



**FAKULTA
ŠTOJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh a zhotovení modulární převodovky
s dopravníkem pro výukové účely**

**Design and manufacturing of a modular
gearbox with a conveyor for education**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Vilém SOUČEK

Studijní program: B2341 - Strojírenství

Studijní obor: Konstruování podporované počítačem

Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Souček** Jméno: **Vilém** Osobní číslo: **408749**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a zhotovení modulární převodovky s dopravníkem pro výukové účely

Název bakalářské práce anglicky:

Design and manufacturing of a modular gearbox with a conveyor for educational purposes

Pokyny pro vypracování:

- 1) Vypracujte rešerši k převodovkám a dopravníkům
- 2) Proveďte koncepční návrhy pohonu
- 3) Zpracujte vizualizace 3D CAD modelů vybraného řešení
- 4) Vyroberte prototyp pro výukové účely

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, J.; PAVLISKA, J.; SLÍVA, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001.
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol.: Technický průvodce, Části strojů, Praha. SNTL, Nakladatelství technické literatury, 1989.
Katalogy výrobců, internetové zdroje.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

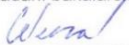
Ing. Eliška Cézová, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS

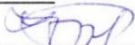
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.10.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19.01.2024**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

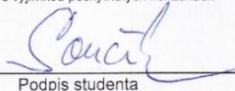

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

27.10.2023

Datum převzetí zadání


Podpis studenta



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem: „Návrh a zhotovení modulární převodovky s dopravníkem pro výukové účely“ vypracoval samostatně pod dohledem své vedoucí práce, Ing. Elišky Cézové, Ph.D., s použitím uvedené literatury.

V Praze dne

.....

Vilém Souček, DiS.



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí, Ing. Elišce Cézové, Ph.D., za vedení, trpělivost, rady i konstruktivní kritiku. Také děkuji nemalému množství ostatních vyučujících stejně jako všem blízkým lidem, kteří mi během kombinovaného bakalářského studia pomohli ať už přímo, nebo dodáním potřebné energie a podpory.

Anotační list

Jméno autora:	Vilém Souček, DiS.
Název bakalářské práce:	Návrh a zhotovení modulární převodovky s dopravníkem pro výukové účely
Anglický název:	Design and manufacturing of a modular gearbox with a conveyor for education
Rok:	2024
Studijní program:	Strojírenství
Obor studia:	Konstruování podporované počítačem
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 75 Počet obrázků: 79
Klíčová slova:	kolo, ozubené kolo, soukolí, ložiska, převodovka, dopravní pás, dopravník, elevátor
Keywords:	wheel, gear, gears, bearings gearbox, conveyor belt, conveyor, elevator
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá návrhem, konstrukcí a výrobou modulární převodovky s dopravníkem v kombinaci s automatizačními prvky. Rešeršní část práce rozebírá základní přehled ozubených kol a soukolí, převodovek a dopravníků. V analytické části je rozpracován samotný návrh, výpočet, konstrukce a výroba včetně možných variant použití, spojení s dopravníkem a řízení.
Abstract:	The bachelor thesis deals with the design, construction and production of a modular gearbox with conveyor in combination with automation elements. The review part of the thesis discusses a basic overview of gears and gearing, gearboxes and conveyors. In the analytical part, the actual design, calculation, construction and production are elaborated, including possible variants of application, connection with the conveyor and control.

Obsah

1. Úvod	9
2. Rešerše soukolí, převodovek a dopravníků	10
2.1. Převodová soukolí	10
2.2. Rozdělení převodových soukolí	10
2.2.1. Čelní s přímými zuby	11
2.2.2. Čelní se šikmými zuby	11
2.2.3. Čelní se šípovými zuby	12
2.2.4. Kuželové s přímými zuby	12
2.2.5. Kuželové se zakřivenými zuby	13
2.2.6. Hypoidní soukolí	13
2.2.7. Šnekové soukolí	14
2.2.8. Pastorek a hřeben	14
2.3. Převodovky	15
2.4. Základní rozdělení převodovek	15
2.5. Dopravníky	20
2.6. Základní rozdělení dopravníků	20
2.6.1. Pásové dopravníky	21
2.6.2. Čláňkové dopravníky	27
2.6.3. Válečkové dopravníky	28
2.6.4. Korečkové dopravníky	29
2.6.5. Eskalátory	29
2.6.6. Šnekové dopravníky	30
2.6.7. Redlery	31
2.6.8. Vibrační dopravníky	32
3. Analytická část – návrh a výroba převodovky	33
3.1. Popis návrhu	33
3.2. Vstupní požadavky vyučujících	34
3.3. Popis standu	34
3.4. Koncepce	35
3.5. Výpočty	36
3.6. Ozubená kola	38
3.6.1. Hřídele	44
3.7. Varianty a vymezení vůlí	46
3.7.1. Varianta s kuželíkovými ložisky	46
3.7.2. Varianta s kuličkovými ložisky	46
3.7.3. Vymezení vůle kuželového soukolí	47
3.8. Konfigurace převodovky	49
3.8.1. Kuželověčelní dvoustupňová s vnějšími víčky	49



