

Návrh a konstrukce lanového navijáku

David Kašpar

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Kašpar**
Osobní číslo: **T17184**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh a konstrukce lanového navijáku**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na dané téma.
2. Návrh a konstrukce lanového navijáku pro univerzální použití.
3. Návrh převodového ústrojí, lanového zařízení a uchycení.
4. Zhodnocení provedených návrhů.

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **JANČÍK, Luděk a Jiří ZÝMA. Části a mechanismy strojů. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 201 s. ISBN 8001028917.**
2. **ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: mechanické převody. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 174 s. ISBN 8001019349.**
3. **LUKOVICS, Imrich, Libuše SÝKOROVÁ a František VOLEK. Části a mechanismy strojů. V Brně: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně, 2000, 185 s. ISBN 8021415665.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 18. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 20. 5. 2019

.....

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 nevdělečně 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, užije-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 vzdělávacího 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 dílo:

(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 užít 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vypracováním rešerše a obeznámení s lanovým navijákem pro univerzální použití. Teoretická část se věnuje typům lanových navijáku, jejich rozdělení, parametry a popis jednotlivých komponentů. Praktická část je složena z vhodného návrhu tažného lana, navíjecího bubnu, pohonné a převodové jednotky, uchycení, simulaci.

Klíčová slova:

Lanový naviják, lanový buben, lano, převodové ústrojí

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with elaboration of the research and familiarization with the rope winch for universal use. The theoretical part is focused to the types of rope winches, their distribution, parameters and description of individual components. The practical part consists of a suitable cable reel, winding drum, power and gear units, mounting, simulation.

Keywords:

Rope winch, crane rope drums, rope, power train

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Bednařikovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, ochotu, čas a rady při konzultacích mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PŘEHLED POUŽÍVÁNÍ NAVIJÁKŮ	12
1.1 ROZDĚLENÍ LANOVÝCH NAVIJÁKU	12
1.1.1 Ruční lanové navijáky	12
1.1.2 Vytahovací a vyprošťovací technika	12
1.1.3 Univerzální jeřáby	13
1.1.4 Stavební výtahy	13
1.1.5 Automobilové navijáky	14
1.1.6 Vrátky	14
1.2 PŘEVOD OZUBENÝMI KOLY A OZUBENÁ KOLA	15
1.2.1 Rozdělení ozubených kol	15
1.2.2 Rozdělení lanových navijáků dle druhu převodové soustavy	17
1.2.3 Ozubení s čelními ozubenými koly	18
1.3 ULOŽENÍ HRÍDELŮ	18
2 HLAVNÍ ČÁSTI LANOVÉHO NAVIJÁKU	19
2.1 POHON LANOVÉHO NAVIJÁKU	19
2.1.1 Hydraulické	19
2.1.2 Elektrické	19
2.1.3 Se spalovacím motorem	20
2.2 LANA.....	21
2.2.1 Rozdělení lan dle materiálu	21
2.2.2 Ocelová lana	22
2.2.3 Syntetická lana	22
2.3 ZAKONČENÍ LANA	23
2.3.1 Oko na konci lana	23
2.3.2 Kluzný hák s okem	23
2.3.3 Břemenový hák s kladkou	24
2.3.4 Prolink	24
2.4 BUBEN NAVIJÁKU	25
2.5 ROLNA NAVIJÁKU	25
2.6 UCHYCENÍ NAVIJÁKU	26
2.6.1 Stálé uchycení	26
2.6.2 Odnímatelné uchycení	26
3 PARAMETRY LANOVÝCH NAVIJÁKŮ	27
3.1 NAVIJÁK CBONE WINCH BASIC 3000s.....	27
3.2 NAVIJÁK ZEON 8 – S	28
3.3 PŘENOSNÝ MOTOROVÝ NAVIJÁK PORTABLE WINCH	29

4	KONSTRUKCE LANOVÉHO NAVIJÁKU	30
4.1	KONSTRUKCE NAVIJÁKU COME UP	30
4.2	KONSTRUKCE NAVIJÁKU DRAGON WINCH	31
4.3	KONSTRUKCE NAVIJÁKU EXTREME RALLYE.....	31
5	KONTROLA A POŽADAVKY NAVIJÁKU	32
5.1	PŘEDPISY PRO LANOVÉ MECHANISMY	32
5.2	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY	32
II	PRAKTICKÁ ČÁST	33
6	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	34
7	NÁVRH LANA PRO UNIVERZÁLNÍ LANOVÝ NAVIJÁK.....	35
7.1	JMENOVIČÁ ÚNOSNOST LANA	35
7.2	VOLBA LANA	36
7.3	VOLBA HÁKU	36
8	NÁVRH BUBNU	37
8.1	NAVRHOVANÝ PRŮMĚR BUBNU	37
8.2	PRŮMĚR DRÁŽEK.....	37
8.3	ROZMĚRY BUBNU	38
8.4	ŠÍŘKA LANOVÉHO BUBNU.....	38
8.5	PEVNOSTNÍ KONTROLA PLÁŠTĚ BUBNU	39
8.5.1	Výpočet ohybového napětí.....	40
8.5.2	Výpočet napětí v krutu	40
8.5.3	Napětí od vnějšího přetlaku	42
8.5.4	Kontrola výsledného redukovaného napětí	42
8.6	UPEVNĚNÍ LANA NA BUBEN	43
8.6.1	Výpočet šroubu	43
8.6.2	Výpočet matice.....	45
9	NÁVRH POHONNÉ JEDNOTKY	46
9.1	ELEKTROMOTOR.....	46
9.2	PŘEVODOVÉ ÚSTROJÍ.....	48
9.3	KONTROLA ELEKTROMOTORU	51
9.4	KONTROLA PŘEVODOVKY	52
9.5	KONTROLA PÉROVÉHO SPOJE	53
9.6	POTŘEBNÝ BRZDÍCÍ MOMENT	54
10	NÁVRH ULOŽENÍ.....	55
10.1	OBVODOVÁ RYCHLOST V MÍSTĚ OPOTŘEBENÍ.....	55
10.2	BRZDNÝ VÝKON VYVOZENÝ LOŽISKY	56
11	NÁVRH UCHYCENÍ.....	57

12	OVĚŘENÍ VÝPOČTŮ POMOCÍ SIMULACE	58
12.1	SIMULACE ZÁVĚSNÉHO HÁKU	58
12.2	SIMULACE LANOVÉHO BUBNU	59
13	FINÁLNÍ NÁVRH NAVIJÁKU	60
13.1	ROZMĚROVÉ SCHÉMA.....	60
13.2	MODEL NAVIJÁKU S POPISEM ČÁSTÍ	61
13.3	CENOVÁ KALKULACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	62
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
	SEZNAM TABULEK.....	72

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem lanového navijáku pro univerzální použití a je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část tvoří rešerši na dané téma. Zabývá se rozdělením lanových navijáků, způsoby jejich použití. Druhy převodových soustav, uložení hřídelů. Popis jednotlivých komponentů a parametry navijáku. Zvolení vhodné konstrukce a zároveň dodržení stanovených bezpečnostních požadavků a předpisů.

Cílem praktické části je navrhnout lanové zařízení, zvolení vhodného typu lana, výpočet lanového bubnu. Volba pohonné jednotky společně s náležitým převodovým ústrojím. Určení potřebného uložení hřídele a zvolení uchycení navijáku pro daný typ použití.

Lanový naviják lze použít v mnoha odvětvích. Jeho typ se odvíjí od způsobu použití. Lze jej použít u terénních automobilů nebo integrovaného záchranného systému, kdy je zapotřebí vyprostit zapadlé vozidlo z nepřístupného terénu. U odtahových služeb se používá pro přitažení vozidla na příslušnou odtahovou plošinu.

Navijáky bývají připevněny na pevné části vozu, především na rámu automobilu, případně na vhodné konstrukci u čtyřkolek. Umístění dle potřeby, nejčastěji v přední části vozidla.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘEHLED POUŽÍVÁNÍ NAVIJÁKŮ

Lanové navijáky se v praxi používají pro usnadnění práce. Své uplatnění najdou v celé řadě odvětví od strojírenství, stavebnictví, zemědělství, lesnictví, ale také pro domácí účely.

1.1 Rozdělení lanových navijáku

1.1.1 Ruční lanové navijáky

Používají se tam, kde je potřeba mobilita, jednoduchost a funkčnost. Využití pro malé hmotnosti. Montují se např. na odtahová vozidla, napínání nebo zvedání břemen menších hmotností. [10]



Obr. 1. Ruční lanový naviják. [10]

1.1.2 Vytahovací a vyprošťovací technika

Vytahovací navijáky se nejvíce používají v lesnictví při těžbě dřeva. Často jsou poháněny mechanicky z náhonu traktoru. Pro větší tažnou sílu se využívá k pohonu hydraulický okruh traktoru nebo vlastní hydraulický okruh poháněný náhonem traktoru. Bubny těchto navijáků musí pojmout velké množství lana, obvykle mezi 60 – 100 metry. Velikost lesnických navijáků se udává v tažné síle v jednotkách tun. Navijáky se také používají k vyprošťování. Své využití najdou i na určitých typech automobilů, zejména na terénních vozech, kde je riziko zapadnutí v terénu vysoké. [31]



Obr. 2. Lesní lanový naviják. [31]

1.1.3 Univerzální jeřáby

Každý jeřáb je opatřen svým navijecím zařízením. U halového jeřábu se toto zařízení nazývá kočka, která mimo navijáku je opatřena také pojezdem po nosníku jeřábu. Pohání se elektromotorem přes různé typy převodovek, aby se dosáhlo požadované rychlosti a krouticího momentu navijecího bubnu. [32]



Obr. 3. Jeřábová kočka. [32]

Důležitým prvkem je také brzda bubnu. Nesmí docházet k odvíjení lana vlivem působení gravitace na břemeno v momentě, kdy je motor nečinný a břemeno se nemá pohybovat. K brždění se nejčastěji používají bubnové třecí brzdy.

Naopak je tomu u autojeřábů, kde se pro pohon využívá hydraulický systém. Tyto jeřábové navijecí mechanismy jsou konstruovány téměř na nepřetržitý provoz a řádově na desítky tun.

1.1.4 Stavební výtahy

U většiny výtahů se pro pohon používají navijáky. Většinou se jedná o nákladní a stavební výtahy. Zvedací plošina, nebo kabina se pohybuje ve vedení případně výtahové šachtě pomocí pohybu lana. Naviják může být umístěn nahoře, ale také dole. Lano je vedeno přes pevnou kladku. U výtahů, které jsou určeny nejen pro přepravu nákladu, ale i pro lidi, je kladen důraz hlavně na bezpečnost. [16]



Obr. 4. Stavební výtah. [16]

1.1.5 Automobilové navijáky

Naviják se používá především v terénních vozidlech. Sloužit může k vytahování zapadnutého vozidla ve sněhu, bažině, vodě a v dalších případech, kdy se auto nemůže z nepřístupného terénu samo dostat. Své uplatnění najdou i u jednotek záchranného integrovaného systému hasičských zásahových vozidel při dopravních nehodách. [25]



Obr. 5. Automobilový naviják hasičského vozu. [25]

1.1.6 Vrátky

Největší využití vrátek je ve stavebním průmyslu k dopravě stavebního materiálu. Navijáky jsou montovány na různé konstrukce a lešení. Jejich provoz je náročný a často pracují v prašném a vlhkém prostředí. Jsou poháněny elektromotory přes převodové ústrojí a brzděny třecí brzdou, která je uvolňována elektromagneticky. Únosnost těchto navijáku se pohybuje ve stovkách kilogramů. Pro zvýšení únosnosti se často využívá volné kladky, která dvojnásobně zvýší únosnost a dvojnásobně sníží rychlost a výšku zvedání. [26]



Obr. 6. Elektronický lanový naviják. [26]

1.2 Převod ozubenými koly a ozubená kola

Ozubenými koly se přenáší točivý pohyb a mechanická energie z jednoho hřídele na druhý. Převod ozubenými koly může být jednoduchý (je tvořen jedním párem ozubených kol) a složený (v záběru je více páru ozubených kol) – vícestupňový převod. Ozubené kolo s vnějším ozubením se skládá z náboje a ozubeného věnce a u kol s malým počtem zubů pouze z ozubeného věnce. Ozubená kola s vnitřním ozubením jsou tvořena pouze ozubeným věncem. [1]

Ozubený věnec je tvořen zuby, rovnoměrně rozloženými po obvodě kola (ve vzdálenosti rozteče na roztečné ploše) geometricky určenými především tzv. bočními plochami. Ozubený věnec je radiálně vymezen hlavovou plochou a plochou patní, které jsou sousedé a stejného typu s plochou roztečnou. [1]

V axiálním směru je ozubený věnec vymezen dvěma čelními plochami, jejichž vzdálenost určuje šířku ozubeného kola. [1]

1.2.1 Rozdělení ozubených kol

Převody ozubených kol rozdělujeme podle vzájemné polohy os spolu zabírajících kol. Ozubená kola se o sebe navzájem opírají svými boky, která mají přesně daný tvar. Nejčastěji se jedná o tvar evolventní.

Podle vzájemné polohy svých os

- ozubená kola čelní (válcová) – osy rovnoběžné (Obr. 7 a, b, c, d),
- kuželová – osy různoběžné (Obr. 7 f, g, h),
- šroubová a hyperboloidní – osy mimoběžné (Obr. 7 i, k, m, n).

