubových řetězech. Vozík lze i naklánět, a to až o 20° směrem k vozíku a o 5° směrem od něj. Pohon bývá nejčastěji elektrický (akumulátorový). Nosnost je až 700 kg a výška zdvihu 3 m. [10]



*Obrázek 17: Vysokozdvížený
ručně vedený vozík [22]*

1.5.3 Motorické vozíky s řidičem

Jsou podobné konstrukce jako vysokozdvížený ručně vedený vozík, ale má o trochu větší konstrukci z důvodu umístění sedadla pro obsluhu. Ovládají se pomocí ručních pák či volantů a pedálů. Vidlice jsou nejčastěji tvaru L a jsou umístěny v přední části vozíku. Pohon mají elektrický nebo spalovací. Nosnost od 80 až po 32000 kg, výška zdvihu až 10 m a rychlost zdvihu až 1 metr za sekundu. [7,10]



Obrázek 18: Motorický vozík s řidičem [22]

1.5.4 Vozík s bočním ložením

Zvedací ústrojí je oproti předchozímu typu uloženo na boku. Slouží pro dopravu velmi dlouhých materiálů například ocelových trubek. Je poháněn spalovacím motorem a má nosnost až 3000 kg a zdvih až 3m. [10]



Obrázek 19: Vysokozdvihový vozík
s bočním ložením [22]

1.5.5 Bezpečnost provozu manipulačních vozíků a palet

Aby byla zajištěna bezpečnost, musí být vozíky vybaveny pojistným zařízením proti zneužití (zámkem), signalizačním zařízením (klaksonem) a odrazkami, které zvyšují viditelnost vozíku. [7]

„ Před použitím přepravních prostředků je nutné se přesvědčit o jejich jakosti, pevnosti, stabilitě při stohování, povrchové úpravě apod.“ [7]

Obsluha vozíku musí mít více než 18 let a musí být duševně i tělesně schopná vozík obsluhovat. Na vozíku musí být prováděny pravidelné technické prohlídky, které musí splňovat zákonem daná ustanovení. [7]

Stabilita vysokozdvihových vozíků se zkouší v maximální výšce zdvihu a je povoleno naklonění 4 – 6 °. Ochranný rám musí být u paletovacích vozíků při zdvihu vyšším než 1,5 m. [7]

Palety se ověřují tak, že se zatíží až 4,5 x větší hmotností, než je jejich dovolená hmotnost po dobu 5 minut, nesmí se zhroutit. Stabilita stohu se zkouší postavením palet ve výšce 4 m (to je cca 4 - 5 palet), vychýlení musí být nanejvýš 5°. [7]

2 BREZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

Každý má právo na ochranu zdraví a dobré pracovní podmínky. Touto problematikou se zabývá Listina práv a svobod. Zákony a směrnice vydávané státem hrají nedílnou součást pro předcházení úrazů, poškození zdraví a nemocí z povolání. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci je úzce spojena se zabezpečováním jakosti produktu. Tedy, že bezpečné zařízení nebo produkt nijak neohrozí uživatele. [5]

2.1 Bezpečnost práce při ruční manipulaci s břemeny

„ Hmotnostní limity, ohledně ruční manipulace s břemeny jsou obsaženy v těchto předpisech: Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., a jeho změna: Nařízení vlády č.523/2002 Sb.. Ty obsahují vedle limitů ruční manipulace s břemeny pro muže i limity pro ženy, a to v ustanoveních § 8 a 9 v jeho příloze č. 5.“ [13]

2.1.1 Bezpečnostní limity pro muže

Hmotnost břemene, které je občas přenášeno ručně mužem nesmí překročit 50 kg. Při častém zvedání nebo přenášení pak nesmí překročit 30 kg. Pojem časté zvedání nebo přenášení znamená, že práce je vykonávána déle než 30 minut. Při sečtení všech hmotností přenášených břemen v pracovní době, se nesmí překročit 10000 kg. [13]

2.1.2 Bezpečnostní limity pro ženy

Hmotnost břemene, které je občas přenášeno ručně ženou nesmí překročit 20 kg. Při častém zvedání nebo přenášení pak nesmí překročit váhu 15 kg. Při sečtení všech hmotností přenášených břemen v pracovní době se nesmí překročit 6500 kg. U těhotných žen se povolené přenášené hmotnosti snižují. Nejtěžší břemeno při zvedání nebo přenášení může být na vzdálenost 7,5 m 5 kg, na vzdálenost 5 m 15 kg a na 2,5 m 20 kg. [13]

Těžší břemena, a to platí i pro muže, se musejí zvedat nebo přenášet pomocí manipulačních zařízení (zvedáků, jeřábů, manipulačních vozíků atd.). [13]

2.2 Bezpečnost práce s manipulační technikou

Při používání manipulační techniky může docházet k újmě na zdraví, a to důsledkem nesprávného zacházení. Proto by se měla dodržovat bezpečnost práce a správná údržba zařízení. [14]

„Podle odhadů je až 20 % pracovních úrazů v Evropě spojeno s údržbou. V řadě odvětví je pak údržba v rámci pracovišť příčinou více než poloviny všech úrazů. V 10 – 15 % případů je pak nesprávná údržba dokonce příčinou smrti pracovníka. I v České republice dochází v rámci údržby na pracovištích k řadě úrazů. V letech 2005 - 2009 bylo zaznamenáno celkem 1 668 úrazů, které se objevily v souvislosti s manipulační technikou. 184 případů lze označit za závažné, to znamená, že si vyžádaly hospitalizaci postiženého pracovníka po dobu delší než 5 kalendářních dní. U ostatních úrazů pak pracovní neschopnost zaměstnance trvala minimálně 3 kalendářní dny.“ [14]

Uživatel je povinen dodržovat bezpečnostní opatření daná výrobcem a při užívání manipulačního prostředku se řídit návodem k použití. Údržba, péče a také její frekvence se liší podle typu zařízení a pracovního prostředí, ve kterém se dané zařízení provozuje. Při správném zacházení se životnost a bezpečnost prodlužuje. Pravidelnou údržbu by měl provádět vyškolený pracovník nebo servis. Bez souhlasu výrobce se nesmí provádět žádné technické úpravy, které by mohly zařízení poškodit nebo někoho ohrozit. [14]

3 SOUHRN TEORETICKÝCH PONATKŮ

Již v dávných dobách byla potřeba přemísťování břemen na různé vzdálenosti. K umožnění těchto cílů a usnadnění fyzických prací se začali používat rozmanitá zdvihací a dopravní zařízení. Tyto zařízení se s potřebou zvedání větších a hmotnějších břemen neustále vyvíjela. Z toho důvodu dnes máme velké množství konstrukcí a typů. Správně zvolený stroj nám umožňuje zvýšit efektivnost manipulace a bezpečnost při práci. Následující praktická část se věnuje návrhu a konstrukci dílenského mechanického zvedacího zařízení, které má usnadnit umístování břemen na stůl obráběcího stroje.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

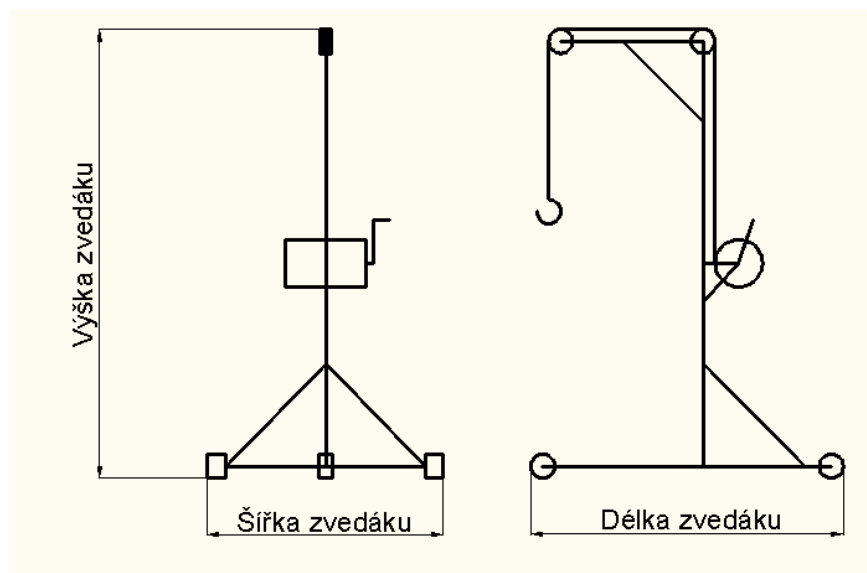
4 NÁVRH DÍLENSKÉHO ZVEDÁKU

4.1 Požadované parametry

Zvedací mechanismus se bude provozovat v dílenských podmínkách, proto bude mít omezený prostor k provozu. Musí tedy splňovat určité rozměrové vlastnosti, které byly změřeny přímo na dílně.