3.8.2.	Kuželočelní dvoustupňová s vkládanými víčky.....	51
3.8.3.	Kuželočelní třístupňová s vnějšími víčky.....	52
3.8.4.	Kuželočelní třístupňová s vkládanými víčky	54
3.8.5.	Čelní s vnějšími víčky	55
4.	Periferie	57
4.1.	Pásový dopravník.....	57
4.1.1.	Popis.....	57
4.1.2.	Volba pohonu dopravníku	57
4.1.3.	Řídící cykly	59
4.1.4.	Řídící jednotka	60
4.2.	Optická závora.....	61
5.	Technologický postup výroby skříně převodovky	63
6.	Závěr.....	67
7.	Seznam použité literatury	68
8.	Seznam obrázků	73

Seznam zkratk a symbolů

Značka	Název	Jednotka
d	průměr hřídele	[mm]
DC	stejnoseměrné napětí	[V]
i_c	celkový převodový poměr	[1]
i_n	koncový převodový poměr	[1]
i_x	obecný převodový poměr	[1]
i_1	převodový poměr 1. stupně	[1]
i_2	převodový poměr 2. stupně	[1]
$i_{c\check{c}}$	převodový poměr čelního soukolí	[1]
M_k	kroučící moment	[Nm]
M_{KMvst}	maximální kroučící moment vstupního hřídele	[Nm]
$M_{KMmpredl}$	maximální kroučící moment předlohy	[Nm]
M_{KM1st}	maximální kroučící moment 1. stupně	[Nm]
M_{KM2st}	maximální kroučící moment 2. stupně	[Nm]
M_{KSmot}	skutečný kroučící moment motoru	[Nm]
M_{KSvst}	skutečný kroučící moment vstupního hřídele	[Nm]
$M_{KSpredl}$	skutečný kroučící moment předlohy	[Nm]
M_{KS1st}	skutečný kroučící moment 1. stupně	[Nm]
M_{KS2st}	skutečný kroučící moment 2. stupně	[Nm]
M_x	obecný kroučící moment	[Nm]
M_{x-1}	předchozí obecný kroučící moment	[Nm]
n	otáčky motoru	[min ⁻¹]
η_x	obecná účinnost převodu	[1]
P	výkon motoru	[kW]
τ	napětí v krutu	[MPa]
τ_D	dovolené napětí v krutu	[MPa]
W_k	modul průřezu v krutu	[mm ³]

1. Úvod

Tato bakalářská práce je orientována prakticky s cílem vytvoření funkční výukové soupravy pro názornou ukázkou v předmětu Konstrukční cvičení a předvedení funkčnosti ve spojení s automatizací.

První část bude obsahovat rešerši typů převodových kol a soukolí užívaných v převodovkách a dále pak přehled běžných i méně často používaných převodovek a dopravníků z hlediska jejich konstrukce a použití.

Ve druhé části bude řešen, s ohledem na předem dané požadavky, návrh, design, konstrukce a modularita výukové převodovky. Ta bude koncipována jako variabilní tak, aby dokázala demonstrovat všechna běžná uspořádání převodů v předmětu Konstrukční cvičení, který se vyučuje ve 3. ročníku bakalářského studia. K dispozici budou varianty jedno nebo dvoustupňové, případně pouze čelní. Pro ještě větší názornost a ukázkou použití bude zakomponována do výukového standu s možností připojení pásového dopravníku a řízením pohybu demonstračního dopravovaného předmětu. Dopravník bude možné opět připojit variabilně buď přes řemenový pohon, nebo pomocí pružné spojky.

Ve třetí části pak bude rozebrán použitý hardware pro ovládání a řízení a dále konkrétní řídicí cykly navrženého výukového standu pro manuální nebo automatizovaný provoz.

Čtvrtá část bude řešit samotný výrobní proces svařované převodové skříně v jednotlivých krocích.

2. Rešerše soukolí, převodovek a dopravníků

2.1. Převodová soukolí

Soukolí jsou převody využívající tvarového styku. Menší z kol je nazýváno pastorkem a je většinou součástí hřídele, větší je pak montováno samostatně. Mezi hlavní výhody patří vysoká životnost, spolehlivost a účinnost, bezúdržbovost a funkce bez prokluzu, převodový poměr tedy zůstává stejný. Nevýhody pak spočívají v nutnosti přesného obrábění a kompletace s hřídelem, trvalého mazání a také vzniku radiálních sil namáhajících ložiska. [1], [2], [3]

2.2. Rozdělení převodových soukolí

- **Podle vzájemné polohy os**
 - rovnoběžné osy
 - různoběžné osy
 - mimoběžné osy
- **Podle tvaru zubů**
 - čelní s přímými zuby
 - čelní se šikmými zuby
 - čelní se šípovými zuby
 - kuželové s přímými zuby
 - kuželové se šikmými zuby
 - kuželové se zakřivenými zuby
 - hypoidní soukolí
 - šnekové soukolí
 - pastorek a hřeben

2.2.1. Čelní soukolí s přímými zuby

- pro základní, jednoduché konstrukce strojů dřezpracujících, zemědělských, lisů, dopravníků
- vyšší hlučnost



Obr. 1.: Čelní ozubená kola s přímými zuby [4]

2.2.2. Čelní soukolí se šikmými zuby

- plynulejší a tišší chod oproti kolům s přímými zuby
- nejčastěji využívaná kola v převodkách
- obvyklý sklon zubů 15 až 30°
- velké axiální síly



Obr. 2.: Čelní ozubená kola se šikmými zuby [5]