Podle vzájemné polohy hlavové a patní plochy

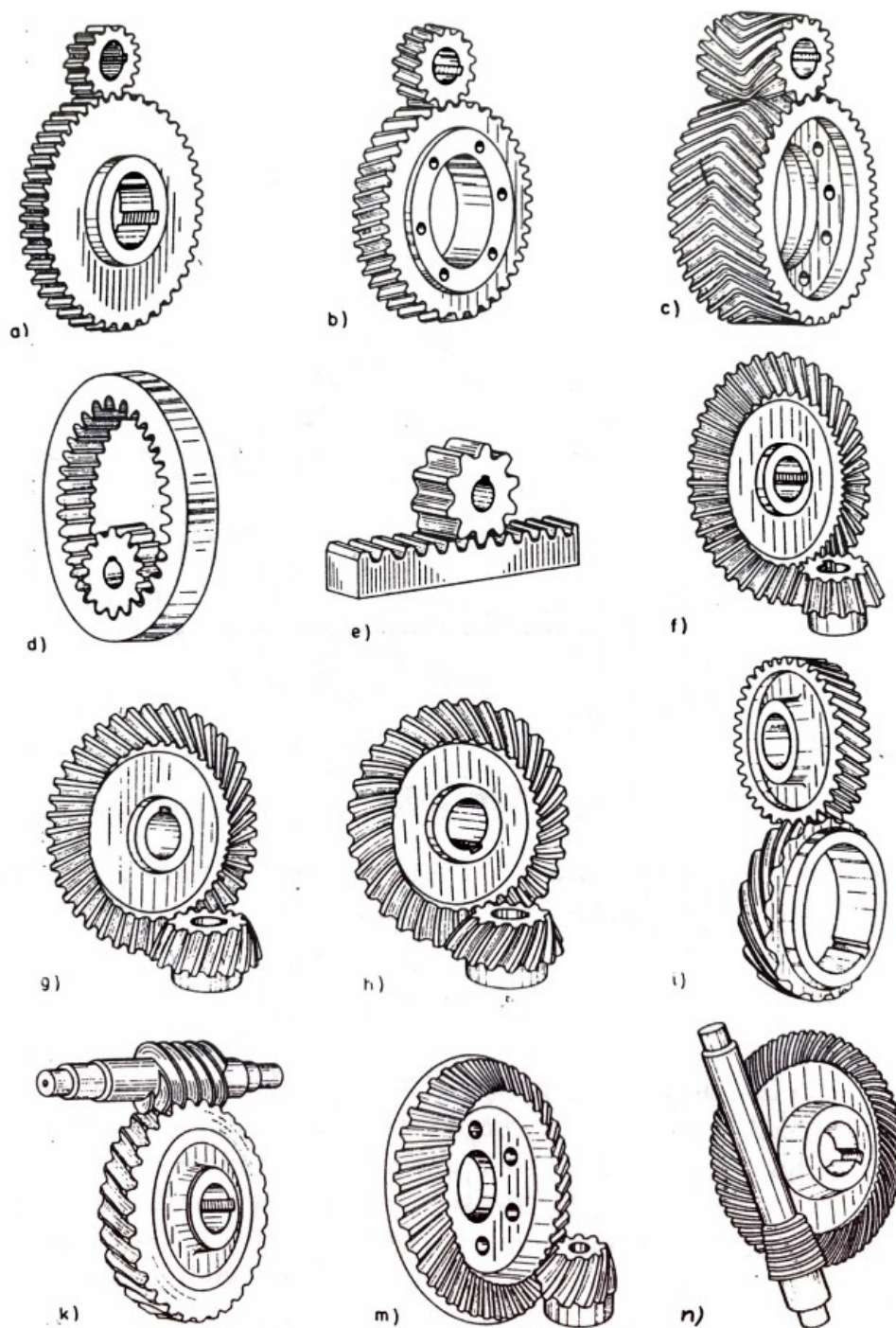
Rozdělujeme na ozubená kola s vnějším a vnitřním ozubením (Obr. 7 a, d).

Podle tvaru boční plochy

Rozdělujeme na ozubená kola se zuby přímými, šikmými, dvojité šikmými, zakřivenými a šroubovými (Obr. 7 a, b, c, h, i).

Ozubený hřeben (Obr. 7 e) je část ozubeného kola o nekonečně velkém poloměru. Roztečná plocha je rovinou, ve spojení s ozubeným kolem umožňuje přeměnu otáčivého pohybu v posuvný a naopak.

U páru ozubených kol je vžitý název pro malé kolo „pastorek“ a pro velké kolo „kolo“. [1]



Obr. 7. Rozdělení ozubených kol. [1]

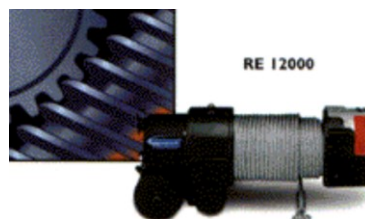
1.2.2 Rozdělení lanových navijáků dle druhu převodové soustavy

Převodové mechanismy jsou uskutečňovány pomocí stálého převodového poměru. Mezi nejzákladnější druhy převodových soustav patří [2]:

- šnekový převod,
- planetová převodovka,
- ozubení s čelními ozubenými koly.

Šnekový převod

Lanový buben je poháněn prostřednictvím šnekového převodu sestávajícího se ze šneku a šnekového kola. Mohou být v provedení samosvorném, kdy není potřeba použít brzdu. Hlavní nevýhodou šnekových převodů je jejich nízká účinnost, nízká rychlost navíjení a vysoké výrobní náklady. Převodovky tohoto typu jsou obvykle několikanásobně odolnější oproti planetovým převodům, čímž si získali svou oblibu zejména u odtahových služeb. [11]



Obr. 8. Schéma navijáku s šnekovou převodovkou. [11]

Planetová převodovka

Tento typ převodovky využívá planetového převodu, přičemž hřídel hnacího motoru je pevně spojen s čepem slunečního kola, které je v záběru s planetovými koly. Ty jsou spojeny košem, který nám na hřídeli přenáší výstupní rychlost převodu. Na venkovní straně jsou kola v záběru s korunovým kolem, jež je často vyrobeno v dutině tělesa převodové skříně. Převody zde bývají většinou vícestupňové, nejčastěji třístupňové. Výhodou je dosažení vysokých převodových poměrů, nízká cena a hmotnost. Nevýhodou pak nutnost použití brzdy. Z důvodu zahřívání nejsou vhodné pro nepřetržité použití a využití v komerční sféře. Patří mezi nejčastěji používané převodovky pro běžné použití. [11]



Obr. 9. Schéma navijáku s planetovou převodovkou. [11]

1.2.3 Ozubení s čelními ozubenými koly

Využívá pastorku ozubeného kola v ose motoru a hnaného ozubeného kola v ose bubnu. Jejich hlavní nevýhodou je nízký převodový poměr, který musíme kompenzovat motorem s nízkými výstupními otáčkami. V dnešní době se již prakticky u navijáků nepoužívá. [3]

1.3 Uložení hřídelů

Zajištění přesného otáčivého pohybu hřídelových čepů a přenos zatížení z hřídelů na jiné části technologických zařízení je nejdůležitější funkcí uložení. Uložení se uskutečňuje pomocí ložisek. [3]

Rozdělení ložisek podle druhu tření

Principiální rozdělení ložisek je podle charakteristického druhu tření v ložisku:

- a) Kluzná – hřídel se stýká s ložiskem zpravidla přímo v kluzné, opěrné ploše a mezi kluznými plochami je nejčastěji vrstva mazacího oleje nebo plastického maziva.
- b) Valivá – rotační vazba mezi hřídelem a rámem konstrukce je nepřímá přes valivé elementy ložiska (např. kuličky, válečky apod.). Tření kluzné je zde nahrazeno třením valivým.

Rozdělení ložisek podle směru působící síly

Rozlišení ložisek podle směru síly, kterou ložiska přenáší mezi hřídelem a rámem konstrukce:

- a) ložiska radiální – zachycují síly kolmé na osu rotace,
- b) ložiska axiální – zachycují osové síly působící v jednom nebo obou směrech,
- c) ložiska radiálně-axiální – zachycují síly působící v obecném směru.

2 HLAVNÍ ČÁSTI LANOVÉHO NAVIJÁKU

Hlavním prvkem lanového navijáku je pohonná jednotka, dále převodové ústrojí, navijecí buben, na který je upevněno a navinuto lano s příslušným hákem na konci.

2.1 Pohon lanového navijáku

Jednou z možností, jak lze dělit lanové navijáky je podle druhu pohonu na:

- hydraulické,
- elektrické,
- se spalovacím motorem.

2.1.1 Hydraulické

Hydraulické navijáky nejčastěji využívají planetové nebo šnekové převodovky s hydraulickým motorem, který je poháněn čerpadlem vozidla. Největší výhodou tohoto pohonu je možnost nepřetržitého provozu bez poškození, musí být však během provozu zapnutý motor vozidla. Nehrozí zde přehřívání a následné shoření motoru, jako je tomu u elektrických motorů, a proto jsou využívány zejména v profesionální sféře v oblasti odtahových služeb a záchranných vozidel. Nevýhodou je především vysoká pořizovací cena, nutnost montáže čerpadla a elektromagnetických ventilů, závislost na chodu motoru vozidla a nemožnost použití při vysokém náklonu terénu, kdy hrozí odlití oleje z motoru vozidla a následné zadření motoru. [26]



Obr. 10. Hydraulický lanový naviják. [26]

2.1.2 Elektrické

Jsou zde využívány dva druhy motorů – s permanentním magnetem nebo se sériovým vinutím. Motory s permanentním magnetem mají přibližně o 10 – 15 % nižší proudový odběr než výkonné, průmyslově používané motory se sériovým vinutím, avšak jsou citlivější na nešetrné zacházení a taktéž na teplo. Jejich druhou nevýhodou je tendence ztrácet výkon při

velmi nízkých teplotách. Pro občasně použití, či rekreační účely, je motor s permanentním magnetem vhodnou volbou pro naviják. Pro profesionální použití je vhodné použít naviják s motorem se sériovým vinutím. Dále se dělí podle velikosti přiváděného napětí na 12 V nebo 24 V. [12]

Výhodou elektromotorů je jejich snadná montáž a pořizovací cena. Nevýhodou pak značné zahřívání při provozu a vysoký odběr elektrické energie ze sítě vozidla, řádově 300 – 400 A. Elektrické navijáky vydrží jen krátkodobé přetížení elektrickým proudem, proto výrobci doporučuje používat naviják v krátkých intervalech s delší přestávkou na ochlazení elektromotoru. Pro nepřetržité nebo velmi časté použití je vhodnější volit naviják hydraulický, kde nehrozí spálení motoru. [12]



Obr. 11. Elektrický lanový naviják. [12]

2.1.3 Se spalovacím motorem

Pohon spalovacím motorem je u lanových navijáků velice vzácný. Největší výhodou je naprostá nezávislost a případná možnost odpojení a použití mimo vozidlo. Nevýhodou pak především malá přetížitelnost a nutnost spouštět v nezátíženém stavu.

Tento typ pohonu se používá zejména u záchranných jednotek, kdy se pro pohon použije např. motorová jednotka řetězové pily. Z motorové pily se vyjme řetěz a místo něj se prostřednictvím speciálního adaptéru usadí pila do vlastního navijáku. [9]



Obr. 12. Motorový lanový naviják. [9]

2.2 Lana

Hlavním využití lanových mechanismů se nachází v případech přenosu výkonu na dlouhé vzdálenosti, zejména v dopravní technice (jeřáby, výtahy). [1]

Lana se rozdělují na pohyblivá, která jsou při provozu v pohybu ve směru své osy a při zatížení jsou ohýbána přes lanové bubny a kladky. Druhým typem použití jsou lana nepohyblivá, která plní funkci lan nosných a kotevních a jsou tedy za provozu prakticky v klidu. [1]

Pohyblivá lana jsou nejčastěji šestipramenná a nepohyblivá lana jednopramenná. Lana jsou normalizovanými součástmi. Součinitel bezpečnosti lana je volena dle normy ČSN EN 14492-1. [8]

2.2.1 Rozdělení lan dle materiálu

Volba lana se odvíjí od způsobu použití. Lano patří mezi nejdůležitější prvek u lanových navijáků. Jsou závislé na typu lana, průměru, délce, funkčnosti a pevnosti v tahu.

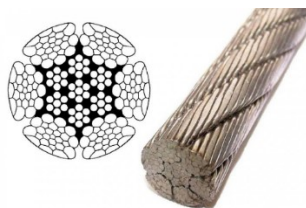
V současné době se používají dva druhy lan:

- ocelová lana,
- syntetická lana.