Požadované parametry:

Nosnost:	- 50 kg
Výška zvedáku:	- 1650 až 1750 mm
Délka zvedáku:	- 900 až 1100 mm
Šířka zvedáku:	- 600 až 700 mm
Šířka z vnitřní strany	- 500 až 600 mm
Pracovní výška stolu	- 900 až 1050 mm



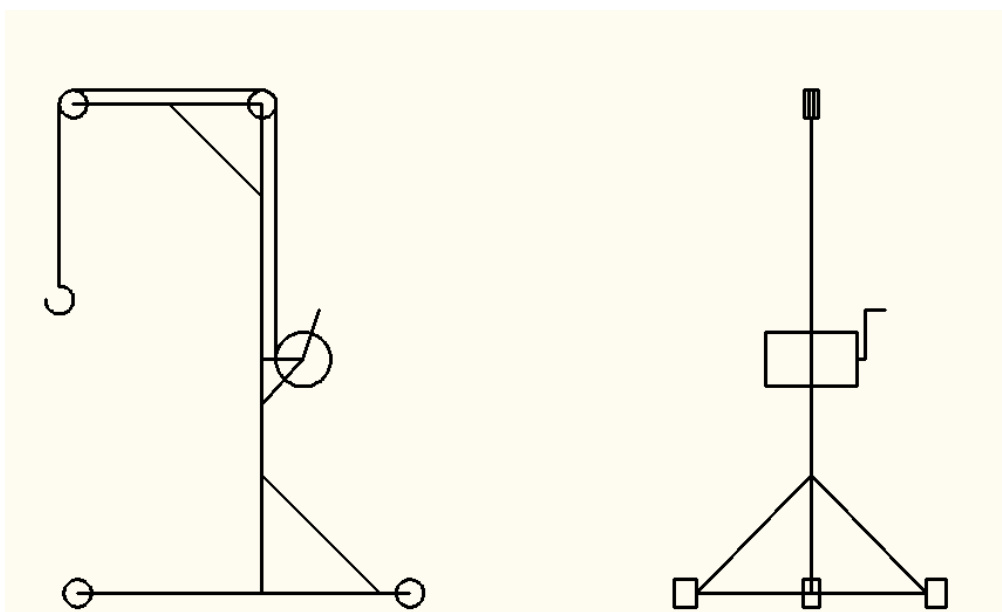
Obrázek 20: Parametry zvedáku

4.2 Návrh konstrukce

Podle požadovaných parametrů na zvedací zařízení bylo připraveno několik náčrtů konstrukčních provedení, ze kterých se pak následně vybral ten nejvhodnější. Ten musel splňovat nejen požadované parametry, ale také musel mít nízké náklady na výrobu, snadnou manipulaci, atd. Podle typu konstrukce zvedáku byly navrženy tyto zvedáky:

- Lanový zvedák
- Šroubový zvedák
- Hřebenový zvedák

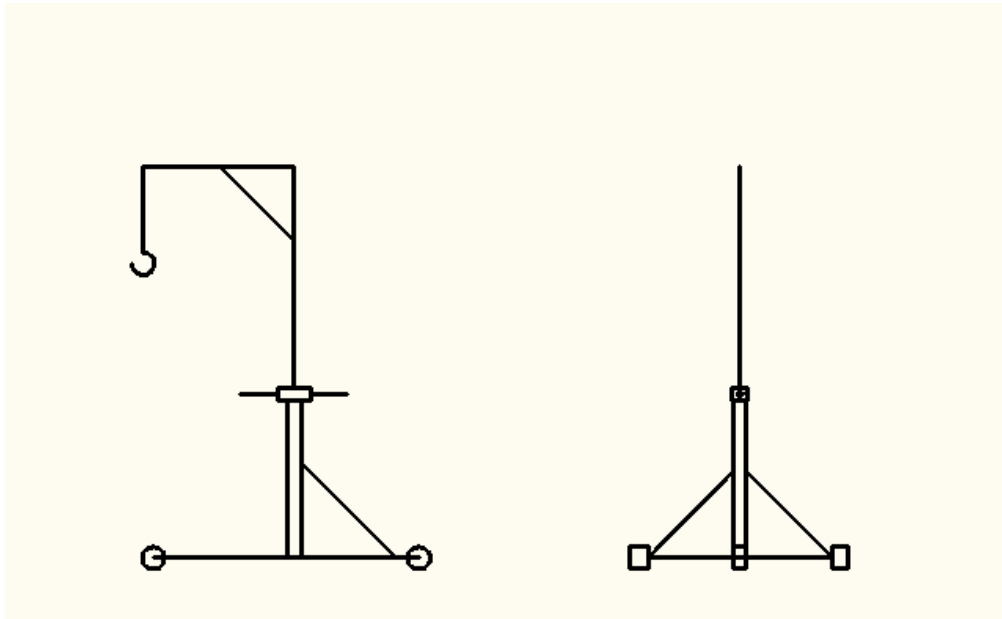
4.2.1 Návrh číslo 1. - lanový zvedák



Obrázek 21: Náčrt lanového zvedáku

Zvedací zařízení pracuje na principu jednoduché kladky, to znamená, že se břemeno zvedá pomocí lana, které prochází přes kladku a je navíjeno na buben. Zpětnému pohybu zabraňuje západka zajištěná pružinou. Navíjecí buben lana je ovládán ručně pomocí kliky a soustavy dvou ozubených kol. Pohyb pro pojíždění obstarává obsluha zařízení. Výhodou této konstrukce je snadné a rychlé ovládání. Nevýhodou je však možné rozkývání břemene při zdvihu a pojezdu.

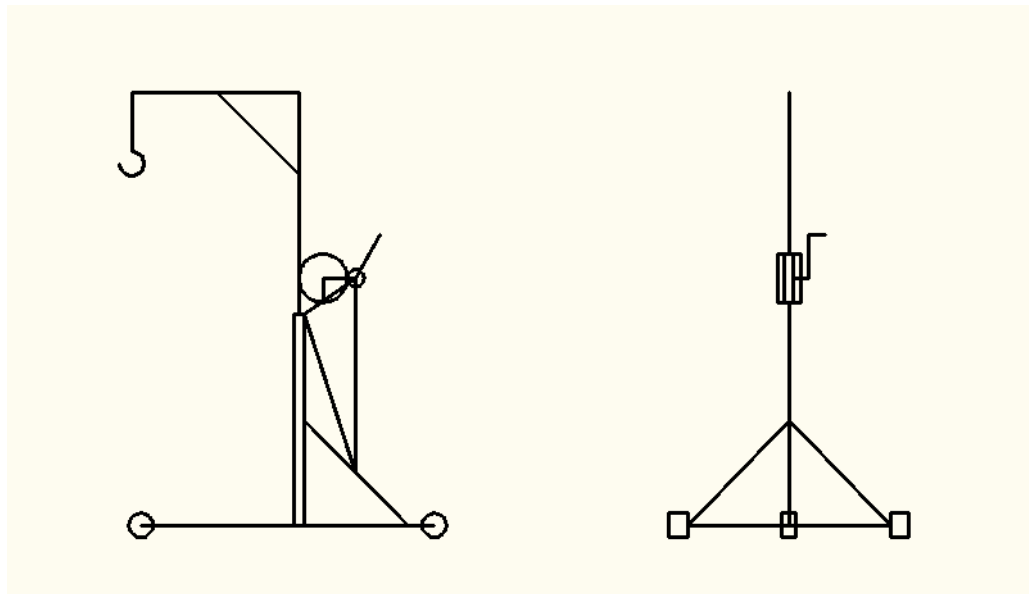
4.2.2 Návrh číslo 2. – šroubový zvedák



Obrázek 22: Náčrt šroubového zvedáku

Tento typ zvedáku zvedá břemeno pomocí samosvorného šroubu procházejícího maticí umístěné na podstavci. Matice je vyrobena z bronzu, tím se zamezuje velkému tření při otáčení. Otáčení ramene zabraňuje klín vložený v drážce zhotovené v samosvorném šroubu. Velkou výhodou je jednoduchost a snadná obsluha. Nevýhodou je ale nízká účinnost, vysoká výrobní cena a pomalé ovládání zdvihu či spouštění břemene.

4.2.3 Návrh číslo 3. – hřebenový zvedák



Obrázek 23: Náčrt hřebenového zvedáku

Tato konstrukce zvedacího zařízení je postavena na předloze hřebenového zvedáku. Otáčivá síla, která působí na kliku, se přenáší přes ozubené převodové soukolí na ozubený hřeben. Zpětnému pohybu se zabraňuje pomocí západky, která je přitlačena k západkovému kolu pružinou. Velmi značnou nevýhodou je velká náročnost na výrobu hřebenu a s tím související výrobní cena.

4.3 Volba zvedacího zařízení

Díky snadné konstrukci, jednoduché manipulaci při zvedání a nízkým výrobním nákladům byl zvolen lanový zvedák.

5 VÝPOČTY A VOLBY SOUČÁSTÍ

5.1 Výpočet a volba lana

5.1.1 Výpočet síly zatížení svislého lana

$$F_1 = \frac{(m_Q + m_G) \cdot g}{N_s \cdot \eta} \quad (1)$$

$$F_1 = \frac{(50 + 10) \cdot 9,81}{1 \cdot 0,97}$$

$$F_1 = 606,804 \text{ N}$$

kde:

m_Q – je hmotnost břemene [kg]

m_G – vlastní hmotnost částí zvedaných současně s břemenem (hák, kladnice, kleště, apod.) [kg].