2.2.3. Čelní soukolí se šípovými zuby

- podobně výhodná jako kola se šikmými zuby
- díky symetrii ozubení nevznikají axiální síly



Obr. 3.: Čelní kola se šípovými zuby [6]

2.2.4. Kuželové soukolí s přímými zuby

- nejjednodušší aplikace
- vyšší hlučnost
- menší únosnost



Obr. 4.: Kuželová kola s přímými zuby [7]

2.2.5. Kuželové soukolí se šikmými a zakřivenými zuby

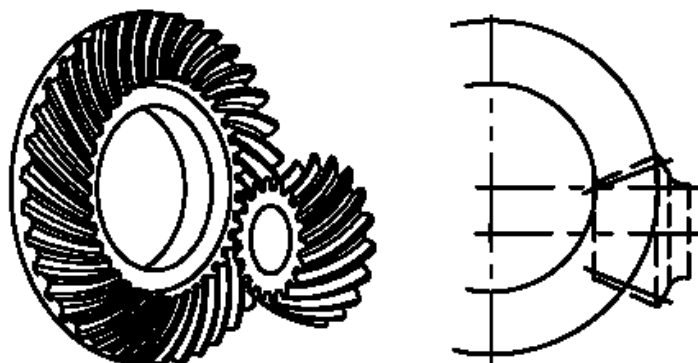
- delší záběr oproti kolům s přímými zuby
- vyrovnanější a tišší chod
- vyšší únosnost
- vyšší trvanlivost ozubení



Obr. 5.: Kuželová kola se zakřivenými zuby [8]

2.2.6. Hypoidní soukolí

- rozvodovky
- pro přenos velkých momentů a rychlostí
- tišší chod
- větší životnost
- menší prostorové nároky



Obr. 6.: Hypoidní soukolí [9]

2.2.7. Šnekové soukolí

- nejpoužívanější redukční převod
- úhlový převod 90°
- v kombinaci s dalšími stupni vysoký převodový poměr
- při malých zástavbových rozměrech
- velká životnost při správném výběru materiálů a technologie výroby
- nízká hlučnost



Obr. 7.: Šnekové soukolí [10]

2.2.8. Pastorek a hřeben

- převod rotačního pohybu na lineární nebo opačně
- ovládání stavidel, ozubnicová železnice, pohony bran a další



Obr. 8.: Ozubený hřeben s pastorkem [11]

2.3. Převodovky

Převodovka je mechanismus umožňující přenos mezi pohonem a hnaným zařízením. Jejím hlavním úkolem je změna úhlové rychlosti a točivého momentu při přenosu energie z jednoho hřídele na druhý, obecně změna silových a kinematických parametrů. Zpravidla se používají na krátké vzdálenosti v aplikacích, kde je nutné zajistit převodový poměr bez prokluzu. [2], [12], [13].

2.4. Základní rozdělení převodovek

- **Z hlediska obecné konstrukce**
 - kuželová
 - čelní
 - kuželočelní
 - šneková
 - planetová
- **Podle principu převodu**
 - mechanické
 - hydraulické
- **Podle měnitelnosti převodového poměru**
 - s pevným převodovým poměrem
 - s měnitelným převodovým poměrem
 - skoková změna
 - plynulá změna
- **Podle kinematického hlediska**
 - rotační – rotační
 - rotační lineární
 - lineární - lineární

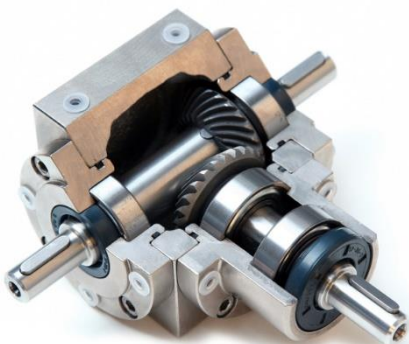
- **Z hlediska montáže**
 - přírubová
 - s přenosem

- **Podle skříně**
 - uzavřené
 - otevřené

- **Podle realizace přenosů výkonu**
 - ozubenými koly
 - řetězem
 - řemenem
 - přímou spojkou
 - pevnou
 - pružnou

Kuželová převodovka

Využití kuželových převodovek je tam, kde je zapotřebí redukce otáček (až 6:1) nebo distribuce rotačního pohybu mezi dvěma nebo více pravoúhlými osami.



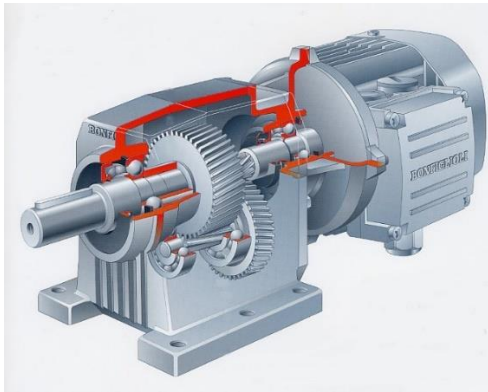
Obr. 9.: Kuželová převodovka – dva výstupní hřídele [14]



Obr. 10.: Kuželová převodovka – jeden výstupní hřídel [15]

Čelní převodovka

Největší výhodou čelních převodovek je jejich vysoká účinnost a životnost. Proto také postupně nahrazují aplikace, kde byly doposud využívány převodovky šnekové, které mají naopak účinnost velmi nízkou. V přírubovém provedení v kombinaci s elektromotorem pak tvoří velice spolehlivý kompaktní celek využitelný v mnoha aplikacích.