2.2.2 Ocelová lana

Ocelová lana se vyrábí z ocelových drátků s pevností až 2 000 MPa. Dovolená zatížení lan stanovuje norma ČSN 024300 až ČSN 024380. Mají větší bezpečnost než například článkové řetězy a oproti nim jsou i lehčí a levnější. [13]

Tato tradiční lana se vyrábějí z několika pramenů uhlíkové ocele. Nejčastěji se používají sedmisvazková po 19 pramenech, označována jako 7x19 a lana šestisvazková po 37 pramenech označována jako 6x37. Druhá zmiňovaná jsou více pružná a odolná vůči únavě materiálu, ale méně odolná proti praskání, oproti lanům 7x19. Ocelová lana jsou v porovnání s konkurenčními syntetickými více odolná vůči opotřebení a vysokým teplotám. Největší nevýhodou ocelových lan je jejich vyšší hmotnost, nutnost obsluhy lana používat ochranné pracovní pomůcky. V případě přetržení ocelového lana může způsobit zranění obsluhujících osob z důvodu větší kinetické energie. [13]



Obr. 13. Ocelové lano. [13]

2.2.3 Syntetická lana

V současné době dosahují tato lana vysoké obliby zejména u navijáků menších nosností a často jsou využívána jako doplňková výbava navijáků pro zvýšení jejich dosahu. Syntetická lana jsou oproti ocelovým lanům až pětikrát lehčí při stejné únosnosti a v případě roztržení mají méně kinetické energie. V nouzovém případě se na syntetickém laně dá vyrobiť uzel. Naopak mezi jejich nevýhody patří vyšší pořizovací cena, nižší odolnost proti opotřebení, nutnost většího průřezu lana a nižší odolnost vůči teplotám, které mohou vzniknout od převodového ústrojí a brzdy. [14]



Obr. 14. Syntetické lano. [14]

2.3 Zakončení lana

Lano je opatřeno typem háku, které závisí na typu použití navijáku. Podobně jako u lana je volen i u háku součinitel bezpečnosti háku dle normy ČSN EN 14492-1 součinitel bezpečnosti 2. [8]

2.3.1 Oko na konci lana

K ukončení lana je použita očnice DIN 6899 pro ukotvení nebo přichycení zvedacích částí a lisovací objímky DIN 3093. Očnice se vkládá z toho důvodu, aby lano drželo správný poloměr zaoblení a vlivem zatížení se nelámalo a nedošlo tak k jeho poškození v kotvící části. [14]



Obr. 15. Zakončení lana s očnicí a objímkou. [14]

2.3.2 Kluzný hák s okem

Kluzný lanový hák je vyroben z legované oceli. Plechová pojistka slouží k zajištění proti nežádoucímu uvolnění břemena z háku. [14]



Obr. 16. Kluzný hák s okem. [14]

2.3.3 Břemenový hák s kladkou

Používá se pro lanové navijáky tzv. kočky. Jeho součástí je otočná kladka, plechová pojistka, jenž slouží k zajištění háky pro nežádoucí uvolnění. Nosnost háku je do 600 kg. [17]



Obr. 17. Břemenový hák s kladkou. [17]

2.3.4 Prolink

Jedná se o zařízení, které je oproti jiným typům háku bezpečnější, silnější a praktičtější. Koncovka lana je opatřena okem, jenž je provlečeno do těla a zajištěno čepem. [18]



Obr. 18. Prolink. [18]

2.4 Buben navijáku

Navíjení lana na buben navijáku, je docíleno pomocí elektromotoru a převodového ústrojí. Otáčivý pohyb bubnu navíjí lano ukotveno na lanovém bubnu a tím tak přitahuje břemeno, které je ukotveno na konci lana.



Obr. 19. Buben navijáku. [20]

2.5 Rolna navijáku

Při otáčení lanového bubnu dochází k navíjení lana. Ke správnému navíjení lana na buben slouží rolna navijáku, která je umístěna před navíjecí buben a směřuje lano na požadované namotání, aby nedocházelo zapletení a zamotání lana. V případě nesprávného navíjení dochází k poškození lana a k snížení životnosti. [20]



Obr. 20. Rolna navijáku. [20]

2.6 Uchycení navijáku

Naviják musí být zakotven na pevném a nepohyblivém místě. Ve většině případech se naviják upevňuje na konstrukci vozidla, případně rám čtyřkolky. K nejpoužívanějším uchycením patří stálé uchycení, které je pevně spojeno s konstrukcí vozu. Dalším možným řešením je odnímatelné neboli demontovatelné uchycení, to se používá v případech přenosných lanových navijáků. [29]

2.6.1 Stálé uchycení

Stálé uchycení navijáku k rámu vozidla musí dodržovat stanovené předpisy pro provoz na pozemních komunikacích, včetně zapsání do technického průkazu vozidla.



Obr. 21. Stálé uchycení navijáku. [29]

2.6.2 Odnímatelné uchycení

Demontovatelné uchycení navijáku se používá pro ruční navijení na přívěsném odtahovém vozidle. Snadná možnost demontáže usnadňuje použití těchto navijáků i pro další lehké úkony, pro které není zapotřebí velkých tažných sil. [30]



Obr. 22. Odnímatelné uchycení navijáku. [30]

3 PARAMETRY LANOVÝCH NAVIJÁKŮ

Parametry lanových navijáků určené především pro terénní automobily. Porovnání navijáků různých tažných sil, výkonu motoru, typu převodovky, převodových poměrů.

3.1 Naviják CBONE WINCH Basic 3000s

Základní typ navijáku se vyznačuje malými rozměry a nízkou hmotností. Dostatečná tažná síla má uplatnění u čtyřkolek, sněžných skútrů, terénních vozů, malotraktorů a podobného typu využití. [21]

Tažná síla: 13 600 N (1,3 t)

Výkon motoru: 1,11 kW / 12 V

Typ převodovky: třístupňová planetová

Převodový poměr: 136:1

Obsah dodávky: naviják se syntetickým lanem s hákem, válečkové vedení lana, ovládací skříňka a bezdrátový ovladač, návod k obsluze a montážní návod

Lano: 15 m x 4,76 mm

Rozměry navijáku: 325 mm x 131 mm x 128 mm

Hmotnost: 6,5 kg

Tab. 1. Parametry navijáku CBONE WINCH. [21]

Tažná síla [N]	Odběr [A]	Rychlost [m/min]
0	14	6,4
2270	40	5
4540	70	4,3
6800	110	3,4
9070	150	2,8
11340	190	2,1
13600	230	1,3



Obr. 23. Naviják CBONE WINCH Basic 3000s. [21]

3.2 Naviják ZEON 8 – S

Naviják pro používání při náročnějších podmínkách, terénní vozy, nákladní automobily.

Tažná síla: 75 000 N (7,5 t)

Výkon motoru: 4,5 kW / 12 V

Převodovka: třístupňová planetová

Převodový poměr: 315:1

Obsah dodávky: naviják s ocelovým lanem a hákem, válečkové vedení lana, ovládací skříňka, kabelový ovladač, instalační materiál, návod k obsluze a návod na montáž

Lano: 30 m x 11 mm

Rozměry navijáku: 695 mm x 215 mm x 280 mm

Hmotnost: 50 kg

Tab. 2. Parametry navijáku ZEON 8 – S. [22]

Tažná síla [N]	Odběr [A]	Rychlost [m/min]
0	75	5,5
9070	106	3,7
18140	167	2,8
27210	195	2,2
36280	246	1,9
45360	283	1,5
54430	340	1,3
75020	443	1



Obr. 24. Naviják ZEON 8 – S. [22]

3.3 Přenosný motorový naviják PORTABLE WINCH

Kompaktní a výkonný benzínový naviják s nízkou hmotností, neomezenou délkou lana a stálou tažnou silou. Naviják pohání 4 - taktní motor Honda GXH – 50 ccm. Naviják je ideální pro práci v lese, protože má dobrý výkon a možnost dvou rychlostí díky zaměnitelným bubnům hnací kladky. Pro maximální výkon se využívá buben 57 mm, který je schopen přitáhnout 1000 kg rychlostí 12 m/s. V případě potřeby vyšší rychlosti lze použít buben 85 mm, se kterým lze přitáhnout 700 kg rychlostí 18 m/s. [23]

Motor: 4 – taktní motor Honda GXH – 50 ccm

Převodovka: 3 – fázové převody

Převodový poměr: 110:1

Lano: minimální tloušťka 10 mm, maximální 16 mm, neomezená délka lana

Rozměry navijáku: 371 mm x 366 mm x 366 mm

Hmotnost: 16 kg



Obr. 25. Přenosný motorový naviják PORTABLE WINCH. [23]

4 KONSTRUKCE LANOVÉHO NAVIJÁKU

Konstrukce lanových navijáků spočívá v uspořádání jednotlivých komponentů. Tohle uspořádání je závislé na způsobu použití. Pro náročnější úkony, se kterými se pojí vyšší hmotnost taženého břemene, je využita odlišná konstrukce.

Konstrukce typu komponentů uspořádaný za sebe v pořadí elektromotor, převodové ústrojí, lanový buben jsou jednodušší pro výrobní proces a zpracování. Tento typ uspořádání se využívá pro jednoduché navijáky, pro které není potřeba nadměrné tažné síly. Oproti tomu rozdílné uspořádání, elektromotor, lanový buben a následné převodové ústrojí se používá u navijáků s potřebnou vyšší tažnou silou. Specifickým typem lanového navijáku je naviják se dvěma motory.

Při konstrukci lanového navijecího bubnu je mnoho způsobů konstrukcí. Konstrukčně výhodný a nejjednodušší se nabízí průchozí hřídel v bubnu. Ideálním řešením pro návrh bude použití ocelového lana o průměru 6,5 mm. Pro univerzální navijáky se využívají kluzná samomazná ložiska, z důvodu nižších nákladů na výrobu a srovnatelně dosažených výkonu oproti valivým ložiskám. Valivé ložiska by zvýšila životnost navijáku, avšak na úkor zvýšených nákladů a většího důrazu na přesnost výroby.

4.1 Konstrukce navijáku Come Up

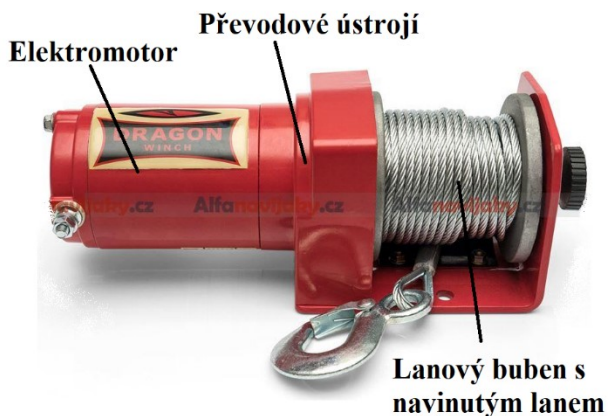
Naviják s uspořádanou konstrukcí elektromotor, lanový buben, převodové ústrojí a brzda lanového navijáku. Typ navijáku je určen pro náročnější pracovní úkony. [33]



Obr. 26. Konstrukce navijáku Come Up. [33]

4.2 Konstrukce navijáku Dragon Winch

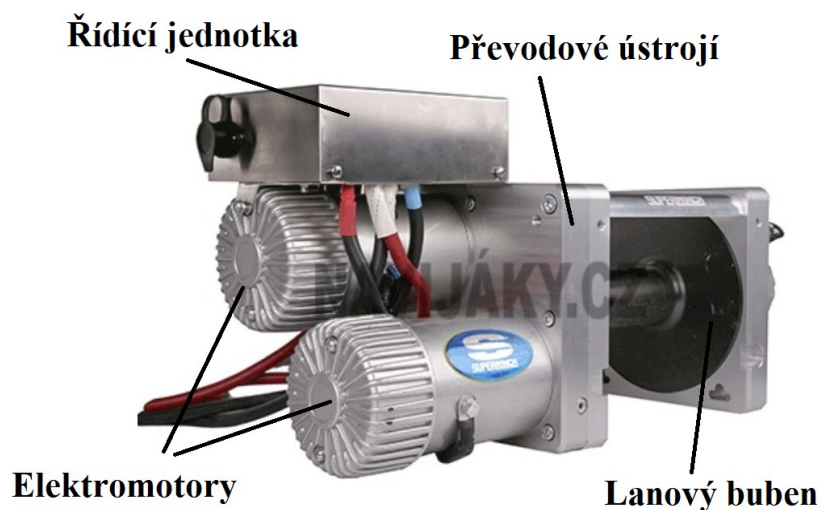
Nejčastější konstrukce lanového navijáku pro osobní použití, ve kterém není zapotřebí vysokých nároků na tažnou sílu je použití uspořádání elektromotor, převodové ústrojí, lanový buben.



Obr. 27. Konstrukce navijáku Dragon Winch. [34]

4.3 Konstrukce navijáku Extreme rallye

Naviják konstruovaný se dvěma motory o výkonu 4,5 kW s napájením 12 V. Naviják určen pro závodní terénní automobily, které při zdolávání velkých převýšení požadují velkou navíjecí rychlost, ta u tohoto typu činí 3 km/h. Převodovka je volena dvoustupňová planetová společně s dvoustupňovou s přímými koly. [35]



Obr. 28. Konstrukce navijáku Extreme rallye. [35]

5 KONTROLA A POŽADAVKY NAVIJÁKU

Pevnostní kontrola lanového navijáku je stanovena z výpočtu redukovaného napětí, které se stanovuje z výpočtu namáhání ohybem, krutem a vnějším přetlakem. Výsledkem je poté porovnán s dovoleným napětím.

Kontrola elektromotoru je z hlediska celkového skutečného potřebného výkonu, který je součtem skutečné výkonu vyvozeného silou a brzdného výkonu uskutečňován jako odpor v ložiscích.

Kontrola převodového ústrojí spočívá ve stanovení maximálního dovoleného výstupního momentu a otlacení pera převodovky. Maximální moment je vyvolán maximální silou v laně F na maximálním poloměru, který je na navijáku vyvozen v době navinování druhé vrstvy lana. Maximální moment musí být menší, než dovolený moment na výstupním hřídeli převodovky.

5.1 Předpisy pro lanové mechanismy

Pro výpočet lanových mechanismů a volby koeficientů je nezbytné přihlížet k pracovním podmínkám a podle zvolených parametrů je potřeba zařadit stroj do dané skupiny provozů daný normou ČSN 27 0101. [27] Lanové mechanismy spadají do středních provozů což je II. skupina.

5.2 Bezpečnostní požadavky

Pro vhodné zacházení s lanovým navijákem je nutné dodržovat bezpečnostní pravidla. Dodržováním těchto pravidel vede obsluhu navijáku k bezpečnému zacházení při pracovní činnosti. Při práci je nutno používat veškerých smyslů a na práci se maximálně soustředit, aby bylo docíleno předejití možným rizikům. Obsluha navijáku je odpovědná za zajištění své bezpečnosti a taky zajištění bezpečnosti přihlízejících a ochrany majetku před poškozením.

Lanové navijáky musí odpovídat příslušným bezpečnostním požadavkům Evropské unie. Tyto požadavky jsou ve shodě s předpisy a normami.