N_s – počet nosných průřezů lanového převodu

η – účinnost lanového převodu [-]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

5.1.2 Výpočet jmenovité pevnosti svislého lana

$$F_D = \frac{F_P}{k} \geq F_1 \quad (2)$$

$$F_P = F_1 \cdot k \quad (3)$$

$$F_P = \frac{606,804}{1000} \cdot 4,1$$

$$F_P = 2,488 \text{ kN}$$

kde:

F_D – maximální dovolené zatížení lana [N]

F_P – je jmenovitá pevnost lana [kN]

F_1 – skutečné zatížení [N]

k – součinitel bezpečnosti [-]

5.1.3 Výpočet průměru svislého lana

$$F_i = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{S_{nl}}{S_{nl}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \gamma \geq H \cdot \frac{S}{\sigma_{dov t}} \quad (4)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4S}{\pi \cdot \gamma \cdot \sigma_{dov t}}} = e\sqrt{S} \quad (5)$$

$$d = e\sqrt{S} \quad (6)$$

$$d = 0,276\sqrt{61,16}$$

$$d = 2,16 \text{ mm}$$

kde

S_1 – je plocha kruhu s jmenovitým průměrem lana [mm^2]

S_{ln} – nosný průřez lana [mm^2]

$\gamma = F/F_0$ = plnost průřezu lana = 0,455 až 0,528 podle druhu lana

$\sigma_{dov t}$ – dovolené namáhání materiálu lana v tahu [kp/mm^2],

vypočítané z pevnosti drátů $\sigma_{Pt} = 160$ až $180 \text{ kp}/\text{mm}^2$ při součiniteli bezpečnosti $k = 4,5$ (ruční kladkostroj)

e – hodnota dle tabulek [1]

5.1.4 Celková délka lana

$$L_c = H + \check{S} + H_b + \pi \cdot \frac{D_k}{2} \quad (7)$$

$$L_c = 1600 + 620 + 700 + \pi \cdot \frac{100}{2}$$

$$L_c = 3077 \text{ mm} \cong 3,08 \text{ m}$$

kde:

\check{S} – je vzdálenost mezi kladkami [mm]

H_b – vzdálenost bubnu a kladkou [mm]

H – výška zdvihu lana [mm]

Pro vyšší bezpečnost a lepší viditelnost bylo zvoleno lano o větším průměru. Bylo vybráno ocelové šestipramenné lano $6 \times 19 = 114$ drátů (ČSN 02 4322, DIN 3060) dlouhé 3,5 m, vinuté klasickým způsobem, středně ohebné o průměru $d = 5$ mm a únosnosti lana 15,72 kN, při jmenovité pevnosti drátu 1770 MPa. Lano je vhodné pro použití u jeřábů, výtahů, zdvihadel, lanovek apod. Lano se při montáži zkrátí na požadovaný rozměr. Na obou koncích se začínuje, aby se netřepilo.

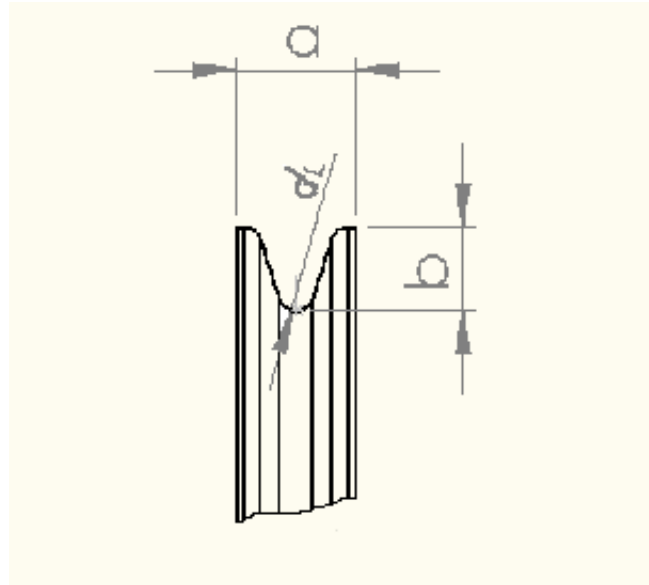


Obrázek 24: Ocelové lano

5.2 Výpočet a volba kladky

5.2.1 Výpočet průměru kladky

Pro výpočet průměrů vodících kladek musí být splněna podmínka $D_k/d \geq 22$ až 30, kde D_k je průměr kladky vedený středem lana a d průměr lana.



Obrázek 25: Kladka

$$D_k = \alpha \cdot d_L \quad (8)$$

$$D_k = 20 \cdot 5$$

$$D_k = 100 \text{ mm}$$

kde:

D_k – průměr kladky vedený středem lana [mm]

α – součinitel závislý na skupině jeřábů podle ČSN 27 0310 [-]

d_L – jmenovitý průměr lana [mm]

5.2.2 Výpočet jmenovitého průměru kladky

$$D_{jk} = D_k - d_L \quad (9)$$

$$D_{jk} = 100 - 5$$

$$D_{jk} = 95 \text{ mm}$$

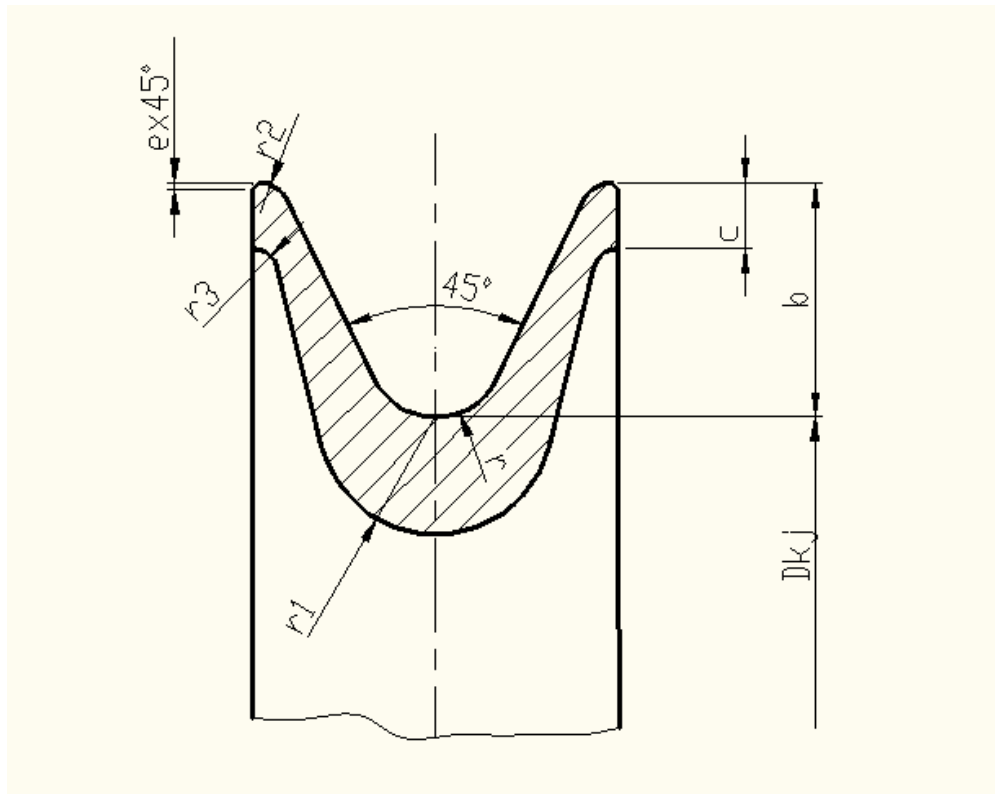
kde:

D_k – průměr kladky [mm]

D_{jk} – jmenovitý průměr kladky [mm]

d_L – jmenovitý průměr lana [mm]

5.2.3 Rozměry drážky kladky



Obrázek 26: Rozměry kladky

Pro průměr lana $d=5\text{mm}$ náleží tyto rozměry kladky:

$r = 2,7\text{mm}$; $a=18\text{mm}$; $b=12,5\text{mm}$; $c=4\text{mm}$; $e = /$; $r_1=6\text{mm}$; $r_2=2\text{mm}$; $r_3=1\text{mm}$

Dle výpočtů se vybrala kladka o jmenovitém průměru $d_{jk} = 100\text{ mm}$.

5.2.4 Výpočet čepu pro volnou kladku

Volen čep o průměru $d_{\text{čk}} = 12\text{ mm}$ materiálu 11 500

5.2.4.1 Výpočet síly působící na kladku od břemene

$$F_b = m_b \cdot g \quad (10)$$

$$F_b = 60 \cdot 9,81$$

$$F_b = 588,6\text{N}$$

kde:

F_b – síla působící na kladku od břemene [N]

m_b – hmotnost břemene [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

5.2.4.2 Výpočet síly působící na čep kladky

$$F_{ck}^2 = \sqrt{F_b^2 + F_b^2} \quad (11)$$

$$F_{ck}^2 = \sqrt{588,6^2 + 588,6^2}$$

$$F_{ck} = 832,41\text{N}$$

kde:

F_b – síla působící na kladku od břemene

F_{ck} – síla působící na čep kladky

5.2.4.3 Výpočet maximálního ohybového napětí čepu kladky

$$M_{0max} = \frac{F_c \cdot l_{čk}}{4} \quad (12)$$

$$M_{0max} = \frac{832,41 \cdot 80}{4}$$

$$M_{0max} = 16,65 \cdot 10^3 \text{Nmm}$$

kde:

M_{0max} – maximální ohybový moment [Nmm]

$l_{čk}$ – jmenovitý průměr kladky [mm]

F_c – síla působící na čep [N]

5.2.4.4 Návrh průměru čepu kladky

$$\sigma_{čk} = \frac{M_{0max}}{W_0} \leq \sigma_{dov} \quad (13)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{0max}}{\frac{\pi d_{čkmin}^3}{32}}$$

$$d_{čkmin} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{0max}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}}$$

$$d_{čkmin} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 16,65 \cdot 10^3}{\pi \cdot 135}}$$

$$d_{čkmin} = 10,79 \text{ mm}$$

kde:

$\sigma_{čk}$ – napětí materiálu v ohybu [MPa]

M_{0max} – maximální ohybový moment [Nmm]

W_0 – průřezový modul v ohybu

σ_{dov} – dovolené napětí materiálu v ohybu [MPa]

$d_{čkmin}$ – minimální průměr čepu kladky [mm]

5.2.4.5 Kontrola čepu kladky na stříh

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S_{čk}} \leq \tau_{ds} \quad (14)$$

$$\tau_s = \frac{F_b}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_{čkmin}^2}{4} \right)}$$

$$\tau_s = \frac{832,41}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 10,79^2}{4} \right)}$$

$$\tau_s = 4,55 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{dovs}$$

$$4,55 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa}$$

kde:

τ_s – smykové napětí materiálu [MPa]

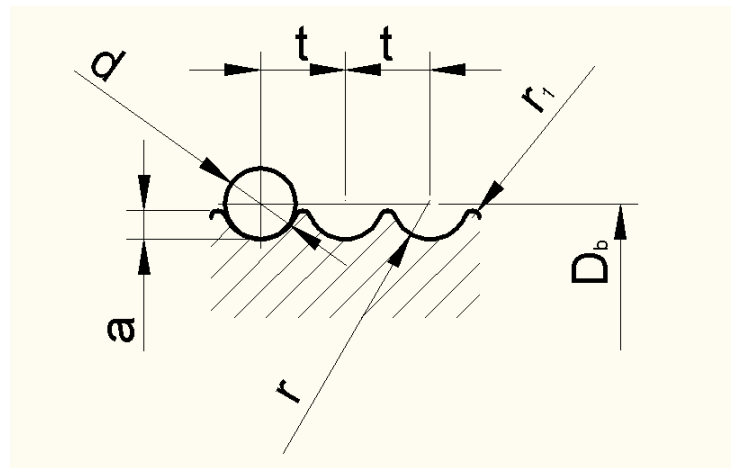
τ_{dovs} – dovolené smykové napětí [MPa]

$d_{čkmin}$ – minimální průměr čepu kladky [mm]

Zvolený čep kladky o průměru $d_{\text{čk}} = 12$ mm materiálu 11 500 tedy vyhovuje.