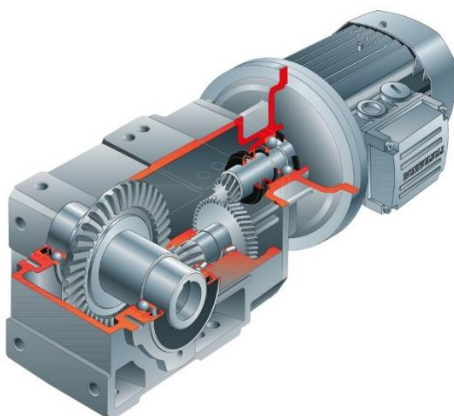
Obr. 11.: Čelní převodovka přírubová [16]



Obr. 12.: Čelní převodovka s přenosem [17]

Kuželo-čelní převodovka

Přednostmi kuželo-čelních převodovek jsou, podobně jako u čelních, vysoká účinnost a spolehlivost, navíc s variabilitou a modularitou úhlového převodu. Z účinnosti pak vychází velká úspora energie a tím i ekonomická návratnost, což jsou parametry, které získávají čím dál více na důležitosti. Lze je doplnit širokou škálou přírub a příslušenství, čímž se stávají univerzálním produktem.



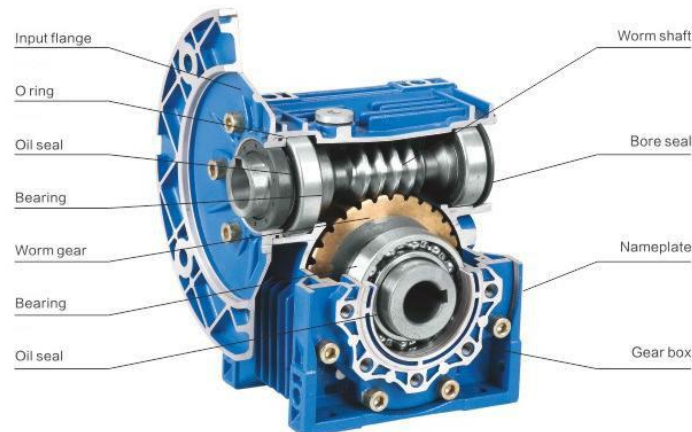
Obr. 13.: Čelně - kuželová převodovka [18]



Obr. 14.: Kuželo - čelní převodovka [19]

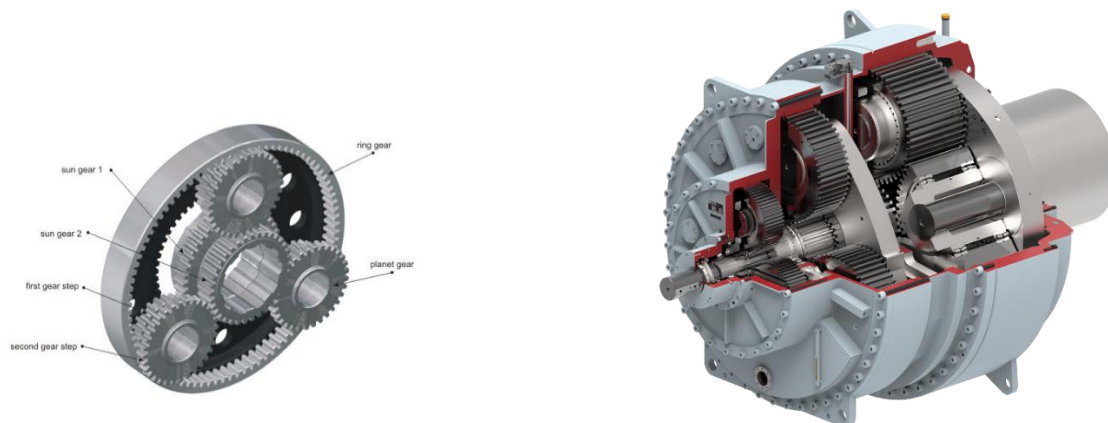
Šneková převodovka

Šnekové převodovky slouží zpravidla jako nejlevnější řešení redukce otáček pohonu. Mají nízkou účinnost, ale velkou zatížitelnost a především samosvornost. Výhodou je rovněž tichý chod, malá zástavbová velikost a montáž ve všech polohách. Lze je také kombinovat s jinými typy převodovek.



Obr. 15.: Šneková převodovka [20]

Planetová převodovka

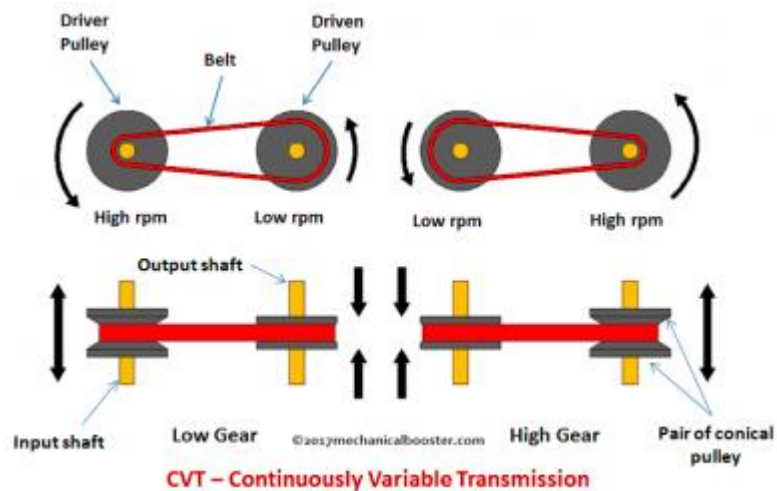


Obr. 16.: Planetová převodovka - schéma [21]