(270610) ČSN EN 14492-2+A1 [8]

ČSN EN 60204-32:2008 – Bezpečnost strojních zařízení [19]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je sestrojení vlastního návrhu a konstrukce univerzální lanového navijáku.

Byla provedena analýza jednotlivých konstrukcí komerčně vyráběných navijáků a na jejím základě bylo zjištěno, že ve většině případech jsou tyto navijáky zhotoveny pro konkrétní účel využití. Hlavním cílem práce je tedy sestrojení univerzálního lanového navijáku, jenž bude obsahovat co možná nejlepší a nejvýhodnější řešení pro širokou škálu použití.

Koncept lanového navijáku je volen jednoduchým uspořádáním komponentů za sebe, elektromotor, planetová převodovka, lanový buben.

7 NÁVRH LANA PRO UNIVERZÁLNÍ LANOVÝ NAVIJÁK

Postup výpočtu lanového navijáku je počítáno na namáhání čistým tahem a součinitelem bezpečnosti lana je proveden podle normy ČSN EN 14492-1 (27 0610). [8]

Základní požadavky pro návrh lana jsou:

- Tažení břemene i hmotnosti 1 000 kg,
- Maximální tažná síla 10 000 N.

7.1 Jmenovitá únosnost lana

Jmenovitá únosnost lana je závislá na určení hmotnosti tažení břemene. Zvolený parametr taženého břemena činí 1 000 kg. Z bezpečnostních podmínek je potřeba určit součinitel bezpečnosti, který je 2. Maximální jmenovitá únosnost v laně vyšla 20 000 N.

$$F_j \geq k \cdot F [N] \tag{1}$$

$$F_j \geq 2 \cdot 10\,000 [N]$$

$$F_j \geq 20\,000 N$$

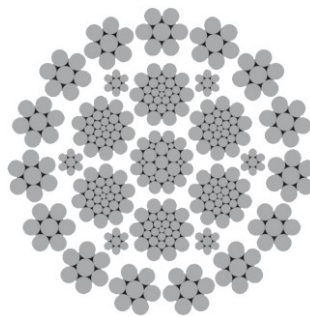
Kde: $k = 2 [-]$ je součinitel bezpečnosti lana, dle ČSN-EN 14492-1 [8]

$F = 10\,000 N$ – maximální síla v laně

7.2 Volba lana

Pro navrhovaný lanový naviják bylo na základě předchozího výpočtu jmenovité únosnosti a přijatelné ohebnosti zvoleno **ocelové lano DIEPA B 45**. Zvolený typ lana má následující parametry: [24]

- Jmenovitý průměr $d = 6,5 \text{ mm}$
- Jmenovitá únosnost lana $F_j = 29,8 \text{ kN}$
- Jmenovitá pevnost drátů $1\,770 \text{ N/mm}^2$
- Počet drátů 238

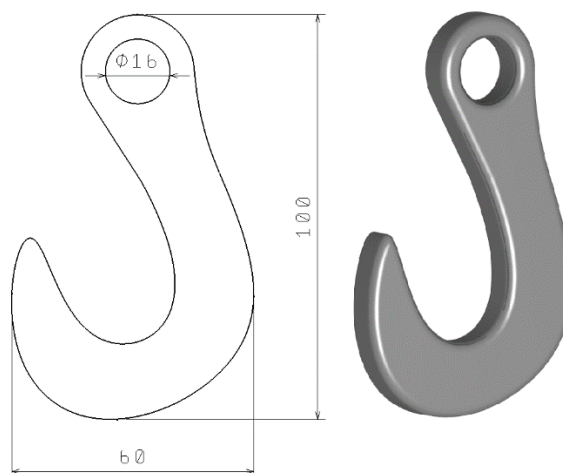


Obr. 29. Průřez lana DIEPA B 45. [24]

7.3 Volba háku

Konec lana je opatřen hákem, který podléhá normě dle ČSN EN 14492-1 součinitel bezpečnosti 2. [8]

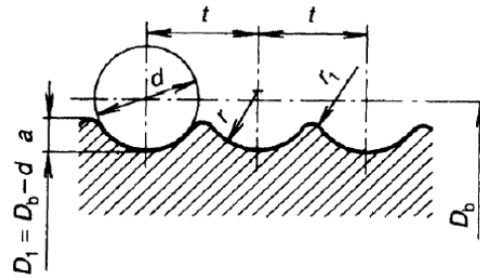
Závěsný hák s okem s nosností do 2 500 kg odpovídá dovolenému zatížení 20 000 N.



Obr. 30. Závěsný hák.

8 NÁVRH BUBNU

Buben je navrhován dle normy ČSN 27 1820 (Kladky a bubny pro ocelová lana). Ze jmenovitého průměru lana se vypočítá průměr bubnu přes koeficient a stanoví se ostatní rozměry. Buben je vyrobený z bežešvé trubky. Na bubnu musí být vytvořeny drážky v určité rozteči pro správné navíjení lana na buben, aby nedocházelo k navíjení lana přes sebe a následným deformacím. [5]



Obr. 31. Geometrie drážky bubnu. [5]

8.1 Navrhovaný průměr bubnu

Navrhovaný průměr bubnu, byl na základě výpočtu koeficientu velikosti bubnů a námi zvoleného ocelového lana, určen na 130 mm.

$$D_b = \alpha \cdot d \text{ [mm]} \quad (2)$$

$$D_b = 20 \cdot 6,5 \text{ [mm]}$$

$$D_b = 130 \text{ mm}$$

Kde: $\alpha = 20$ koeficient velikosti kladek a bubnů

8.2 Průměr drážek

Drážky vytvořené v lanovém bubnu, slouží ke správnému navíjení lana, aby nedocházelo k jeho deformaci při navíjení.

$$D_1 = D_b - d \text{ [mm]} \quad (3)$$

$$D_1 = 130 - 6,5 \text{ [mm]}$$

$$D_1 = 123,5 \text{ mm}$$

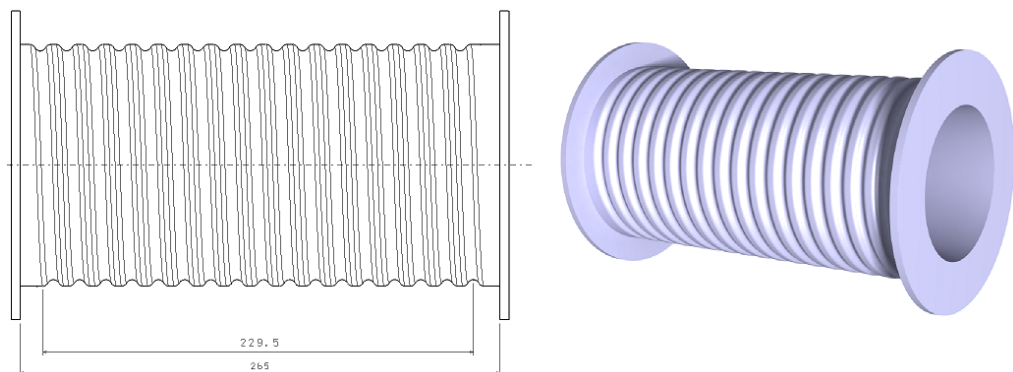
8.3 Rozměry bubnu

Polotovarem lanového bubnu je volena ocelová bežešvá trubka tvářená za tepla. [7] Na základě provedených výpočtů byly zvoleny následující rozměry bubnu:

- Navrhovaný průměr bubnu $D_b = 130$ mm
- Průměr drážek $D_1 = 123,5$ mm
- Rozteč drážky $t = 8,5$ mm
- Poloměr drážky $r = 3,5$ mm
- Hloubka drážky $a = 2,5$ mm
- Poloměr zaoblení $r_1 = 0,5$ mm

8.4 Šířka lanového bubnu

Šířka lanového bubnu se odvíjí od délky lana, které je potřeba na buben navinout. Vypočítá se přes počet závitů potřebných pro navinutí. Navíc se připočítávají 2 až 3 rezervní závity, které snižují třením tažnou sílu pro ukotvení lana k bubnu. [6]



Obr. 32. Šířka lanového bubnu.

Počet závitů lana na buben

Výpočet závitu na bubnu je závislý na maximální tažné síle v laně, zvoleného průměru lanového bubnu a přičtení rezervních závitů.

$$z = \frac{l_l}{\pi \cdot D_b} + 2 \text{ až } 3 \quad (4)$$

$$z = \frac{10\,000}{\pi \cdot 130} + 2$$

$$z \doteq 27 \text{ závitů}$$

Kde: $l_l = 10$ m délka lana

Šířka závitové části

Šířka závitové části lanového bubnu se odvíjí od počtu závitů a rozteče mezi jednotlivými drážkami.

$$l = z \cdot t \text{ [mm]} \quad (5)$$

$$l = 27 \cdot 8,5 \text{ [mm]}$$

$$l = 229,5 \text{ mm}$$

Šířka bubnu

Šířka lanového bubnu je násobek rozteče mezi jednotlivými drážkami a šířkou závitové části.

$$l_b = (4 \cdot t) + l \text{ [mm]} \quad (6)$$

$$l_b = (4 \cdot 8,5) + 229,5 \text{ [mm]}$$

$$l_b = 263,5 \text{ mm}$$

Navrhovaná šířka bubnu je vypočítána pro ideální případ. Ve skutečnosti mezi závity vzniknou mezery a skutečná šířka bude větší. Je zvolena šířka bubnu $l_b = 265 \text{ mm}$.

8.5 Pevnostní kontrola pláště bubnu

Lanový buben je namáhán ohybem, krutem a vnějším přetlakem. Pevnostní kontrola spočívá ve stanovení redukováného napětí a porovnání s dovoleným napětím. Na výrobu pláště bubnu bude použita bežešvá trubka jakosti S235 o vnějším průměru 133 mm a tloušťce stěny 16 mm. [7]

Vnitřní průměr trubky

Jedná se o zjištění vnitřního průměru trubky, který se vypočítá z vnějšího průměru oproti tloušťce stěny bežešvé trubky.

$$d_1 = d_v - 2 \cdot d_{ts} \text{ [mm]} \quad (7)$$

$$d_1 = 133 - 2 \cdot 16 \text{ [mm]}$$

$$d_1 = 101 \text{ mm}$$

Kde: $d_v = 133 \text{ mm}$ je vnější průměr trubky

$d_{ts} = 16 \text{ mm}$ je tloušťka stěny

8.5.1 Výpočet ohybového napětí

Maximální ohybový moment je největší v případě zatěžování bubnu v jeho středu. Reakce od ložisek je v případě symetrického bubnu stejná a rovná se polovině zatěžující síly. [4]

Maximální ohybový moment:

$$M_o = \frac{F \cdot l_b}{4} [Nmm] \quad (8)$$

$$M_o = \frac{10\,000 \cdot 265}{4} [Nmm]$$

$$M_o = 662\,500 \text{ Nmm}$$

Průřezový modul pro ohyb:

$$W_o = 0,8 \cdot (D_1 - s)^2 \cdot s [mm^3] \quad (9)$$

$$W_o = 0,8 \cdot (123,5 - 11)^2 \cdot 11 [mm^3]$$

$$W_o = 111\,375 \text{ mm}^3$$

Ohybové napětí:

Výsledné ohybové napětí by mělo být menší než 15 MPa.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} [MPa] \quad (10)$$

$$\sigma_o = \frac{662\,500}{111\,375} [MPa]$$

$$\sigma_o = 5,95 \text{ MPa}$$

Z výsledku je patrné, že z hlediska namáhání ohybem buben vyhovuje.

8.5.2 Výpočet napětí v krutu

Krouticí moment:

$$M_k = F \cdot \frac{D_b}{2} [Nmm] \quad (11)$$

$$M_k = 10\,000 \cdot \frac{130}{2} [Nmm]$$

$$M_k = 650\,000 \text{ Nmm}$$

Průřezový modul pro krut:

$$W_k = 2 \cdot W_o \text{ [mm}^2\text{]} \quad (12)$$

$$W_k = 2 \cdot 111\,375 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$W_k = 222\,750 \text{ mm}^2$$

Výsledné napětí v krutu:

Výsledné napětí v krutu by se mělo pohybovat v rozmezí hodnot 2 – 5 MPa.

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \text{ [MPa]} \quad (13)$$

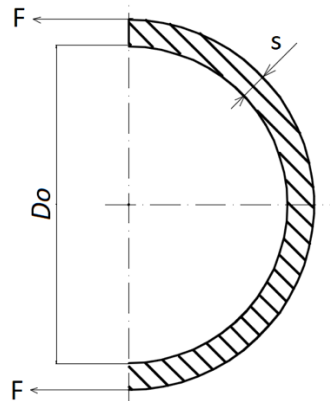
$$\tau_k = \frac{650\,000}{222\,750} \text{ [MPa]}$$

$$\tau_k = 2,9 \text{ MPa}$$

Z výsledku je patrné, že napětí v krutu vyhovuje.

8.5.3 Napětí od vnějšího přetlaku

Tlakové napětí vzniká sevřením pláště lanem. Vypočítá se jako tenkostěnná nádoba. [6]



Obr. 33. Schéma výpočtu tlakového napětí.

$$\sigma_{tl} = \frac{F}{s \cdot t} \text{ [MPa]} \quad (14)$$

$$\sigma_{tl} = \frac{10\,000}{11 \cdot 8,5} \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{tl} = 107 \text{ MPa}$$

8.5.4 Kontrola výsledného redukováného napětí

Výsledné redukované napětí musí být menší nebo rovno dovolenému napětí, které odpovídá 110 MPa.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_{tl}^2 + \sigma_o \cdot \sigma_{tl} + 3 \cdot \tau^2} \text{ [MPa]} \quad (15)$$

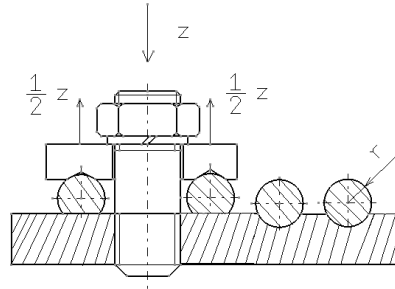
$$\sigma_{red} = \sqrt{5,95^2 + 107^2 + 5,95 \cdot 107 + 3 \cdot 2,9^2} \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{red} = 106,2 \text{ MPa}$$

Dle výsledného napětí buben vyhovuje pevnostní kontrole.