5.3 Výpočet a volba lanového bubnu

5.3.1 Drážka lanového bubnu



Obrázek 27: Drážka lanového bubnu

Normalizované rozměry bubnu dle Tabulky 1.

t – rozteč závitů na lanovém bubnu [mm]

a – hloubka závitu [mm]

r – poloměr zaoblení vrcholu drážky závitu [mm]

r_1 – poloměr zaoblení drážky lanového bubnu [mm]

Tabulka 1: Drážka lanového bubnu [8]

r	Průměr lana d			a	t	r_1
2	3,55	4		1,5	4,5	0,5
2,7	4,5	5		2	6	0,5
3,5	6,3			2,5	7,5	0,5
5	8	9	9,5	3	10,5	1
6	10	10,6	11,2	3,5	12,5	1

5.3.2 Průměr lanového bubnu

$$D_b = d \cdot \alpha_p \quad (15)$$

$$D_b = 5 \cdot 18$$

$$D_b = 90 \text{ mm}$$

kde

D_b – je nejmenší dovolený základní průměr lanového bubnu vztažený na střed lana [mm]

d – je jmenovitý průměr lana [mm]

α_p – součinitel závislí na provozu a lanového bubnu [-]

Dle normy ČSN 27 1820 byl volen průměr lanového bubnu vztažený na střed lana $D_b = 100 \text{ mm}$.

5.3.3 Navíjená délka lana

$$L = i_k \cdot H \quad (16)$$

$$L = 1 \cdot 1,6 \text{ m}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

kde

L – je navíjená délka lana [m]

i_k – lanový převod [-]

H – výška zdvihu břemene [m]

5.3.4 Počet závitů lana na lanovém bubnu

$$z_b = \frac{L n l}{\pi \cdot D_b} + 2 \quad (17)$$

$$z_b = \frac{1600}{\pi \cdot 100} + 2$$

$$z_b \doteq 8 \text{ závitů}$$

kde

z_b – je počet závitů lana [-]

L_{nl} – navíjená délka [mm]

D_b – průměr lanového bubnu vztažený na střed lana [mm]

5.3.5 Délka lanového bubnu

$$L = z_b \cdot t \quad (18)$$

$$L = 8 \cdot 6$$

$$L = 48 \text{ mm}$$

$$L_1 = t \cdot 4 \quad (19)$$

$$L_1 = 6 \cdot 4$$

$$L_1 = 24 \text{ mm}$$

$$L_b = 2 \cdot L_1 + L \quad (20)$$

$$L_b = 2 \cdot 24 + 48$$

$$L_b = 96 \text{ mm}$$

kde

L – je délka závitové části lanového bubnu [mm]

L_1 – délka krajní části bubnu – bez závitu pro lano [mm]

L_b – celková délka bubnu [mm]

L_b – je Celková délka lanového bubnu [mm]

t – rozteč drážek lanového bubnu [mm]

z_b – počet závitů lanového bubnu [-]

5.3.6 Přibližná tloušťka stěny bubnu

$$s = 0,8 \cdot d \quad (21)$$

$$s = 0,8 \cdot 5$$

$$s = 4 \text{ mm}$$

kde:

s – je přibližná tloušťka stěny bubnu [mm]

d – je jmenovitý průměr lana [mm]

Pro výrobu lanového bubnu byl volen válcový materiál o průměru 100mm a délky 96mm z oceli 11 373. Boční stěny bubnu s tloušťkou 5mm se k bubnu přivaří. Lanová drážka se může vypustit po dohodě se zákazníkem.

5.4 Výpočet a volba čepu pojezdového kola

Průměr čepu volen $d_{\text{c}} = 20$ mm materiál 11 500

Hmotnost zvedacího zařízení vypočtené programem Solid Works $m_z = 68$ kg

Výpočet síly působící na kola od zvedacího zařízení

$$F_z = m_z \cdot g \quad (22)$$

$$F_z = 68 \cdot 9,81$$

$$F_z = 667,08\text{N}$$

kde:

F_z – síla působící na čep [N]

m_z – hmotnost zvedáku [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

Výpočet síly působící na kola od břemene

$$F_b = m_b \cdot g \quad (23)$$

$$F_b = 60 \cdot 9,81$$

$$F_b = 588,6\text{N}$$

kde:

F_b – síla působící na kladku od břemene [N]

m_b – hmotnost břemene [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

Výpočet celkové síly působící na kola

$$F_c = F_z + F_b + F_d \quad (24)$$

$$F_{\check{c}c} = 667,08 + 588,6 + 744,32$$

$$F_c = 2000 \text{ N}$$

kde:

F_c – síla působící na kolo [N]

F_z – síla působící na kolo od zvedáku [N]

F_b – síla působící na kladku od břemene [N]

F_d – síla působící na kladku od obsluhy [N]

5.4.1 Výpočet maximálního ohybového napětí čepu pojezdového kola

$$M_{0\max} = \frac{F_c \cdot l_{\check{c}kol}}{4} \quad (25)$$

$$M_{0\max} = \frac{2000 \cdot 80}{4}$$

$$M_{0\max} = 40 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

kde:

$M_{0\max}$ – maximální ohybový moment [Nmm]

$l_{\check{c}kol}$ – délka čepu kola [mm]

F_c – síla působící na čep kola [N]

5.4.2 Návrh průměru čepu pojezdového kola

$$\sigma_{\check{c}k} = \frac{M_{0max}}{W_0} \leq \sigma_{dov} \quad (26)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{0max}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}kolmin}^3}{32}}$$

$$d_{\check{c}kolmin} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{0max}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}}$$

$$d_{\check{c}kolmin} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 40 \cdot 10^3}{\pi \cdot 135}}$$

$$d_{\check{c}kolmin} = 14,45 \text{ mm}$$

kde:

$\sigma_{\check{c}k}$ – napětí materiálu v ohybu [MPa]

M_{0max} – maximální ohybový moment [Nmm]

W_0 – průřezový modul v ohybu

σ_{dov} – dovolené napětí materiálu v ohybu [MPa]

$d_{\check{c}kolmin}$ – minimální průměr čepu kola [mm]

5.4.3 Kontrola čepu pojezdového kola na střih

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S_{\check{c}k}} \leq \tau_{ds} \quad (27)$$

$$\tau_s = \frac{F_b}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_{\check{c}kolmin}^2}{4} \right)}$$

$$\tau_s = \frac{2000}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 14,45^2}{4} \right)}$$

$$\tau_s = 6,10 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{dovs}$$

$$6,10 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa}$$

kde:

τ_s – smykové napětí materiálu [MPa]

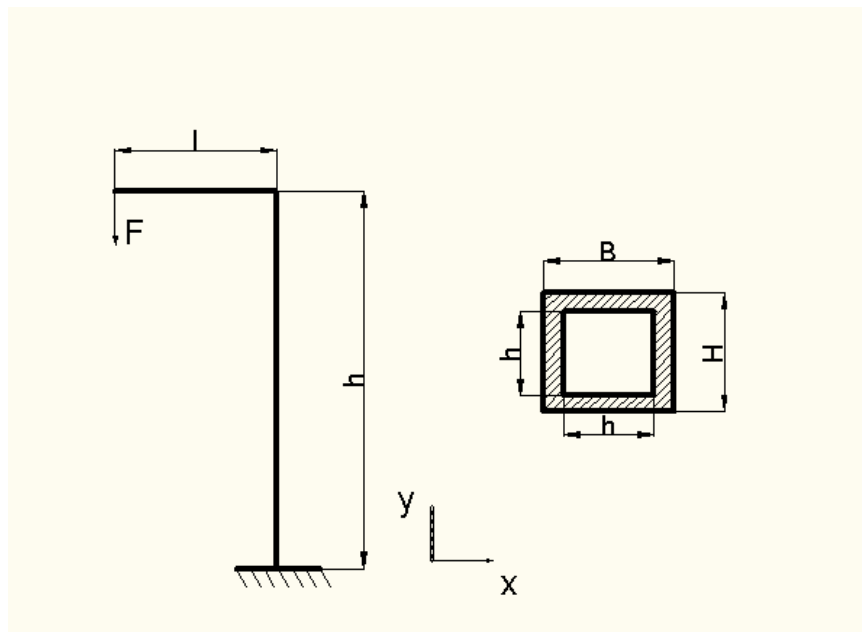
τ_{dovS} – dovolené smykové napětí [MPa]

$d_{\check{c}kolmin}$ – minimální průměr čepu kola [mm]

Zvolený čep pojezdového kola o průměru $d_{\check{c}kol} = 20$ mm materiálu 11 500 tedy vyhovuje.