Obr. 17.: Vícestupňová planetová převodovka [22]

Variátor

Variátor je speciální typ převodovky s plynule proměnným převodovým poměrem oběma směry. Využívá se pro malé a střední výkony. Velkou výhodou je absence otřesů při změně převodových stupňů a optimalizace výkonu v závislosti na otáčkách a tím vysoký výstupní moment. Nedochází zde ke tření ani prokluzu.



Obr. 18.: Princip variátoru [23]

Z hlediska montáže

- přírubová
- s přenosem



Obr. 19.: Přírubová převodovka [24]



Obr. 20.: Převodovka s přenosem [25]

2.5. Dopravníky

Dopravníky jsou nedílnou součástí nejen průmyslu, ale i běžného života. Slouží k dopravě pevného nebo sypkého materiálu stejně jako k přepravě osob na veřejných místech nebo v bytových domech. Jejich úkol je především zefektivnění práce, zkrácení času, zvýšení produktivity a snížení nákladů. [26], [27], [28], [29].

2.6. Základní rozdělení dopravníků

Podle tažného elementu (druhu pásu)

- dopravníky s gumovým pásem (nebo pásem z PVC)
- dopravníky s řetězem
- dopravníky s lanem
- dopravníky vibrační
- dopravníky pneumatické

Podle provedení nosné konstrukce

- stabilní, jejichž nosná ocelová konstrukce je pevně spojena se základem
- pojízdné a přenosné dopravníky pro krátké vzdálenosti
- přestavitelné, charakterizované velkou dopravní kapacitou a vzdáleností

Podle tvaru tratě

- vodorovné
- šikmé
- lomené

Podle druhu

- pásové
- článkové
- válečkové
- korečkové
- eskalátory
- šnekové
- vibrační
- redlery

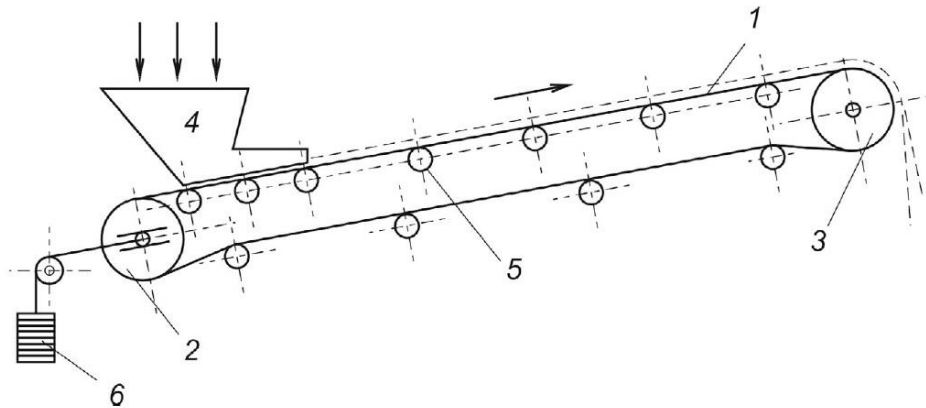
2.6.1. Pásové dopravníky



Obr. 21.: Pásový dopravník [30]

Hlavní součásti pásového dopravníku:

- dopravní pás
- stanice pohonu
- napínací stanice
- nosná stolice s válečky
- příslušenství – násypky, výsypky, zařízení odebírající materiál z pásu
- čištění pásu
- ochranné bezpečnostní prostředky



Obr. 22.: Schéma pásového dopravníku [31]

V obr. 22 je: 1 – pás, 2 - napínací buben, 3 - hnací buben, 4 - násypka, 5 - nosné válečky, 6 - napínací závaží.