8.6 Upevnění lana na buben

Upevnění lana k bubnu je docíleno pomocí přílozek, které svírají lano přes závrtný šroub. Musí být stanovena dostatečná osová síla ve šroubu, aby bylo docíleno správného sevření lana a překonání snížené tažné síly. Tato síla je skutečná síla lana, snížená třením o buben dvěma až třemi rezervními závity. Obvykle se využívají dvě příložky umístěné ve vzdálenosti 5 průměrů šroubů. Postup výpočtu je proveden podle knihy Jeřáby. [6]



Obr. 34. Upevnění lana pomocí přílozek.

Pro ukotvení lana volím závrtný šroub M8x22 ČSN 02 1174.

- | | |
|--|----------------------------------|
| • Pevnostní třídy 5.8 s mezí kluzu | $\sigma_{dov} = 390 \text{ MPa}$ |
| • Malý průměr závitu | $d_3 = 6,466 \text{ mm}$ |
| • Střední průměr závitu | $d_2 = 7,188 \text{ mm}$ |
| • Rozteč závitu | $P_z = 1,25 \text{ mm}$ |
| • Součinitel tření v závitu | $f_z = 0,15$ |
| • Součinitel tření pod maticí | $f_m = 0,17$ |
| • Součinitel tření lana | $f = 0,13$ |
| • Síla P je síla v laně | $P = F_1 = 10\,000 \text{ N}$ |
| • Součinitel pro snížení tažné síly, který vychází z opásání | $e^{f\alpha} = 11,63$ |

8.6.1 Výpočet šroubu

SNÍŽENÁ TAŽNÁ SÍLA LANA

Výpočet snížené tažné síly lana se vypočítá

$$P_0 = \frac{P}{e^{f\alpha}} \text{ [N]} \quad (16)$$

$$P_0 = \frac{10\,000}{11,63} \text{ [N]}$$

$$P_0 = 859,84 \text{ N}$$

OSO VÁ SÍLA VE ŠROUBU

$$Z = \frac{P_0}{2 \cdot f} [N] \quad (17)$$

$$Z = \frac{859,85}{2 \cdot 0,13} [N]$$

$$Z = 3\,306,9 \text{ N}$$

OHYBOVÝ MOMENT ŠROUBU

$$M_o = P_0 \cdot l [N \cdot mm] \quad (18)$$

$$M_o = 859,85 \cdot 10 [N \cdot mm]$$

$$M_o = 8598,45 \text{ N} \cdot mm$$

MODUL PRŮŘEZU V OHYBU

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} [mm^3] \quad (19)$$

$$W_0 = \frac{\pi \cdot 6,466^3}{32} [mm^3]$$

$$W_0 = 26,54 \text{ mm}^3$$

PRŮŘEZ ŠROUBU

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} [mm^2] \quad (20)$$

$$S_0 = \frac{\pi \cdot 6,466^2}{4} [mm^2]$$

$$S_0 = 32,84 \text{ mm}^2$$

CELKOVÉ NAPĚTÍ

$$\sigma_c = \frac{Z}{j \cdot S_0} + \frac{M_o}{j \cdot W_0} [MPa] \quad (21)$$

$$\sigma_c = \frac{3\,306,9}{2 \cdot 32,84} + \frac{8\,598,45}{2 \cdot 26,54} [MPa]$$

$$\sigma_c = 212,34 \text{ MPa}$$

KONTROLA

$$k_s = \frac{\sigma_{dov}}{\sigma_c} \geq 1,2 \quad (22)$$

$$k_s = \frac{390}{212,34} = 1,8 \geq 1,2 \rightarrow \text{Vyhovující, kontrolní výpočet je větší než 1,2.}$$

8.6.2 Výpočet matice**VÝPOČET ÚHLU ŠROUBU**

$$\gamma = \arctan\left(\frac{P_z}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctan\left(\frac{1,25}{\pi \cdot 7,188}\right) = 3,168^\circ \quad (23)$$

$$\beta_n = \arctan(tg\beta \cdot \cos\gamma) = \arctan(tg30^\circ \cdot \cos3,168^\circ) = 29,96^\circ \quad (24)$$

$$\varphi' = \arctan\left(\frac{f_z}{\cos\beta_n}\right) = \arctan\left(\frac{0,15}{\cos 29,96^\circ}\right) = 9,82^\circ \quad (25)$$

MOMENT ZÁVITU

$$M_{TZ} = Z \cdot \tan(\gamma + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} [N \cdot mm] \quad (26)$$

$$M_{TZ} = 3\,306,9 \cdot \tan(3,168^\circ + 9,82^\circ) \cdot \frac{7,188}{2} [N \cdot mm]$$

$$M_{TZ} = 2\,741,256 N \cdot mm$$

MOMENT TŘENÍ POD MATICÍ

$$M_{TZ} = Z \cdot f_m \cdot \frac{d_s}{2} [N \cdot mm] \quad (27)$$

$$M_{TZ} = 3\,306,9 \cdot 0,17 \cdot \frac{11,6}{2} [N \cdot mm]$$

$$M_{TZ} = 3\,260,603 N \cdot mm$$

UTAHOVACÍ MOMENT

$$M_{ku} = M_{TZ} \cdot M_{TM} [N \cdot m] \quad (28)$$

$$M_{ku} = 2,741 \cdot 3,260 [N \cdot m]$$

$$M_{ku} = 8,937 N \cdot m$$

Potřebný krouticí moment pro správné utážení lana k bubnu je $M_{ku} = 8,937 N \cdot m$.

9 NÁVRH POHONNÉ JEDNOTKY

Ze zvolených parametrů, mezi něž patří tažná síla lana a rychlost navíjení lana, bude zapotřebí vybrat ideální pohonnou jednotku, která bude nejvýhodnější pro daný typ použití.

9.1 Elektromotor

K pohonu převodového ústrojí a následovně lanového bubnu, je volen elektromotor o napětí 12 V.

NÁVRHOVÝ VÝKON ELEKTROMOTORU

Navrhovaný výkon elektromotoru musí být větší, než výkon vypočítaný součinem síly taženého břemena při zvolené rychlosti navíjení lana.

$$P_N = F \cdot \frac{v_n}{60} [W] \quad (29)$$

$$P_N = 10\,000 \cdot \frac{7}{60} [W]$$

$$P_N = 1166,67 \text{ W}$$

Kde: $v_n = 7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ je zvolená návrhová rychlost navíjení druhé vrstvy lana

VOLBA ELEKTROMOTORU

Na základě předchozího výpočtu návrhového výkonu elektromotoru 1 166 W, je vytvořena tabulka se srovnáním různých typů elektromotorů dostupných na trhu. Elektromotory jsou voleny s napětím 12 V, které je dostupné ve vozidlech. Voleny jsou také elektromotory s obousměrným chodem motoru, které je potřebné pro navíjení a odvíjení lana.

Tab. 3. Typy elektromotoru. [36]

Elektromotory JIN LE	W8901P	W8941	W8923
Napětí [V]	12	12	12
Výkon [W]	1 500	1 400	1 400
Točivý moment [N · m]	6	6	6
Otáčky motoru [ot · min⁻¹]	2 220	2 400	2 250
Hmotnost [kg]	7,5	7,5	7,5
Cena [Kč]	808	900	1 000

Srovnání vlastností elektromotorů značky JIN LE je uvedeno v tabulce. Značka JIN LE se vyznačují vysokou kvalitou a dlouhodobou spolehlivostí. Finální elektromotor byl zvolen s označením **JIN LE W8923, 12 V, 1 400 W**. [36]

Základní technické parametry elektromotoru:

- Výkon $P = 1\,400\text{ W}$
- Napětí $U = 12\text{ V}$
- Otáčky motoru $n_M = 2\,250\text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
- Hmotnost $m_M = 7,5\text{ kg}$



Obr. 35. Elektromotor JIN LE W8923. [36]

9.2 Převodové ústrojí

NÁVRHOVÝ PŘEVODOVÝ POMĚR

Návrh převodového poměru je pro zatížení ve 2. vrstvě lana na lanovém bubnu. Vrstva lana na lanovém bubnu vytváří větší kroutící moment a potřebuje větší výkon vyvozený motorem při stejné úhlové rychlosti, než tomu bylo u předchozí vrstvy.

$$D_{B2} = D_B + 3 \cdot d_L \text{ [mm]} \quad (30)$$

$$D_{B2} = 130 + 3 \cdot 6,5 \text{ [mm]}$$

$$D_{B2} = 149,5 \text{ mm}$$

OTÁČKY LANOVÉHO BUBNU

$$n_B = \frac{v_n \cdot 1\,000}{\pi \cdot D_{B2}} \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (31)$$

$$n_B = \frac{7 \cdot 1\,000}{\pi \cdot 149,5} \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$n_B = 14,90 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

NÁVRH PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ

$$i_N = \frac{n_M}{n_B} \text{ [-]} \quad (32)$$

$$i_N = \frac{3\,000}{14,90} \text{ [-]}$$

$$i_N = 151$$

VOLBA PŘEVODOVKY

Na základě předchozího výpočtu navrhovaného poměru převodového ústrojí byly vybrány tři typy komerčně dostupných planetových převodovek. Vlastnosti jednotlivých typů jsou zapsány níže do tabulky. Značka planetové převodovky byla zvolena APEX, která má ideální parametry pro potřebný návrh. Planetové předovky PGII byly zdokonaleny a vznikla velmi kompaktní, lehká převodovka přenášející velké momenty při vysokých otáčkách. [15]

Tab. 4. Typy planetové převodovky. [15]

Převodovky APEX	PGII 120	PGII 060	PGII 160
Převodový poměr [-]	151	122	165
Počet stupňů převodovky [-]	3	3	2
Účinnost [%]	91	94	94
Maximální dovolený výstupní moment [Nm]	2 250	2 500	2 000
Průměr výstupní hřídele [mm]	36	36	36
Hmotnost převodovky [kg]	5,3	5,5	5,3
Cena [Kč]	850	950	900

Finální planetová převodovka byla zvolena od firmy APEX s označením **PGII 120**.

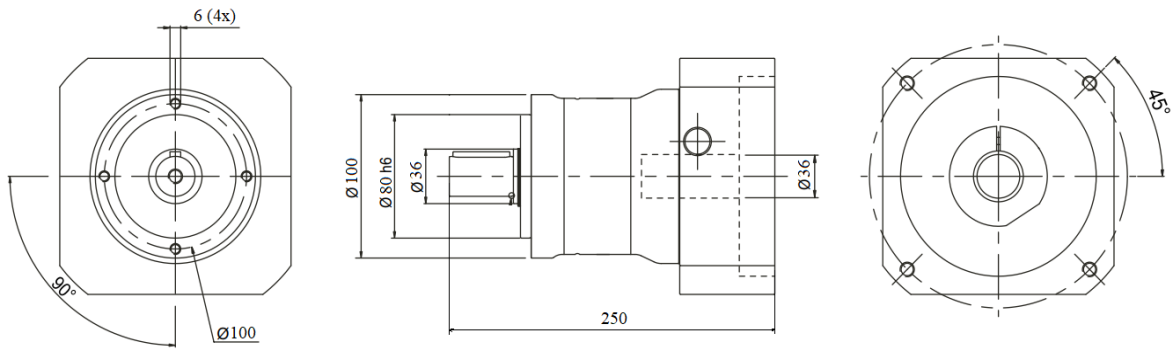
Základní technické parametry:

- Převodový poměr $i = 151$
- Počet stupňů planetové převodovky 3
- Účinnost $\eta_p = 91 \%$
- Maximální dovolený výstupní moment $M_{P_{max}} = 2\,250 \text{ Nm}$
- Průměr výstupní hřídele $d_{p2} = 36 \text{ mm}$
- Hmotnost převodovky $m_p = 5,3 \text{ kg}$



Obr. 36. Převodovka APEX PGII 120. [15]

Schéma zvolené planetové převodovky od firmy APEX. Ve schématu jsou uvedené základní rozměry planetové převodovky. Průměr výstupní hřídele činí 36 mm. [15]



Obr. 37. Schéma planetové převodovky APEX PGII 120. [15]

9.3 Kontrola elektromotoru

Kontrola elektromotoru je provedena z hlediska celkového skutečného potřebného výkonu, který je součtem skutečného výkonu vyvozeného silou a brzdného výkonu uskutečňován jako odpor v ložiscích.

SKUTEČNÁ RYCHLOST NAVÍJENÍ

$$v_N = \frac{\pi \cdot D_{B2} \cdot n_M}{i \cdot 1000} [m \cdot \text{min}^{-1}] \quad (33)$$

$$v_N = \frac{\pi \cdot 149,5 \cdot 2}{151 \cdot 1000} [m \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$v_N = 6,99 m \cdot \text{min}^{-1}$$

SKUTEČNÝ VÝKON VYVOZENÝ SILOU

$$P_S = F \cdot \frac{v_N}{60 \cdot \eta_P \cdot \eta_{ost}} [W] \quad (34)$$

$$P_S = 10\,000 \cdot \frac{6,99}{60 \cdot 0,91 \cdot 0,95} [W]$$

$$P_S = 1347,60 W$$

Kde: $\eta_{ost} = 0,95 [-]$ je zvolená účinnost ostatních částí navijáku

CELKOVÝ SKUTEČNÝ POTŘEBNÝ VÝKON

$$P_C = P_S + P_L [W] \quad (35)$$

$$P_C = 1347,60 + 21,07 [W]$$

$$P_C = 1\,368,67 W$$

Kde: $P_L = 21,07 W$ je brzdný výkon vyvozený ložisky

Výsledná hodnota potřebného výkonu je tedy menší než uváděná hodnota výrobcem, zvolený motor je vyhovující.