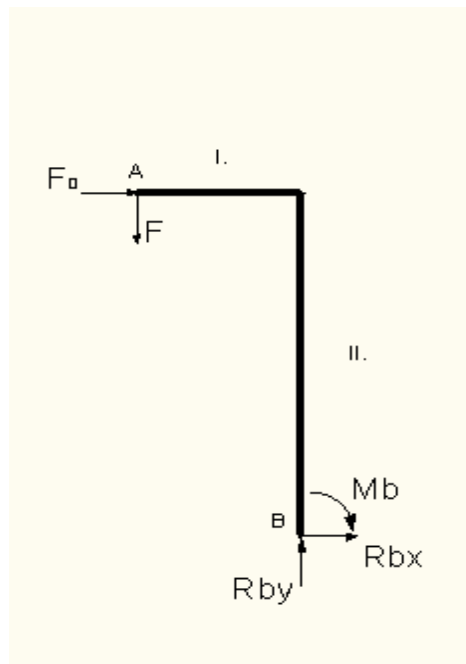
5.5 Určení Deformace pro nominální zatížení prutu daného tvaru a průřezu.

Pro výpočet byl použit zjednodušený model lanového zvedáku. U řešení skutečného modelu by bylo mnohem složitější.



Obrázek 28: Zjednodušený model zvedáku

5.5.1 Určení reakcí z podmínek statické rovnováhy:



Obrázek 29: Uvolnění

$$\sum_i^n F_{i,x} = 0 \rightarrow R_{Bx} + F_0 = 0 \rightarrow R_{Bx} = -F_0 = 0 \text{ N} \quad (28)$$

$$\sum_i^n F_{i,y} = 0 \rightarrow F + R_{By} = 0 \rightarrow R_{By} = -F = -600 \text{ N}$$

$$\sum_i^n M_{i,B} = 0 \rightarrow F \cdot l + F_0 \cdot h + M_B = 0 \rightarrow \quad (29)$$

$$M_B = -F \cdot l - F_0 \cdot h = -600 \cdot 620 - 0 \cdot 400 = -372000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

kde:

R_{Bx} – reakce v ose x [N]

R_{By} – reakce v ose y [N]

F – síla působící od břemene [N]

F_0 – dosazená síla pro výpočet [N]

h_t – šířka vnější strany tyče [mm]

5.5.2 Průběh M_0 – metoda řezu:

$$M_I(x) = F \cdot x \quad , \text{kde } x \text{ náleží intervalu } \{0, l\} \quad (30)$$

$$M_{II}(y) = F \cdot l + F_0 \cdot y \quad , \text{kde } y \text{ náleží intervalu } \{0, h\} \quad (31)$$

Dosazení:

$$M_I(x=0) = F \cdot 0 = 600 \cdot 0 = 0 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_I(x=l) = F \cdot l = 600 \cdot 620 = 372000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{II}(y=0) = F \cdot l + F_0 \cdot 0 = 600 \cdot 620 + 0 \cdot 0 = 372000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{II}(y < h) = F \cdot l + F_0 \cdot h = 600 \cdot 620 + 0.1312 = 372000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

kde:

M_I – Ohybový moment v řezu I. [Nmm]

M_{II} – Ohybový moment v řezu II. [Nmm]

F – síla působící od břemene [N]

F_0 – dosazená síla pro výpočet [N]

l – délka ramene [mm]

h – výška sloupu [mm]

5.5.3 Průběh příčných T a osových sil N:

$$T_I(x < 0) = 0 \text{ N} \quad (32)$$

$$T_I(x > 0) = F = 600 \text{ N}$$

$$T_I(x < l) = F = 600 \text{ N}$$

$$T_I(x > l) = F + R_{By} = 600 - 600 = 0 \text{ N}$$

$$T_{II}(y < 0) = 0 \text{ N}$$

$$T_{II}(y>0) = F_0 = 0N$$

$$T_{II}(y<h) = F_0 = 0N$$

$$T_{II}(y>h) = F_0 + R_{Bx} = 0N$$

$$N_I(x<0) = 0N \quad (33)$$

$$N_I(x>0) = F_0 = 0N$$

$$N_I(x<l) = F_0 = 0N$$

$$N_I(x>l) = F_0 + R_{Bx} = 0N$$

$$N_{II}(y<0) = 0N$$

$$N_{II}(y>0) = -F = -600N$$

$$N_{II}(y<h) = -F = -600N$$

$$N_{II}(y>h) = -F - R_{By} = -600 - (-600) = 0N$$

kde:

R_{Bx} – reakce v ose x [N]

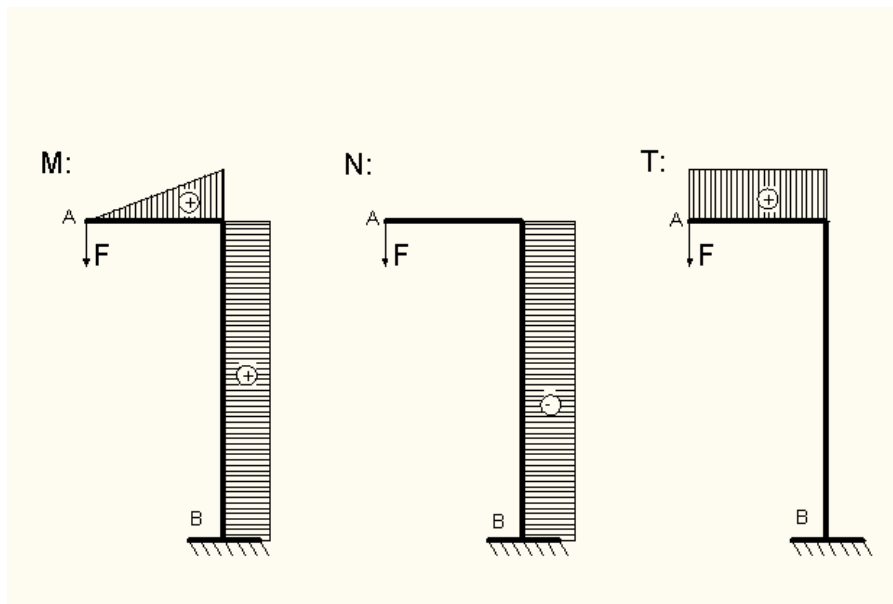
R_{By} – reakce v ose y [N]

F – síla působící od břemene [N]

F_0 – dosazená síla pro výpočet [N]

N – osová síla [N]

T – příčná síla [N]

5.5.4 Graficky znázorněný průběh M_0 , N a T :

Obrázek 30: Průběhy Ohybového momentu, tečných a normálových sil

5.5.5 Výpočet deformace (úhel natočení bodu A):

$$J = \frac{B \cdot H_t^3}{12} - \frac{b \cdot h_t^3}{12}$$

$$J = \frac{40^4}{12} - \frac{30^4}{12} \quad (34)$$

$$J = 145833,33 \text{ mm}^4$$

kde:

 J – průřezový modul tyče [mm^4] B – šířka vnější strany tyče [mm] b – šířka vnitřní strany tyče [mm] H_t – šířka vnější strany tyče [mm] h_t – šířka vnější strany tyče [mm]

$$\varphi_i = \frac{\partial A}{\partial M_i} \quad (35)$$

$$\text{kde: } A = \frac{1}{2.E.J} \cdot \int_0^l M_{I(x)}^2 dx + \int_0^h M_{II(y)}^2 dy$$

$$\varphi_i = \frac{\partial A}{\partial M_i} = \frac{1}{2.E.J} \cdot \frac{\partial \left(\int_0^l M_{I(x)}^2 dx + \int_0^h M_{II(y)}^2 dy \right)}{\partial M} = \frac{1}{2.E.J} \cdot \left(\int_0^l M_{I(x)} dx + \int_0^h M_{II(y)} dy \right)$$

$$\varphi_i = \frac{1}{2.E.J} \cdot \left(2 \cdot \int_0^l (F \cdot x) dx + 2 \cdot \int_0^h (F.l + F_0 \cdot y) dy \right) = \frac{1}{E.J} \cdot \left(\int_0^l (F \cdot x) dx + \int_0^h (F.l + F_0 \cdot y) dy \right)$$

$$\varphi_i = \frac{1}{E.J} \cdot \left(F \cdot \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^l + F.l \cdot [y]_0^h + F_0 \cdot \left[\frac{y^2}{2} \right]_0^h \right) = \frac{1}{E.J} \cdot \left(F \cdot \frac{l^2}{2} + F.l.h \right)$$

$$\varphi_i = \frac{1}{210000.145833,33} \cdot \left(600 \cdot \frac{620^2}{2} + 600.620.1312 \right) = 0,019$$

kde:

J – průřezový modul tyče [mm⁴]

E – modul pružnosti [-]

M_i – ohybový moment v ohybu [Nmm]

φ_i – úhel natočení [°]

5.5.6 Výpočet deformace (posuv bodu A ve směru osy x)

$$\delta_{Ax} = \partial A / \partial F_0 \quad (36)$$

$$\text{kde: } A = 1/2EJ \left(\int_0^l M_{I(x)}^2 dx + \int_0^h M_{II(y)}^2 dy \right)$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2 \cdot E \cdot J} \cdot \left(\int_0^l (F \cdot x)^2 dx + \int_0^h (F \cdot l + F_0 \cdot y)^2 dy \right) \\
 \delta_{Ax} &= \frac{1}{2 \cdot E \cdot J} \cdot \left(\int_0^l 2 \cdot F \cdot x^2 \cdot dx + \int_0^h (2 \cdot F \cdot l^2 + 2 \cdot l \cdot F_0 \cdot y \cdot dy) \right) = \\
 \delta_{Ax} &= \frac{1}{2 \cdot E \cdot J} \cdot \left(\frac{2 \cdot F}{3} \cdot [x^3]_0^l + 2 \cdot F \cdot l^2 \cdot [y]_0^h + \frac{2 \cdot l \cdot F_0}{2} \cdot [y^2]_0^h \right) = \\
 \delta_{Ax} &= \frac{1}{2 \cdot E \cdot J} \cdot \left(\frac{2 \cdot 600 \cdot 620^3}{3} + 2 \cdot 600 \cdot 620^2 \cdot 1312 \right) = 11,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

kde:

J – průřezový modul tyče [mm^4]

E – modul pružnosti

M_i – ohybový moment v řezu

δ_{Ax} – posunutí v bodě A [mm]

5.5.7 Výpočet mezního zatížení z pevnostní podmínky na ohybové napětí:

$$\sigma_{Omax} = \frac{M_{Omax \sigma_K} \cdot J}{\frac{h}{2}} \quad (37)$$

$$M_{Omax \sigma_K} = \sigma_{max} \cdot \frac{J}{\frac{h}{2}} = \sigma_K \cdot \frac{J}{\frac{h}{2}} = 210 \cdot \frac{145833,33}{15} = 2041666,66 \text{ N.mm}$$

kde:

σ_{Omax} – maximální povolené zatížení zvedáku [MPa]

$M_{Omax \sigma_K}$ – mezní ohybový moment [Nmm]

J – ohybový modul tyče [mm^4]

výpočet z přímé úměry:

$$F_{\max} = \frac{M_{O_{\max} \sigma_K} \cdot F}{M_{O_{\max}}} = \frac{2041666,66 \cdot 600}{372000} = 3293,61 \text{ N} \quad (38)$$

kde:

$M_{O_{\max}}$ – maximální ohybový moment [Nmm]

$M_{O_{\max} \sigma_K}$ – mezního moment v ohybu [Nmm]

F_{\max} – mezní zatížení zvedáku [N]

F – síla působící od břemene [N]

5.6 Výpočet namáhání konstrukce zvedáku na vzpěr

Z Eulerovi rovnice můžeme vypočítat rozměry součásti a zkontrolovat míru bezpečnosti.

Eulerův vztah pro výpočet vzpěrové pevnosti pro pružný vzpěr:

$$F \leq \frac{F_{kr}}{k} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{k \cdot l_0^2} \quad (39)$$

$$\lambda > \lambda_m \Rightarrow \text{počítání podle Eulera} \quad (40)$$

kde:

λ – štíhlost [-]

λ_m – mezní štíhlost [-]

F_{kr} – mezní zatížení zvedáku [N]

F – síla působící od břemene [N]

l_0 – redukovaná délka vzpěry [mm]

k – koeficient bezpečnosti [-]

E – modul pružnosti [MPa]

I – osový moment setrvačnosti [-]

Tetmajerův způsob výpočtu pro nepružný vzpěr se užívá jen pro kontrolu míry bezpečnosti u součástí již navržené. Pevnostní podmínka dle Tetmajera:

$$F \leq \frac{F_{kr}}{k} = \frac{\sigma_{kr} \cdot S_{tr}}{k} \quad (41)$$

$$\lambda < \lambda_m \Rightarrow \text{počítání podle Tetmajera} \quad (42)$$

kde:

λ – štíhlost [-]

λ_m – mezní štíhlost [-]

F_{kr} – mezní zatížení zvedáku [N]

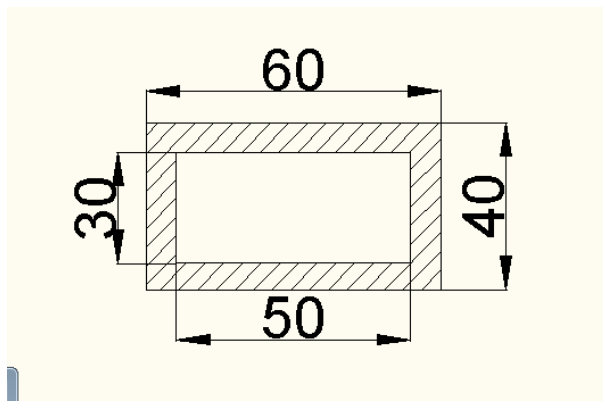
F – síla působící od břemene [N]

k – koeficient bezpečnosti [-]

S_{tr} – obsah průřezu trubky [mm²]

σ_{kr} – kritické napětí [MPa]

5.6.1 Kontrola stojiny na vzpěr



Obrázek 31: Průřez vzpěry

$$I = \frac{1}{12} \cdot (BH^3 - bh^3)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot (40 \cdot 60^3 - 30 \cdot 50^3) \quad (43)$$

$$I = 407500 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 l_0 &= 2 \cdot l_s \\
 l_0 &= 2 \cdot 1600 \\
 l_0 &= 3200 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \tag{44}$$

$$\begin{aligned}
 S_{tr} &= B \cdot H - b \cdot h \\
 S_{tr} &= 40 \cdot 60 - 30 \cdot 50 \\
 S_{tr} &= 900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}
 \tag{45}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}} \tag{46}$$

$$i = \sqrt{\frac{407500}{900}}$$

$$i = 21,28$$

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{l_0}{i} \\
 \lambda &= \frac{3200}{21,28} \\
 \lambda &= 150,38
 \end{aligned}
 \tag{47}$$

$$\lambda > \lambda_m$$

150.38 > 105 \Rightarrow počítání podle Eulera

$$F \leq \frac{F_{kr}}{k} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{k \cdot l_0^2}$$

$$F \leq \frac{F_{kr}}{k} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 407500}{2 \cdot 3200^2}$$

$$F \leq \frac{F_{kr}}{k} = 41240 \text{ N}$$

$$600 \text{ N} \leq 41240 \text{ N}$$

kde:

b – šířka vnitřní strany tyče [mm]

B – šířka vnější strany tyče [mm]

H – výška zdvihu břemene [mm]

- h – výška sloupu [mm]
 λ – štíhlost [-]
 λ_m – mezní štíhlost [-]
 i – poloměr setrvačnosti [-]
 I – osový moment setrvačnosti [-]
 S_{tr} – obsah průřezu trubky [mm²]
 F_{kr} – mezní zatížení zvedáku [N]
 F – síla působící od břemene [N]
 l_0 – redukovaná délka vzpěry [mm]
 k – koeficient bezpečnosti [-]
 E – modul pružnosti [MPa]

Zvolený profil vzpěry tedy vyhovuje.

5.7 Volba ložisek

5.7.1 Valivá ložiska

Ložiska budou umožňovat otáčecí pohyb lanového bubnu a poháněcí kliky. Pro lanový buben byla zvolena dle normy ČSN 02 4630 jednořadá kuličková ložiska typu 6004 s vnitřním průměrem $d=20\text{mm}$. Pro poháněcí kliky byla vybrána také ložiska typu 6004 s vnitřním průměrem $d=20\text{mm}$. Všechna ložiska jsou zapouzdřená z důvodu jejich bezúdržbovosti.

5.7.2 Kluzná ložiska

Byla vybrána pro zajištění otáčivého pohybu volných kladek. Pouzdro typu A dle ČSN 02 4499 s vnitřním průměrem $d=20\text{ mm}$, vnějším průměrem $D=18\text{ mm}$ a délkou $L=20\text{ mm}$ umožňuje dobrý chod bez mazání.

5.8 Volba ozubených kol

Ozubené kola slouží k přenášení a k převodu otáčivé síly kliky na buben v poměru 3,5. Byla vybrána kola s modulem $m=2$ a s osazením pro zajištění ložiska. Pro větší kolo bylo zvoleno 70 zubů a pro menší 20 zubů.

5.9 Volba bezpečnostních prvků

Zvedací zařízení obsahuje mnoho ostrých a pohyblivých částí a ty mohou pracovníka při obsluze zranit. Proto se tyto části lanového zvedáku musí něčím zakrýt. Některé části se mohou i označit výstražnou barvou.

Zakrytovány byly tyto části:

- Ozubené soukolí
- Lano

Části, které je možné zvýraznit výstražnou barvou:

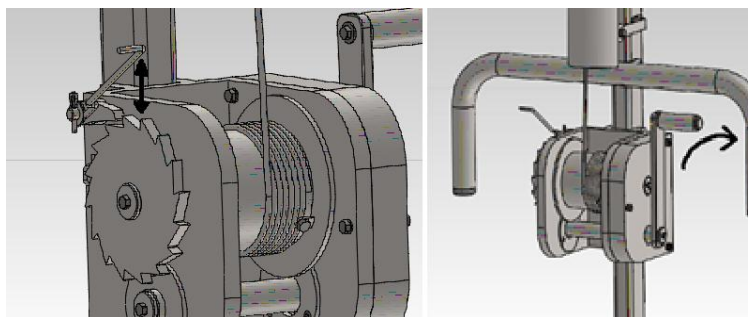
- Spodní část konstrukce
- Rameno zvedáku

6 NÁVOD K POUŽITÍ A ZÁSADY PRO OBSLUHU

6.1 Návod k použití

6.1.1 Zdvih břemene

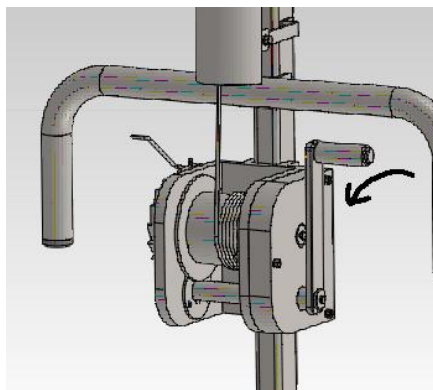
Provádí se pomocí kliky s rukojetí připevněné k lanovému bubnu. Otáčí se shora směrem od sebe. Zajištění proti samovolnému sjíždění umožňuje západka s tažnou pružinou umístěná na levé části bubnového držáku.