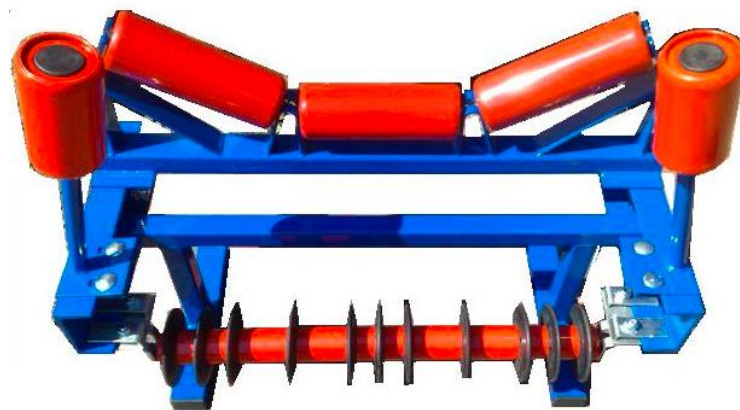
Typy válečků

- hladké
- pogumované
- strážní
- spirálové
- diskové

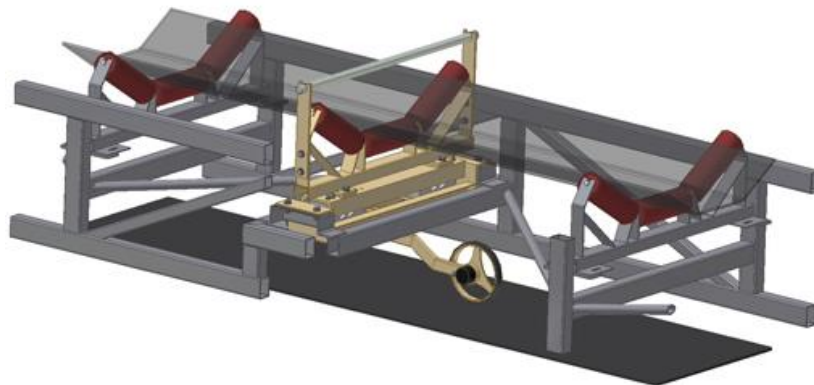
Válečkové stolice

Slouží jako podpora dopravního pásu a jsou součástí rámu dopravníku. Vyráběny jsou korýtkové dvou nebo tříválečkové, případně girlandové stolice, které jsou navrženy pro menší zatížení válečků. Tříválečkové se používají zpravidla pro nosnou větev dopravníku.

- nosné
- vratné
- dopadové
- tvarovací



Obr. 23.: Válečková stolice [32]



Obr. 24.: Válečková dráha [33]

Typy bubnů

- pogumované
- žebrové
- klecové



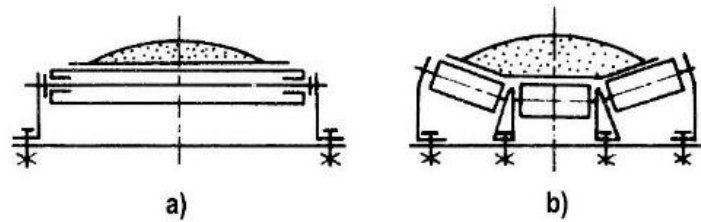
Obr. 25.: Pogumovaný buben [34]



Obr. 26.: Buben s keramickými pásky [35]

Typy pásů

- textilní
- ocelové
- gumové
- ocelo-gumové
- s drátěným pletivem
- destičkové
- plastové modulární



Obr. 2: Profily pásů – pásových dopravníků

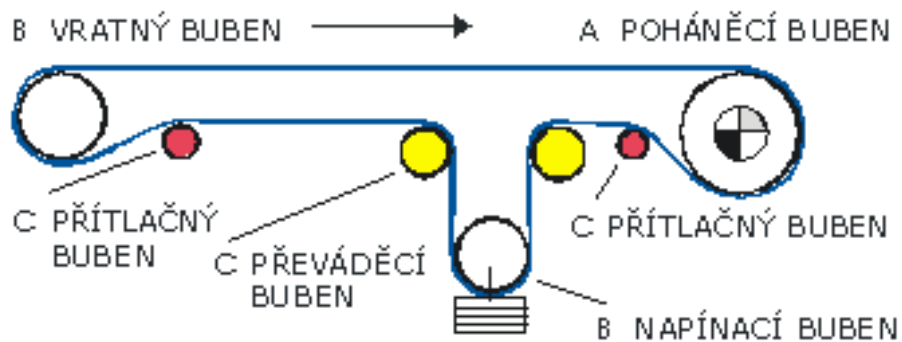
a) – rovný, b) - korýtkový

Obr. 27.: Profily pásů pásových dopravníků [36]

Typy napínání

- systém pro trvalé napnutí pásu
- systém pro proměnné napětí pásu

- napínání kladkostrojem
- napínání pomocí šroubu



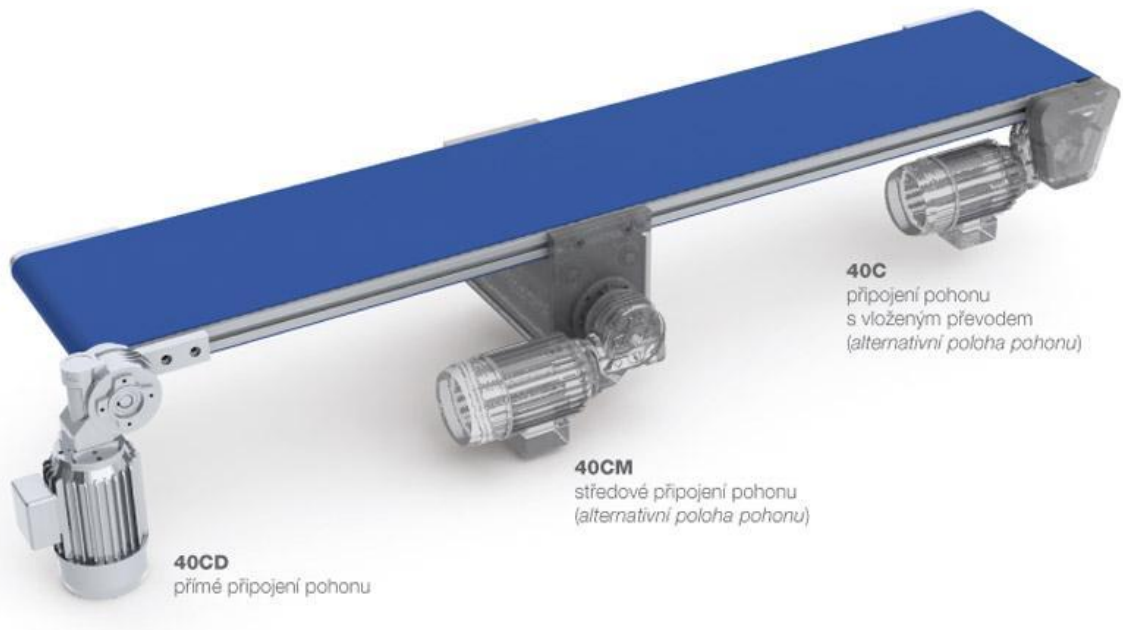
Obr. 28.: Napínání pásu kladkostrojem [37]