9.4 Kontrola převodovky

U převodovky je kontrolován maximální dovolený výstupní moment a otláčení pera převodovky.

KONTROLA MAXIMÁLNÍHO MOMENTU

Kontrola převodového ústrojí spočívá ve stanovení maximálního dovoleného výstupního momentu a otláčení pera převodovky. Maximální moment je vyvolán maximální silou v laně F na maximálním poloměru, který je na navijáku vyvozen v době navinování druhé vrstvy lana.

$$M_{kmax} = F \cdot \frac{D_{B2}}{2 \cdot 1000} [Nm] \quad (36)$$

$$M_{kmax} = 10\,000 \cdot \frac{149,5}{2 \cdot 1\,000} [Nm]$$

$$M_{kmax} = 747,5 Nm$$

Maximální dovolený moment na výstupní hřídeli převodovky činí $M_{Pmax} = 2\,100 Nm$, je tedy větší než námi vypočtený maximální moment. Zvolená převodovka vyhovuje.

9.5 Kontrola pérového spoje

Pérové spoje jsou namáhány na stříh a otláčení. Výpočet pera na základě jeho statické pevnosti ve stříhu se obvykle neprovádí a zpravidla rozhoduje výpočet na otláčení.

DOVOLENÝ TLAK

Dovolený tlak na bocích drážek v náboji pro jednosměrné, klidné zatížení je počítán dle [4], str. 1081.

$$p_D = 0,8 \cdot p_0 \text{ [MPa]} \quad (37)$$

$$p_D = 0,8 \cdot 150 \text{ [MPa]}$$

$$p_D = 120 \text{ MPa}$$

Kde: $p_0 = 150 \text{ MPa}$ - je základní hodnota tlaku, pro spojení ocel – ocel [4], str. 1081

OBVODOVÁ SÍLA NA POVRCHU HŘÍDELE

$$F_0 = \frac{M_{kmax} \cdot 2 \cdot 1\,000}{d_{p2}} \text{ [N]} \quad (38)$$

$$F_0 = \frac{747,5 \cdot 2 \cdot 1\,000}{36} \text{ [N]}$$

$$F_0 = 41\,527,78 \text{ N}$$

MINIMÁLNÍ DÉLKA PERA

$$l_{min} = \frac{F_0}{p_D \cdot t_1} + b \text{ [mm]} \quad (39)$$

$$l_{min} = \frac{41\,527,78}{120 \cdot 3,3} + 10 \text{ [mm]}$$

$$l_{min} = 104,87 \text{ mm}$$

Kde: $t_1 = 3,3 \text{ mm}$ je hloubka drážky pro pero v náboji, [4], str. 1078

$b = 10 \text{ mm}$ je šířka pera, [4], str. 1078

9.6 Potřebný brzdící moment

Výpočet brzdícího momentu

$$M_{BN} = \frac{F \cdot D_{B2} \cdot \eta_P}{2 \cdot i \cdot 1000} [Nm] \quad (40)$$

$$M_{BN} = \frac{10\,000 \cdot 149,5 \cdot 0,91}{2 \cdot 151 \cdot 1\,000} [Nm]$$

$$M_{BN} = 4,50 Nm$$

Zvolení brzdícího momentu

$$M_{BN2} = \beta \cdot M_{BN} [Nm] \quad (41)$$

$$M_{BN2} = 1,75 \cdot 4,50 [Nm]$$

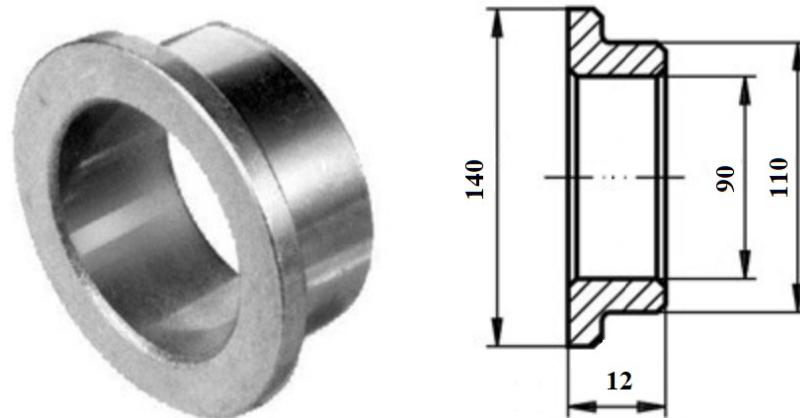
$$M_{BN2} = 7,88 Nm$$

Kde: $\beta = 1,75$ je součinitel bezpečnosti brzdy

Součástí motoru bude elektromagnetická ovládaná brzda, jenž bude mít nadstavený brzdný moment o velikosti $M_B = 8 Nm$

10 NÁVRH ULOŽENÍ

Buben navijáku bude přivařen na hřídel. Uložení hřídele bude pomocí samomazných kluzných ložisek s přírubovým pouzdrem vyrobené z vysoce pevné mosazi plněné pevným mazivem. Ložiska byla vybraná od firmy **SKF** s označením **FY90**. Výhodou těchto kluzných ložisek je snadná opravitelnost, dobrá konstrukční přizpůsobivost, jednoduchá výroba. Vnitřní část pouzdra průměr 90 mm a šířku 12 mm. [28]



Obr. 38. Samomazná kluzná ložiska. [28]

10.1 Obvodová rychlost v místě opotřebení

Pro daný typ ložiska je dovolená hodnota kluzné rychlosti $v_D = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. [4], str. 708

$$v_0 = \pi \cdot \frac{d_l}{i \cdot 60 \cdot 1\,000} \cdot n_M \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (44)$$

$$v_0 = \pi \cdot \frac{90}{151 \cdot 60 \cdot 1\,000} \cdot 2\,250 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$v_0 = 0,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: $d_l = 90 \text{ mm}$ - je vnitřní průměr pouzdra

Z výsledku je patrné, obvodová rychlost je menší, než dovolená. Ložisko vyhovuje.

10.2 Brzdný výkon vyvozený ložisky

Třecí síla na povrchu obou ložisek

$$F_t = f_t \cdot F \text{ [N]} \quad (45)$$

$$F_t = 0,03 \cdot 10\,000 \text{ [N]}$$

$$F_t = 300 \text{ N}$$

Kde: $f_t = 0,03$ [-] je součinitel smykového tření, voleno pro materiál ložiska dle [4]

Třecí moment

$$M_t = F_t \cdot \frac{d_l}{2 \cdot 1000} \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (46)$$

$$M_t = 300 \cdot \frac{90}{2 \cdot 1000} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$M_t = 13,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výkon vyvozený třecí silou v ložiscích

$$P_L = M_t \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_M}{i \cdot 60} \text{ [W]} \quad (47)$$

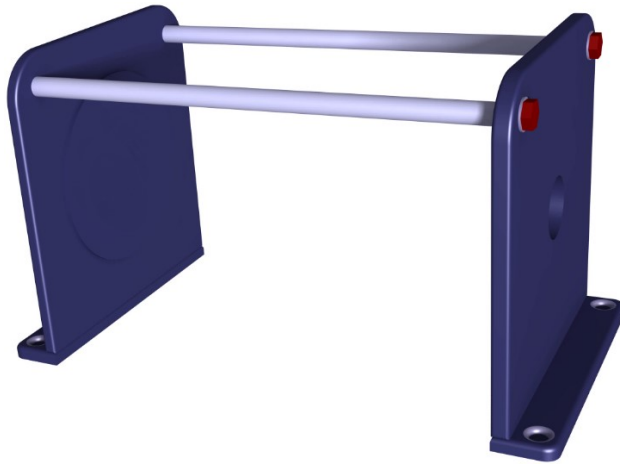
$$P_L = 13,5 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2\,250}{151 \cdot 60} \text{ [W]}$$

$$P_L = 21,07 \text{ W}$$

11 NÁVRH UCHYCENÍ

Jelikož se jedná o univerzální naviják, je zvoleno uchycení pevně spojené s rámem vozidla. Upevnění bude pomocí šroubů, a tudíž jednoduchého demontování. Tím bude docíleno použití navijáku i v jiných případech.

Šrouby pro uchycení k pevnému rámu vozidla jsou zvoleny s metrickým závitem M12. Kvůli předpokládanému namáhání a zkroucení jsou bočnice lanového bubnu opatřeny vzpěrnými tyčemi se závitem. Tyto vzpěry zamezí vzniku nežádoucích deformací.



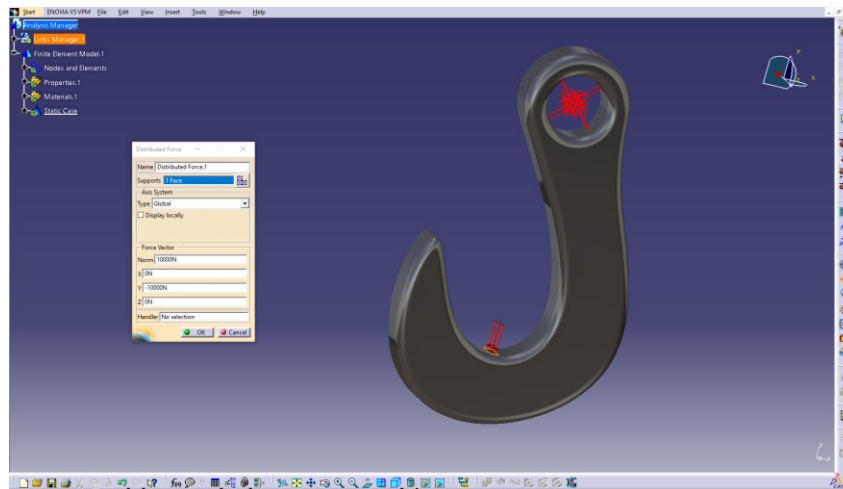
Obr. 39. Konstrukce uchycení navijáku.

12 OVĚŘENÍ VÝPOČTŮ POMOCÍ SIMULACE

Simulace byla vytvořena v softwaru CATIA V5. Do simulace byl zařazen závěsný hák a buben lanového navijáku.

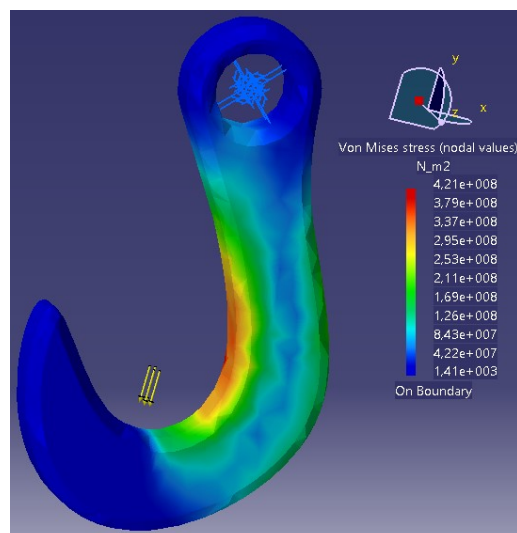
12.1 Simulace závěsného háku

Zvolení materiálu a následné ukotvení závěsného háku. Síla, která působí na závěsný hák je 10 000 N.



Obr. 40. Nastavení samotné simulace v softwaru CATIA V5.

Následné vypočítání, grafické upravení a znázornění výsledné simulace společně s výsledky.



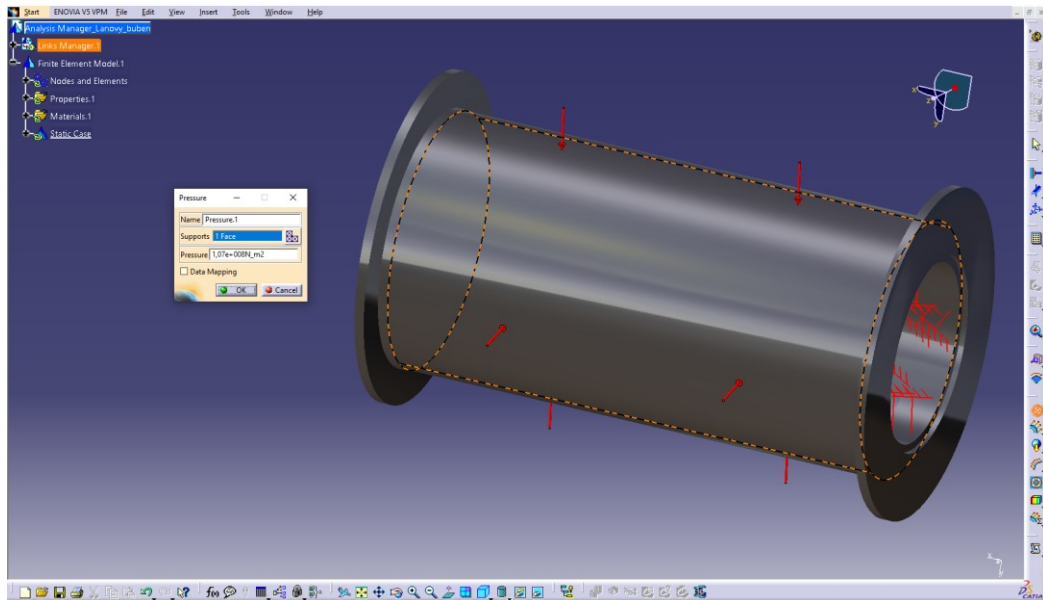
Obr. 41. Výsledná simulace závěsného háku.