Obrázek 32: Posun západky a směr otáčení kliky
při zvedání

6.1.2 Spouštění břemene

Při spouštění musí obsluha dbát na to, aby pravá ruka držela kliku ještě před tím, než zvedne západku, a tak zajistit pozvolné spouštění, aby nedošlo k nežádoucímu pádu zvedaného břemene. Otáčí se klikou shora k sobě. Po dokončení spouštění se západka uvolní, dosáhne se tak zajištění zvedaného předmětu ve správné výšce.



Obrázek 33: Otáčení kliky
při spouštění

6.1.3 Popojíždění

Zvedací zařízení je vybaveno dvěma pevnými koly a jedním otočným, tím je zajištěno manévrování při pojezdu. Hybnou sílu udává obsluha pomocí madla, které je připevněno na hlavní konstrukci zvedáku. Břemeno se před popojížděním po dílně spustí dolů na paletu, tím se zabrání nechtěnému kývavému pohybu při pojezdu po dílně.

6.2 Hlavní zásady pro obsluhu

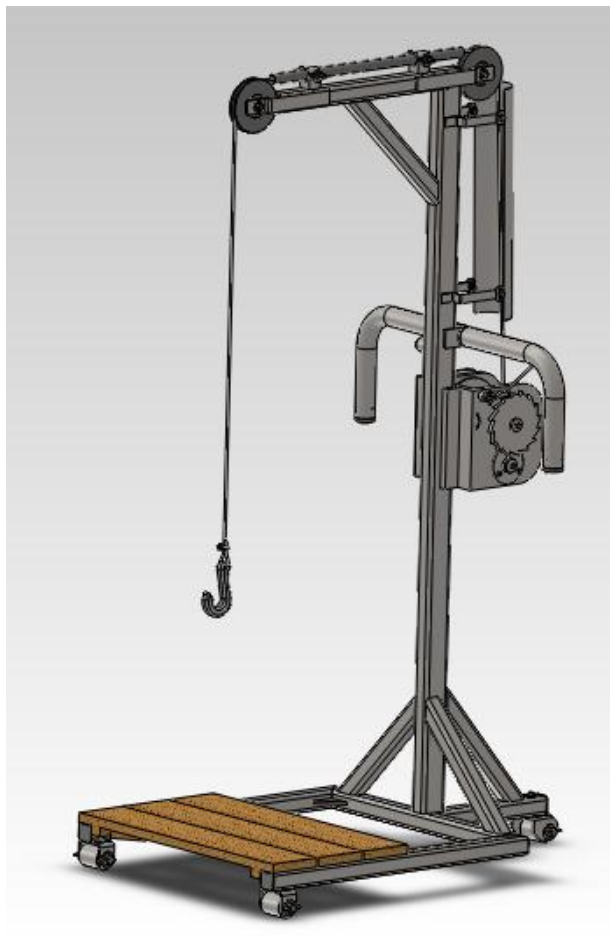
1. Hmotnost zvedaného břemene nesmí překročit 50 kg.
2. Zvedací zařízení smí obsluhovat jen osoba, která byla seznámena s bezpečností a ochranou zdraví při práci.
3. Před použitím zkontrolovat stav zařízení.
4. Při popojíždění, zvedání a spouštění sledovat pohyb břemene.
5. Při zvedání nebo spouštění se musí dbát na to, aby prostor pod i nad břemenem byl volný.
6. Zakazuje se:
 - zdržovat pod zvednutým břemenem
 - odcházet od zvedacího zařízení při zdviženém břemenu
 - dělat jakékoli samovolné úpravy na zařízení
 - zvedat osoby či zvířata

7 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

7.1 Výsledné parametry lanového zvedáku

Výsledné parametry:

Nosnost:	- 50 kg
Výška zvedáku:	- 1742 mm
Délka zvedáku:	- 1028 mm
Šířka zvedáku:	- 700 mm
Šířka z vnitřní strany	- 500 mm
Zdvih	- 0 až 1600 mm



Obrázek 34: Model výsledného zvedacího zařízení

7.2 Použité materiály

Ozubené kola	– ČSN 42 2721
Kladky	– ČSN 42 2415
Profily trubek	– ČSN 11 353
Držáky kladek a krytů	– ČSN 11 373
Kryty	– ČSN 11 373
Čepy	– ČSN 11 500
Hřídele	– ČSN 11 600
Západkové kolo	– ČSN 11 700
Západka	– ČSN 11 700
Lanový buben	– ČSN 11 373
Víčka ložisek	– ČSN 11 373
Držáky kol	– ČSN 11 700
Kolečka	– ČSN 11 373
Tyč na ovládání západky	– ČSN 11 373
Nenormalizované podložky	– ČSN 11 423
Vložka kluzného ložiska	– CuSn6 ČSN 42 3016
Ozubená kola	– ČSN 11 600
Normalizované díly	– dle svých norem

7.3 Konstrukce a rozměry součástí

Jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci obsažené v přílohách.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat řešení na téma zvedání břemen s ohledem na bezpečnost práce a určit parametry spolu s vypracováním konstrukčního řešení dílenského mechanického zvedáku. Práce byla rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou.

V první, teoretické části byly rozděleny a popsány jednotlivé zvedací zařízení. Byla naznačena též bezpečnost a ochrana zdraví při práci, která v dnešní době je nedílnou součástí politiky firem. Zvedací zařízení byla rozdělena do několika skupin, a to na zvedáky, jeřáby, výtahy a na stohovací a paletovací vozidla. Ke každé skupině bylo uvedeno několik důležitých zástupců a byl přidán také jejich krátký popis.

V druhé části práce byly zváženy tři návrhy mechanického dílenského zvedáku do 50kg s ručním pohonem, z těch byl pak následně vybrán lanový zvedák. Byl zvolen díky snadné konstrukci, jednoduché manipulaci při zvedání břemene a nízkým výrobním nákladům. Podle schématu bylo následně provedeno několik výpočtů na rozměr důležitých součástí (výpočet tloušťky ocelového lana, rozměrů lanového bubnu, atd.). Dále byla vytvořena kompletní výkresová dokumentace celého zvedacího zařízení. K dokumentaci je přiložen i jednoduchý návod k použití spolu s důležitými bezpečnostními zásadami pro obsluhu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTOŠ A KOL., Josef. *Strojnické tabulky*. Praha: SNTL, 1965. ISBN 04-206-65.
- [2] BUKOVČAN, Pavol. *Stavební stroje. 1.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982. 184 stran.
- [3] DVOŘÁK, Rudolf a kol. *Stroje*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 283 stran
- [4] DOBROVOLNÝ, B., K. ANDRLÍK a A. A. HOCH. *Malý technický naučný slovník*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. 1012 stran.
- [5] Ing. HŮLOVÁ, Marie CSc. *Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. první*. Praha: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0590-9.
- [6] Ing. CHOCHLA, Karel a kol. *Stroje*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961. 403 stran. SPN 17-61-43.
- [7] Ing. SKOPAL, Vlastimil, Ing. Jindřich ADÁMEK a Ing. Mojmír HOFÍREK. *Stavba a provoz strojů IV*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1982. 424 stran. SPN 04-235-82.
- [8] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky. 1. vyd.* Praha: Scientia, 1996, 578 s. ISBN 80-718-3008-9.
- [9] PELIKÁN, Petr. *Konstrukce hydraulického zvedáku pro osobní automobily. 2009-02-20*. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/10169>. Bakalářské práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Sámek David.
- [10] ŠIDÁK, Jaroslav. *Stroje*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. 276 stran. SPN 04-273-63.
- [11] Ing. KŘUPALA, Karel. *Dopravní stroje a zařízení* [online]. Vsetín, 2010 [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fmvpict.sosvsetin.cz%2Fweby%2Ft%2F2r%2Fsaz%2FSdilene%2520dokumenty%2F09.%2520Dopravn%25C3%25AD%2520stroje%2520a%2520za%25C5%2599%25C3%25ADzen%25C3%25AD.ppt>
- [12] Jeřáby. *Huismanequipment.com* [online]. [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <http://www.huismanequipment.com/cz/products/cranes>
- [13] Manipulace s břemeny. *Manutan Blog* [online]. 2006 [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <http://www.do24hodin.cz/manutanblog/?p=11>
- [14] PŘÍVORA, Jindřich. Údržba podniku. *BEZPEČNĚ S MANIPULAČNÍ TECHNIKOU v provozu i při údržbě* [online]. 2011 [cit. 2012-02-14]. Dostupné z:

<http://udrzbapodniku.cz/menu-gorne/artykuly/artikul/article/bezpecne-s-manipulacni-technikou-v-provozu-i-pri-udrzbe>