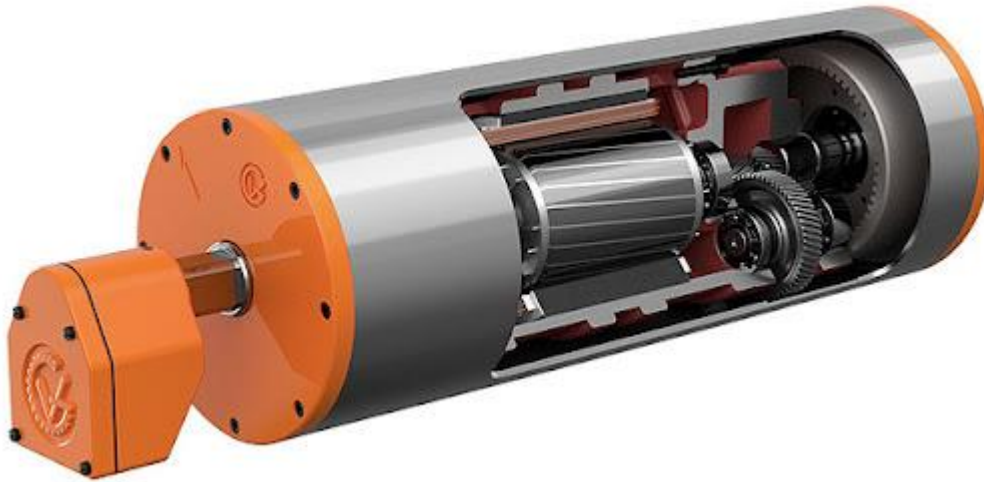
Obr. 29.: Napínání pásu pomocí šroubů [38]

Typy pohonů

- elektromotor s přírubovou převodovkou
- elektrobuben



Obr. 30.: Pohon dopravníku elektromotorem v bloku s převodovkou [39]



Obr. 31.: Elektrobuben [40]

2.6.2. Článkové dopravníky

Jsou nejuniverzálnějšími dopravníky. Základem je nekonečný pás tvořený řetězem, destičkovým řetězem případně válečkovým řetězem s unašeči. Články mohou tvořit řetěz, nebo být na řetězu přimontovány. Jako vestavěná součást obráběcího stroje může dopravovat špony a třísky s možností odloučení řezné kapaliny

Typy článků:

- plast
- ocel-plast
- ocel-ocel nerez
- modulární

Výhody:

- možnost provozu ve velmi znečištěném prostředí
- snadná údržba
- vysokoteplotní odolnost, možnost provozovat např. ve svařovnách



Obr. 32.: Článkový dopravník Alutec [41]

2.6.3. Válečkové dopravníky

Válečkové dopravníky se využívají zpravidla k přepravě výrobků vyšších hmotností a vyznačují se velkou variabilitou provedení. Zpravidla se dodávají jako stavebnicové s volitelnými typy válečků (pogumované, nerezové, plastové, hliníkové). Jsou často využívány díky jednoduchosti a možnosti provozu bez pohonu za využití fyzikálních zákonů.

Podle pohonu:

- ruční
- gravitační
- hnané

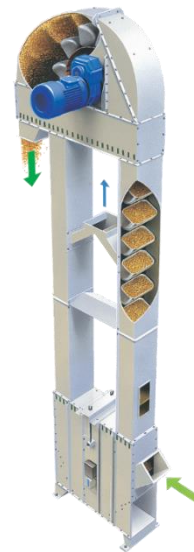


Obr. 33.: Válečkový dopravník [42]

2.6.4. Korečkové dopravníky

Jsou určeny k dopravě sypkého, případně drobného kusového materiálu ve svislém směru. Typ korečku je závislý na přepravovaném obsahu. Z principu funkce dopravníku nelze přepravovat materiály lepkavé a přilnavé.