U simulace závěsného háku, je voleno zatížení 10 000 N. Uchycení háku se nachází v oku háku. Výsledky jsou v hodnotách, které jsme předpokládali, čili maximální hodnota napětí se blíží k 421 MPa.

12.2 Simulace lanového bubnu

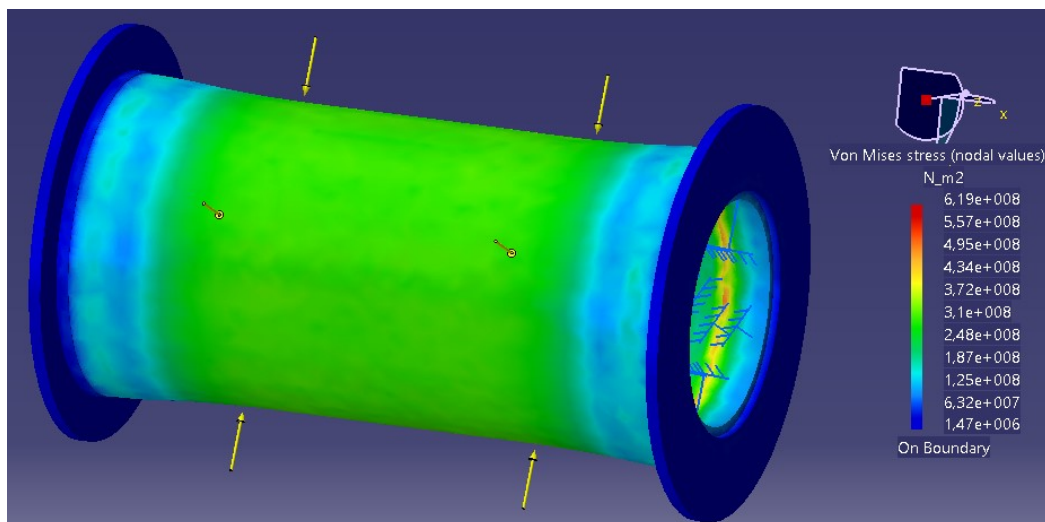
Počáteční pohled na lanový buben v prostředí, pro vytvoření simulace.

Uchycení lanového bubnu a následné zadání tlakového napětí, které působí na lanový buben.



Obr. 42. Definice hodnot pro lanový buben.

Po zadání hodnoty tlakového napětí, které činí 107 MPa, se model vypočítá. Graficky se upraví zobrazení simulace a následné zobrazení výsledku.



Obr. 43. Výsledná simulace lanového bubnu.

U simulace lanového bubnu, je voleno otláčení na lanový buben, které je zadáno v hodnotě 107 MPa. Uchycení bubnu se nachází na místě pro ložiska. Maximální hodnota napětí se blíží k 490 MPa. Výsledky v obou případech vyhovují.

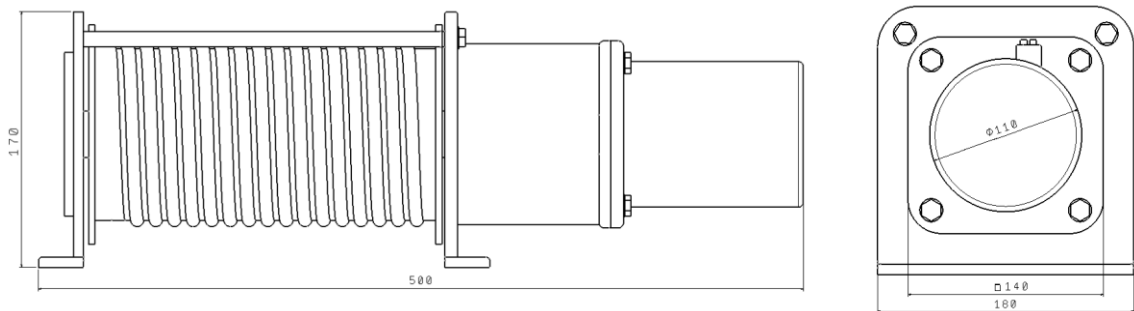
13 FINÁLNÍ NÁVRH NAVIJÁKU

Sestrojení finálního návrhu je uvedeno v rozměrovém schématu, ve kterém jsou uvedeny základní rozměry. Model navijáku v následující kapitole popisuje hlavní části k provozu univerzálního lanového navijáku. V poslední podkapitole jsou zahrnuty ceny jednotlivých komponentů lanového navijáku a poté je vytvořena celková cena navrhované univerzálního lanového navijáku.

13.1 Rozměrové schéma

Při řešení návrhu a zkonstruování lanového navijáku bylo pracováno s různými způsoby sestavení. Nejvýhodnější řešení bylo zakomponováno do bakalářské práce tak, aby byl vytvořen naviják, který lze využít pro širokou škálu pracovních schopností.

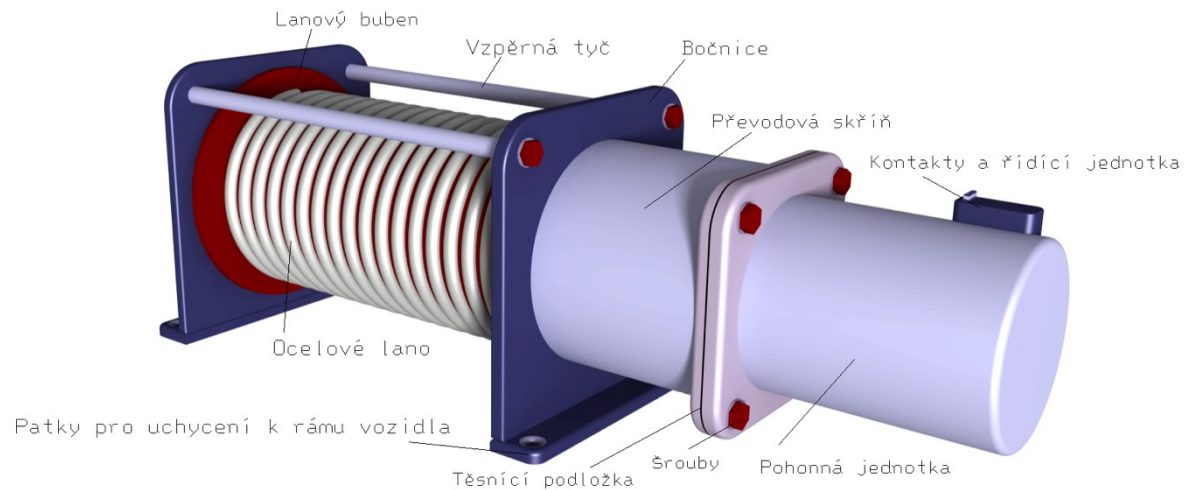
Hlavní rozměry univerzálního lanového navijáku jsou uvedeny v rozměrovém schématu. Základní délka je 500 mm, výška 170 mm a šířka činí 100 mm.



Obr. 44. Rozměrové schéma.

13.2 Model navijáku s popisem částí

Model popisuje všechny hlavní části potřebné k provozu navijáku. Ocelové lano navinuté na lanovém bubnu, které je na hřídeli ukotveno v bočnicích, jenž jsou opatřeny vzpěrnými tyčemi proti deformacím. Na bočnicích jsou současně patky pro uchycení k rámu vozidla. Převodová skříň je s pohonnou jednotkou spojena pomocí šroubů. Na pohonné jednotce se nachází výstup pro kontakty s řídicí jednotkou lanového navijáku.



Obr. 45. Model lanového navijáku.

13.3 Cenová kalkulace navrženého řešení

V tabulce cenové kalkulace navrženého řešení lanového navijáku jsou popsány jednotlivé komponenty, se kterými jsem během vytváření návrhu navijáku pracoval.

Ocelové lano značky DIEPA B 45 o jmenovitém průměru 6,5 mm a délce 10 m. Závěsný hák do nosnosti 2 500 kg odpovídá dovolenému zatížení 20 000 N. Na buben lanového navijáku je použita bezešvá trubka tvářená za tepla jakosti S235, vnějším průměru 133 mm a tloušťce stěny 16 mm. K upevnění lana na buben jsou použity příložky, svírající lano přes závrtný šroub. Pohonnou jednotkou byl zvolen elektromotor JIN LE s označením W8923, 12 V, 1 400 kW. Převodové ústrojí voleno planetová převodovka APEX PGII 120. Uložení hřídele pomocí samomazných kluzných ložisek od firmy SKF s označením FY90 s přírubovým pouzdrem vyrobené z vysoko pevné mosazi. Uchyacení bočnic navijáku pomocí normovaných šroubů. Na bočnicích umístěny vzpěrné tyče se závitem.

Tab. 5. Cenová kalkulace.

Komponent	Cena
Ocelové lano	550 Kč
Závěsný hák	400 Kč
Bezešvá trubka bubnu	100 Kč
Příložky upevňující lano	50 Kč
Elektromotor	1 000 Kč
Planetová převodovka	850 Kč
Ložiska hřídele	50 Kč
Šrouby	70 Kč
Vzpěrné tyče	30 Kč
Celkem	3 100 Kč

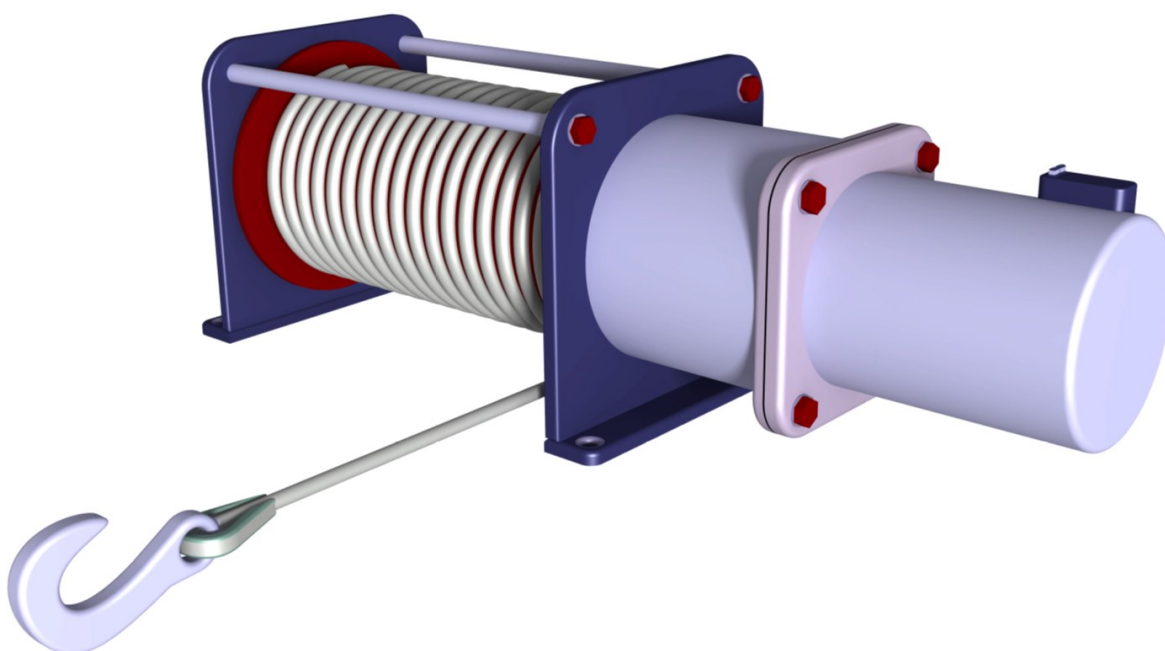
Celková cena komponentů navrženého navijáku činí 3 100 Kč.

ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je návrh a konstrukce univerzálního lanového navijáku. Práce obsahuje navržení vhodných komponentů pro zlepšení dosavadních navijáků. Lano je voleno ocelové pro zvýšení jmenovité únosnosti, která činí 20 000 N. Zakončení lana je pomocí kluzného háku s očnicí, aby nedocházelo k nadměrnému poškození v kotvící části. Konstrukcí lanového bubnu s drážky pro lano je zamezeno navíjení lana přes sebe a tím tedy odvrácení deformace lana. Upevnění lana k bubnu je docíleno pomocí příložek, které svírají lano.

K pohonu je použit elektromotor o výkonu 1,5 kW a napětí 12 V dostupného ve vozzech. Převodové ústrojí je voleno s planetovou převodovkou, která umožňuje dosažení vysokých převodových poměrů. Uložení hřídele pomocí samomazných kluzných ložisek.

Uchycení lanového navijáku je voleno pevné rozebíratelné spojení s rámem vozu. Díky uchycení pomocí šroubů jej lze snadno demontovat a použít v různých případech.



Obr. 46. Univerzální lanový naviják.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JANČÍK, Luděk a Jiří ZÝMA. Části a mechanismy strojů. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 201 s. ISBN 8001028917
- [2] LUKOVICS, Imrich, Libuše SÝKOROVÁ a František VOLEK. Části a mechanismy strojů. V Brně: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně, 2000, 185 s. ISBN 8021415665
- [3] Švec, Vladimír. Části a mechanismy strojů: mechanické převody. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 174 s. ISBN 8001019349
- [4] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 2010, ISBN 978-80-214-2629-0
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7
- [6] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. Jeřáby. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1968. Technický průvodce.
- [7] MYNÁŘ, Břetislav; KAŠPÁREK, Jaroslav. Dopravní a manipulační zařízení-pro posluchače bakalářského studia na FSI v Brně
- [8] ČSN-EN 14492-1. Jeřáby - Vrátky, kladkostroje a zdvihové jednotky se strojním pohonem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] Seznam zboží - ZAHAS s.r.o. [online]. Dostupné z: http://qishop.zahas-sro.cz/lanovynavijak-KBF-1000-vcetne-automatickeho-ukladace-lana-d76538_10939.asp
- [10] Ruční naviják, do 600 kg - Optický svět. *Lovecké potřeb noční vidění, termovize* - [online]. Dostupné z: <https://www.optickysvet.cz/autodoplanky/rucni-navijak--do-600-kg/>
- [11] NAVIJAKY.CZ - značkové navijáky s dlouholetou tradicí. NAVIJAKY.CZ - značkové navijáky s dlouholetou tradicí [online]. Copyright © NAVIJÁKY.CZ s.r.o.. [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://www.navijaky.cz/>
- [12] Ako si vybrat naviják. GPS [online]. 2012 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.webareal.sk/gps/1-poradime/2-Ako-si-vybrat-navijak>
- [13] KOPAL, Vlastimil, Mojmír HOFÍREK a Jindřich ADÁMEK. Stavba a provoz strojů IV: konstrukční uspořádání, provoz a údržba : učební text pro 4. ročník středních průmyslových škol strojnických. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982. 424 stran. SPN 04-235-82.