- [15] Zvedací zařízení. *Brano Group, a.s.* [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z:
<http://katalog.brano.cz/cs/zvedaci-zarizeni/>
- [16] *JEŘÁBY A ZDVIHACÍ TECHNIKA* [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z:
<http://www.iteco.cz/>
- [17] Konzolové jeřáby. *Tedox* [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z:
<http://www.tedox.cz/konzolove-jeraby>
- [18] Nůžkový zvedák 6603. *Vybaveni-pneuservis.cz* [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z:
<http://vybaveni-pneuservis.cz/nuzkovy-zvedak-6603-nosnost-4-2-t-4200-kg.html>
- [19] Komerční vozidla. *Tatra* [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z:
<http://www.tatra.cz/o-spolecnosti/galerie/fotografie/komercni-vozidla/>
- [20] KALÁB, Květoslav. *Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku. Vysokoškolská příručka.* [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z:
<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.347.vsb.cz%2Ffiles%2Fka101%2Fpripirucka-sroubovyzvedak.pdf>
- [21] Podzemní čtení. *Hornictví* [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z:
<http://www.hornictvi.info/cteni/bergwerk/034b.jpg>
- [22] Manipulační technika. *Mátl a Bula s.r.o.* [online]. [cit. 2012-02-16]. Dostupné z:
<http://www.matl-bula.cz/manipulacni-technika>
- [23] *Dopravní stroje a zařízení* [online]. 2006 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z:
<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fstudentsavs.ic.cz%2Fs23..doc>
- [24] Výtah bez strojovny. *Výtahy Voto* [online]. [cit. 2012-02-18]. Dostupné z:
<http://www.vytahy-voto.cz/lanove-vytahy-bez-strojovny-73>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a – hloubka závitů [mm]

b – šířka vnitřní strany tyče [mm]

B – šířka vnější strany tyče [mm]

d – je jmenovitý průměr lana [mm]

D_b – je nejmenší dovolený základní průměr lanového bubnu vztažený na střed lana [mm]

D_b – průměr lanového bubnu vztažený na střed lana [mm]

$d_{čkmin}$ – minimální průměr čepu kladky [mm]

$d_{čkolmin}$ – minimální průměr čepu kola [mm]

D_{jk} – jmenovitý průměr kladky [mm]

D_k – průměr kladky vedený středem lana [mm]

d_L – jmenovitý průměr lana [mm]

e – hodnota dle tabulek [24]

E – modul pružnosti [MPa]

F – síla působící od břemene [N]

S_{nl} – nosný průřez lana [mm²]

S_1 – je plocha kruhu s jmenovitým průměrem lana [mm²]

F – síla působící od břemene [N]

F_0 – dosazená síla pro výpočet [N]

F_1 – skutečné zatížení [N]

F_b – síla působící na kladku od břemene [N]

F_c – síla působící na kolo [N]

F_z – síla působící na kolo od zvedáku [N]

F_d – síla působící na kladku od obsluhy [N]

F_{ck} – síla působící na čep kladky [N]

F_D – maximální dovolené zatížení lana [N]

F_{max} – maximální možné zatížení [N]

F_{kr} – mezní zatížení zvedáku [N]

F_P – je jmenovitá pevnost lana ([kN

F_z – síla působící na čep [N]

F_{max} – mezní zatížení zvedáku [N]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

h – výška sloupu [mm]

h_t – šířka vnější strany tyče [mm]

H – výška zdvihu břemene [mm]

H_b – vzdálenost bubnu a kladkou [mm]

H_t – šířka vnější strany tyče [mm]

i_k – lanový převod [-]

I – osový moment setrvačnosti [mm^4]

J – průřezový modul tyče [mm^4]

i – poloměr setrvačnosti [-]

k – součinitel bezpečnosti [-]

l – délka ramene [mm]

l_s – délka vzpěry [mm]

l_0 – redukovaná délka vzpěry [mm]

- L – je délka závitové části lanového bubnu [mm]
- L_{n1} – je navíjená délka lana [mm]
- L_1 – délka krajní části bubnu – bez závitu pro lano [mm]
- L_b – je Celková délka lanového bubnu [mm]
- $l_{čk}$ – jmenovitý průměr kladky [mm]
- $l_{čkol}$ – délka čepu kola [mm]
- M_{0max} – maximální ohybový moment [Nmm]
- M_I – Ohybový moment v řezu I. [Nmm]
- M_{II} – Ohybový moment v řezu II. [Nmm]
- m_b – hmotnost břemene [kg]
- m_G – vlastní hmotnost částí zvedaných současně s břemenem (hák, kladnice, kleště, apod.) [kg]
- m_Q – je hmotnost břemene [kg]
- m_z – hmotnost zvedáku [kg]
- M_i – ohybový moment v řezu [Nmm]
- $M_{O_{max} \sigma_K}$ – mezního moment v ohybu [Nmm]
- η – účinnost lanového převodu [-]
- N – osová síla [N]
- N_s – počet nosných průřezů lanového převodu [-]
- r – poloměr zaoblení vrcholu drážky závitu [mm]
- r_1 – poloměr zaoblení drážky lanového bubnu [mm]
- R_{Bx} – reakce v ose x [N]
- R_{By} – reakce v ose y [N]
- S_{tr} – obsah průřezu trubky [mm²]

\check{S} – je vzdálenost mezi kladkami [mm]

t – rozteč drážek lanového bubnu [mm]

T – příčná síla [N]

W_0 – průřezový modul v ohybu [mm³]

z_b – je počet závitů lana [-]

z_b – počet závitů lanového bubnu [-]

α_p – součinitel závislí na provozu a druhu kladky [-]

α – součinitel závislí na skupině jeřábů podle ČSN 27 0310 [-]

δ_{A_x} – posunutí v bodě A [mm]

λ – štíhlost [-]

λ_m – mezní štíhlost [-]

$\gamma = F/F_0 =$ plnost průřezu lana = 0,455 až 0,528 podle druhu lana [-]

$\sigma_{\check{c}k}$ – napětí materiálu v ohybu [MPa]

σ_{kr} – kritické napětí [MPa]

σ_{Omax} – maximální povolené zatížení zvedáku [MPa]

$\sigma_{\check{c}k}$ – napětí materiálu v ohybu [MPa]

σ_{dov_t} – dovolené namáhání materiálu lana v tahu vypočítané z pevnosti drátů [kp/mm²]

σ_{dov} – dovolené napětí materiálu v ohybu [MPa]

$\sigma_{Pt} = 160$ až 180 kp/mm² při součiniteli bezpečnosti $k = 4,5$ (ruční kladkostroj)

φ_i – úhel natočení [°]

τ_{dovS} – dovolené smykové napětí [MPa]

τ_{dovS} – dovolené smykové napětí [MPa]

τ_s – smykové napětí materiálu [MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Šroubový zvedák [20]	17
Obrázek 2: Hřebenový zvedák standard od firmy Brano [15].....	18
Obrázek 3: Hydraulický zvedák Z320 od firmy Brano [15].....	18
Obrázek 4: Nůžkový zvedák [18]	19
Obrázek 5: Jednoduchý kladkostroj [15]	20
Obrázek 6: Elektrický kladkostroj[16]	21
Obrázek 7: Naviják od firmy Brano [15].....	23
Obrázek 8: Sloupový jeřáb. [12].....	26
Obrázek 9: Konzolový jeřáb [17]	27
Obrázek 10: Mostový jeřáb jednonosníkový [16]	27
Obrázek 11: Portálový jeřáb [16].....	28
Obrázek 12: Silniční jeřáb Tara [19]	29
Obrázek 13: Plovoucí jeřáb. [12].....	29
Obrázek 14: Lanový jeřáb [21].....	30
Obrázek 15: Výtah bez stroje [24].....	31
Obrázek 16: Ruční nízkozdvihový paletovací vozík [22].....	32
Obrázek 17: Vysokozdvihový ručně vedený vozík [22].....	33
Obrázek 18: Motorický vozík s řidičem [22].....	33
Obrázek 19: Vysokozdvihový vozík s bočním ložením [22].....	34
Obrázek 20: Parametry zvedáku	39
Obrázek 21: Náčrt lanového zvedáku	40
Obrázek 22: Náčrt šroubového zvedáku	41
Obrázek 23: Náčrt hřebenového zvedáku	42
Obrázek 24: Ocelové lano.....	45
Obrázek 25: Kladka	46
Obrázek 26: Rozměry kladky	47
Obrázek 27: Dřážka lanového bubnu.....	50
Obrázek 28: Zjednodušený model zvedáku	56
Obrázek 29: Uvolnění	57
Obrázek 30: Průběhy Ohybového momentu, tečných a normálových sil.....	60
Obrázek 31: Průřez vřepěry	64
Obrázek 32: Posun západky a směr otáčení kliky	68

Obrázek 33: Otáčení kliky 68
Obrázek 34: Model výsledného zvedacího zařízení 70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Drážka lanového bubnu [8]	50
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

Držáku držáku
2 díl krytu ozubeného kola
3 díl krytu ozubeného kola
Čep
Deska 120x640x20
Díl krytu ozubených kol
Držák madla 2
Držák bubnu levá strana
Držák bubnu pravá strana
Držák bubnu zadní strana
Držák kladky
Držák kola
Držák krytu 1
Držák krytu 2
Držák madla 1
Držák madla sestava
Držák pružiny
Držák trubky
Držák západky
Dřevěná tyč 370mm
Dřevěná tyč 570mm
Hák
Hřídel pro malé ozubené kolo
Hřídelka
Kladka
Klika
Kolečko
Kostka
Kroužek
Kryt
Lano
Lanová příložka
Lanová svorka
Lanová svorka 2 díl
Lanový buben
Lanový zvedák sestava
Madlo
Nosná tyč 1600mm
Nosná tyč 700mm

Ovládací tyč
Ozubené ko 20 zubů
Ozubené kolo 70 zubů
Paleta
Podložka nenormalizovaná
Podpěra
Podpěra zadní
Pružina
Příložka
Příruba ložisek vnější
Příruba ložisek vnitřní
Rukojeť
Sestava bubnu
Sestava držáku bubnu
Sestava horního krytu
Sestava kladky
Sestava kliky
Sestava konstrukce
Sestava krytu ozubených kol
Sestava lanového bubnu
Sestava předního kola
Sestava zadního kola
Sestava zadního krytu
Stěna bubnu
Trn
Trubka
Tyč boční levá 700mm
Tyč boční pravá 700mm
Tyč horní 600mm
Vzpěra
Zadní držák kola
Zadní tyč 300mm
Západka
Západkové kolo
Zátka hranatá
Zátka kulatá