- [14] Martin Hovorka - Lana - řetězy. Martin Hovorka - Lana - řetězy [online]. Copyright © 2019, Martin Hovorka [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://www.lana-retezy.cz>
- [15] [online]. Copyright © APEX DYNAMICS CZECH s.r.o. [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://www.apexdynaczech.cz>
- [16] Stavební výtah Böcker HD 31K | SVP - půjčovna s.r.o.. Stavební výtahy | SVP - půjčovna s.r.o. [online]. 2019 SVP [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://www.stavebni-vytahy.cz/stavebni-vytah-bocker-hd-31k.html>
- [17] NÁŘADÍ VÍTEK s.r.o. - Powerplus POWX902 Lanový naviják (kočka) 1 050 W 300-600Kg - POWERPLUS - Elektrické navijáky a kladkostroje - Navijáky, kladkostroje, Manipulační technika, zvedáky [online]. 2019 Nářadí Vítek [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <https://www.naradi-vitek.cz/Powerplus-POWX902-Lanovy-navijak-1-050-W-300-600Kg>.
- [18] Prolink - offroad shop. Offroad CB [online]. 2012 [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://www.offroad-cbshop.sk/prislusenstvo-k-navijakom/prolink/prolink/?vmcchk=1>
- [19] ČSN EN 60204-32 ed. 2 (332200) - Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 32: Požadavky na elektrická zařízení zdvihacích strojů - duben 2009 - Technické normy - Ing. Jiří Hrazdil. [online]. Copyright © 2003 [cit. 12.04.2019].
- [20] Buben k navijáku DWM 2000 ST DragonWinch - bubny - | www.maxim-pneu.cz. | www.maxim-pneu.cz [online]. Copyright 2019 Maxim Pneu [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <https://www.maxim-pneu.cz/cz/navijaky-dragonwinch/nahradni-dily/atv/bubny/719040-buben-k-navijaku-dwm-2000-st-dragonwinch.html>
- [21] CBONE WINCH : Naviják CBONE WINCH Basic 3000s, 12V - Navijaky na offroad [online]. Dostupné z: <http://www.navijakyshop.cz/cbone-winch/navijak-cbone-winch-basic-3000s-so-syntetickym-lanom-12v>
- [22] Navijak CBONE WINCH Profesional 16500 12V - offroad shop. Offroad CB shop produkty skladom - offroad shop [online]. Copyright © 2012 [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://www.offroad-cbshop.sk/navijaky-offroad-atv-polovnici/cbone-winch/navijak-cbone-winch-profesional-16500-12v/?vmcchk=1>
- [23] Přenosný motorový lanový naviják PCW 5000 - ZAHAS s.r.o.. Seznam zboží - ZAHAS s.r.o. [online]. Dostupné z: http://qishop.zahas-sro.cz/12-Vyprostovani/Vyprostovaci-navijaky/Motorove-navijaky-PORTABLE-WINCH/Prenosny-motorovy-lanovy-navijak-PCW5000-_d16927051_10939.aspx
- [24] Wire Ropes Detail - Diepa - Special Wire Ropes. Special Wire Ropes [online]. Dostupné z: <http://www.diepa.de/index.php/products/wire-ropes-detail/diepa-b-4048.html>

- [25] [online]. Dostupné z: <https://www.seal-navijaky.cz/montaze-hasicska/>
- [26] Elektrický lanový naviják GUDE GSZ 300/600 | SKOŘUPA - nářadí a nástroje, akunaradi.cz. SKOŘUPA - nářadí a nástroje, akunaradi.cz [online]. Copyright © 2010 [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <https://www.akunaradi.cz/elektricky-lanovy-navijak>
- [27] [online]. Dostupné z: <http://www.ramsey.com/shop/planetary-products/rph-35000> ČSN 27 0101 (270101) - Jeřáby. Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů - Technické normy
- [28] [online]. Dostupné z: <https://www.skf.com> SKF
- [29] Review - WARN JL Winch Plate 4WAAM [online]. 2019 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <https://4wheelsandamotor.com/reviews/review-warn-jl-winch-plate/>
- [30] Navijáky a příslušenství | vapp.cz . VAPP přívěsy a příslušenství, náhradní díly, nápravy a brzdy AL-KO Kober, KNOTT a další. - VAPP přívěsy a příslušenství | vapp.cz [online]. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/navijaky-a-prislusenstvi>
- [31] <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-94241-lesni-lanovy-navijak-uniforest-lesnicke-navijaky-pro-traktory-s-hydraulickym-i-mechanickym-ovladanim>
- [32] Elektrické lanové kladkostroje STAHL . Dodavatel jeřábové techniky Krantechnik | krantechnik.cz [online]. Copyright © 2019 KRANTECHNIK s.r.o., vytvořila eBRÁNA s.r.o. [cit. 12.04.2019]. Dostupné z: <http://krantechnik.cz/lanove-kladkostroje>
- [33] Autodíly autopříslušenství AUTOdésignPLUS, Praha 10. Autodíly autopříslušenství AUTOdésignPLUS, Praha 10 [online]. Dostupné z: <https://www.autodesignplus.cz>
- [34] Navijáky Dragon Winch | Navijáky Dragon Winch | Navijáky Dragon Winch [online]. Copyright © 2019 [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <https://www.alfanavijaky.cz>
- [35] SuperWinch - . SuperWinch - [online]. Copyright © WINCHGURU s.r.o. [cit. 20.04.2019]. Dostupné z: <http://www.superwinch.cz>
- [36] Quality Hydraulic DC Motor & Permanent Magnet DC Motor Manufacturer. Quality Hydraulic DC Motor & Permanent Magnet DC Motor Manufacturer [online]. Copyright © 2017 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <http://www.hydraulic-dcmotor.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	[mm]	Hloubka drážky
b	[mm]	Šířka pera
D	[mm]	Jmenovitý průměr lana
D_1	[mm]	Průměr drážek
d_2	[mm]	Střední průměr závitu
d_3	[mm]	Malý průměr závitu
D_b	[mm]	Navrhovaný průměr bubnu
D_{B2}	[mm]	Průměr bubnu ve 2. vrstvě lana
D_{tl}	[mm]	Tloušťka stěny
d_v	[mm]	Vnější průměr trubky
$e^{f\alpha}$	[-]	Součinitel pro snížení tažné síly
F	[N]	Maximální síla na laně
f	[-]	Součinitel tření lana
F_0	[N]	Obvodová síla povrchu hřídele
f_m	[-]	Součinitel tření pod maticí
F_t	[N]	Třecí síla na obvodu ložisek
f_t	[-]	Součinitel smykového tření
f_z	[-]	Součinitel tření v závitu
i	[-]	Převodový poměr
i_N	[-]	Návrh převodového poměru
k	[-]	Součinitel bezpečnosti lana
k_s	[-]	Kontrolní výpočet šroubu
l_b	[mm]	Šířka bubnu
l_i	[m]	Délka lana
l_{min}	[mm]	Minimální délka pera

M_{BN}	[Nm]	Brzdící moment
M_{BN2}	[Nm]	Zvolený brzdící moment
M_k	[Nmm]	Kroutící moment
M_{kmax}	[Nm]	Maximální kroutící moment vyvozen silou
M_{ku}	[Nm]	Utahovací moment
m_M	[kg]	Hmotnost motoru
M_o	[Nmm]	Ohybový moment
M_{Pmax}	[Nm]	Maximální dovolený moment hřídeli převodovky
M_t	[Nm]	Třecí moment
M_{TZ}	[Nmm]	Moment závitů
n_B	[ot·min ⁻¹]	Otáčky lanového bubnu
n_M	[ot·min ⁻¹]	Otáčky motoru
P	[N]	Síla v laně
P	[W]	Výkon motoru
p_0	[MPa]	Hodnota tlaku pro spojení ocel - ocel
P_C	[W]	Celkový výkon
p_D	[MPa]	Dovolený tlak
P_L	[W]	Brzdňý výkon vyvozen ložisky
P_L	[W]	Výkon vyvozen třecí silou v ložiscích
P_N	[W]	Návrhový výkon elektromotoru
P_o	[N]	Snížená tažná síla
P_S	[W]	Skutečný výkon
P_z	[mm]	Rozteč závitů
r	[mm]	Poloměr drážky
r_1	[mm]	Poloměr zaoblení
S_o	[mm ²]	Průřez šroubu

t	[mm]	Rozteč drážky
t_1	[mm]	Hloubka drážky pro pero v náboji
U	[V]	Napětí motoru
v_0	[m·s ⁻¹]	Obvodová rychlost
v_n	[m·min ⁻¹]	Návrhová rychlost navíjení
v_N	[m·min ⁻¹]	Skutečná rychlost navíjení
W_k	[mm ³]	Průřezový model pro krut
W_o	[mm ³]	Průřezový model pro ohyb
z	[-]	Počet závitů
Z	[N]	Osová síla ve šroubu
α	[-]	Koeficient velikosti kladek a bubnů
β	[-]	Součinitel bezpečnosti brzdy
γ, β, φ	[-]	Úhly šroubů
η_{ost}	[-]	Účinnost ostatních částí navijáku
η_P	[-]	účinnost
σ_c	[MPa]	Celkové napětí
σ_{dov}	[MPa]	Dovolené napětí
σ_o	[MPa]	Výsledné ohybové napětí
σ_{red}	[MPa]	Výsledné redukované napětí
σ_{tl}	[MPa]	Tlakové napětí
τ_k	[MPa]	Výsledné napětí v krutu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Ruční lanový naviják. [10]</i>	12
<i>Obr. 2. Lesní lanový naviják. [31]</i>	12
<i>Obr. 3. Jeřábová kočka. [32]</i>	13
<i>Obr. 4. Stavební výtah. [16]</i>	13
<i>Obr. 5. Automobilový naviják hasičského vozu. [25]</i>	14
<i>Obr. 6. Elektronický lanový naviják. [26]</i>	14
<i>Obr. 7. Rozdělení ozubených kol. [1]</i>	16
<i>Obr. 8. Schéma navijáku s šnekovou převodovkou. [11]</i>	17
<i>Obr. 9. Schéma navijáku s planetovou převodovkou. [11]</i>	17
<i>Obr. 10. Hydraulický lanový naviják. [26]</i>	19
<i>Obr. 11. Elektrický lanový naviják. [12]</i>	20
<i>Obr. 12. Motorový lanový naviják. [9]</i>	20
<i>Obr. 13. Ocelové lano. [13]</i>	22
<i>Obr. 14. Syntetické lano. [14]</i>	22
<i>Obr. 15. Zakončení lana s očnicí a objímkou. [14]</i>	23
<i>Obr. 16. Kluzný hák s okem. [14]</i>	23
<i>Obr. 17. Břemenový hák s kladkou. [17]</i>	24
<i>Obr. 18. Prolink. [18]</i>	24
<i>Obr. 19. Buben navijáku. [20]</i>	25
<i>Obr. 20. Rolna navijáku. [20]</i>	25
<i>Obr. 21. Stálé uchycení navijáku. [29]</i>	26
<i>Obr. 22. Odnímatelné uchycení navijáku. [30]</i>	26
<i>Obr. 23. Naviják CBONE WINCH Basic 3000s. [21]</i>	27
<i>Obr. 24. Naviják ZEON 8 – S. [22]</i>	28
<i>Obr. 25. Přenosný motorový naviják PORTABLE WINCH. [23]</i>	29
<i>Obr. 26. Konstrukce navijáku Come Up. [33]</i>	30
<i>Obr. 27. Konstrukce navijáku Dragon Winch. [34]</i>	31
<i>Obr. 28. Konstrukce navijáku Extreme rallye. [35]</i>	31
<i>Obr. 29. Průřez lana DIEPA B 45. [24]</i>	36
<i>Obr. 30. Závěsný hák.</i>	36
<i>Obr. 31. Geometrie drážky bubnu. [5]</i>	37
<i>Obr. 32. Šířka lanového bubnu.</i>	38

<i>Obr. 33. Schéma výpočtu tlakového napětí.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 34. Upevnění lana pomocí příložek.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 35. Elektromotor JIN LE W8923. [36].....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 36. Převodovka APEX PGII 120. [15].....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 37. Schéma planetové převodovky APEX PGII 120. [15].....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 38. Samomazná kluzná ložiska. [28].....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 39. Konstrukce uchycení navijáku.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 40. Nastavení samotné simulace v softwaru CATIA V5.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 41. Výsledná simulace závěsného háku.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 42. Definice hodnot pro lanový buben.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 43. Výsledná simulace lanového bubnu.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 44. Rozměrové schéma.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 45. Model lanového navijáku.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 46. Univerzální lanový naviják.....</i>	<i>63</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Parametry navijáku CBONE WINCH. [21]</i>	27
<i>Tab. 2. Parametry navijáku ZEON 8 – S. [22]</i>	28
<i>Tab. 3. Typy elektromotoru. [36]</i>	47
<i>Tab. 4. Typy planetové převodovky. [15]</i>	49
<i>Tab. 5. Cenová kalkulace.</i>	62