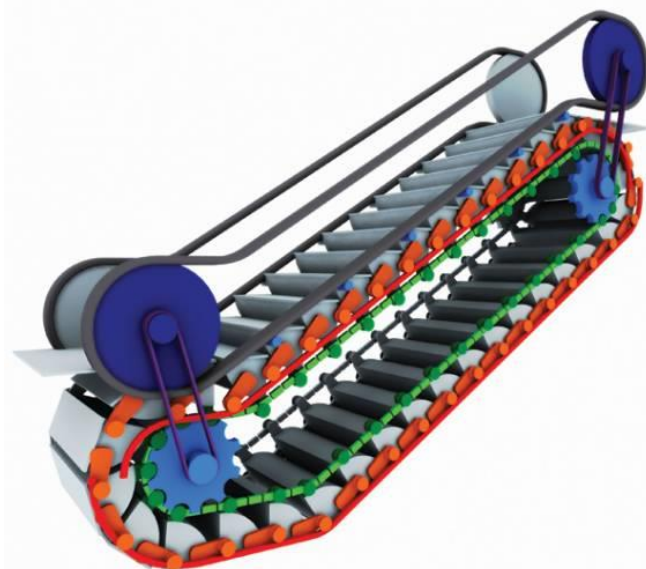
- gravitační
- odstředivé
- se smíšeným vyprazdňováním



Obr. 34.: Korečkový dopravník [43]

2.6.5. Eskalátory

- speciální varianta řetězového dopravníku
- vyšší přepravní kapacita oproti výtahu
- možnost obousměrného provozu
- lze použít i pro velké přepravní výšky
- varianty jsou s mírným náklonem nebo vodorovně jako pohyblivé chodníky



Obr. 35.: Eskalátor [44]



Obr. 36.: Pohyblivý chodník [45]

2.6.6. Šnekové dopravníky

Slouží k přepravě sypkého materiálu v rovině nebo náklonu i při vysokém stupni plnění. Jako žlabové mohou být využity např. v čistírnách odpadních vod pro dopravu kalů. V provedení z kompozitů lze přepravovat i materiály lepkavé a vlhké (potravinářský průmysl).

Z hlediska konstrukce dělíme na

- tažné
- tlačné

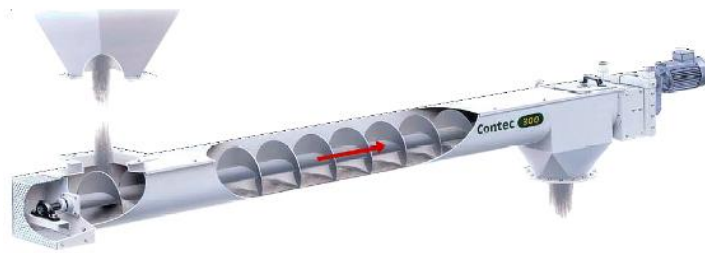
Výkon je závislý na délce a průměru koryta, výkonu a otáčkách pohonu

Výhody

- nenáročnost na údržbu
- bezprašný provoz daný konstrukcí

Nevýhody

- vyšší spotřeba energie v porovnání s pásovými dopravníky
- nutnost vyhřívání



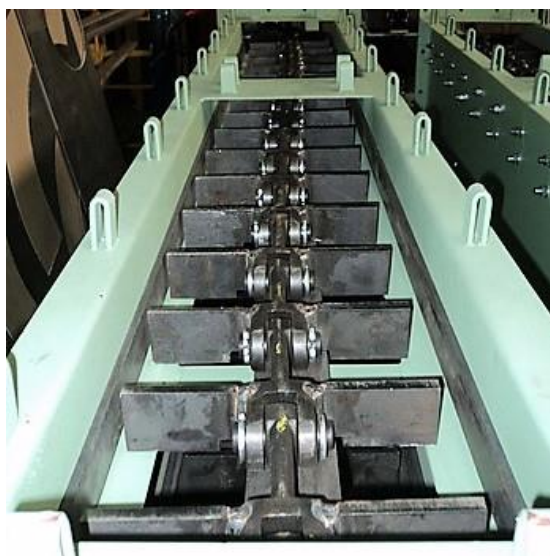
Obr. 37.: Šnekový dopravník [46]

2.6.7. Redlery

Redlery jsou řetězové dopravníky určené k přepravě materiálu sypkého, práškového nebo zrnitého menších rozměrů ve vodorovném směru, zpravidla obilovin, biomasy a granulí.

Podle druhu je dělíme na

- jednosměrné
- obousměrné
- šikmé
- vyprazdňovací
- bezzbytkové
- zalomené



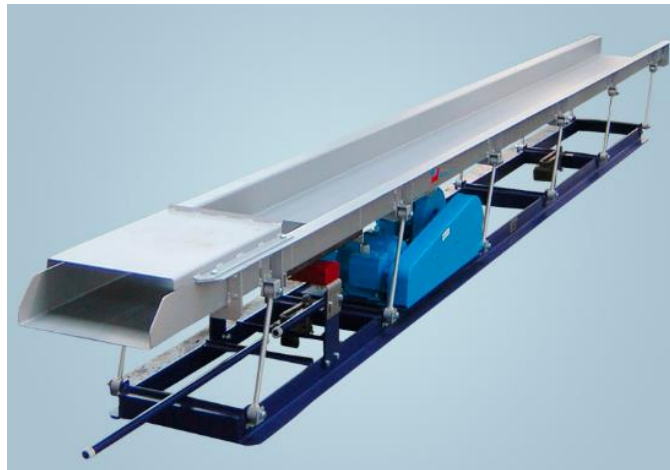
Obr. 38.: Redler [47]

2.6.8. Vibrační dopravníky

Slouží k přepravě velkého množství kovových pilin, strun, špon a úlomků. Je možné je montovat pod nebo nad úrovní okolí.

Podle druhu

- impulsní
- s mikrovrhem
- s pluhovými prvky



Obr. 39.: Vibrační dopravník M-tec [48]

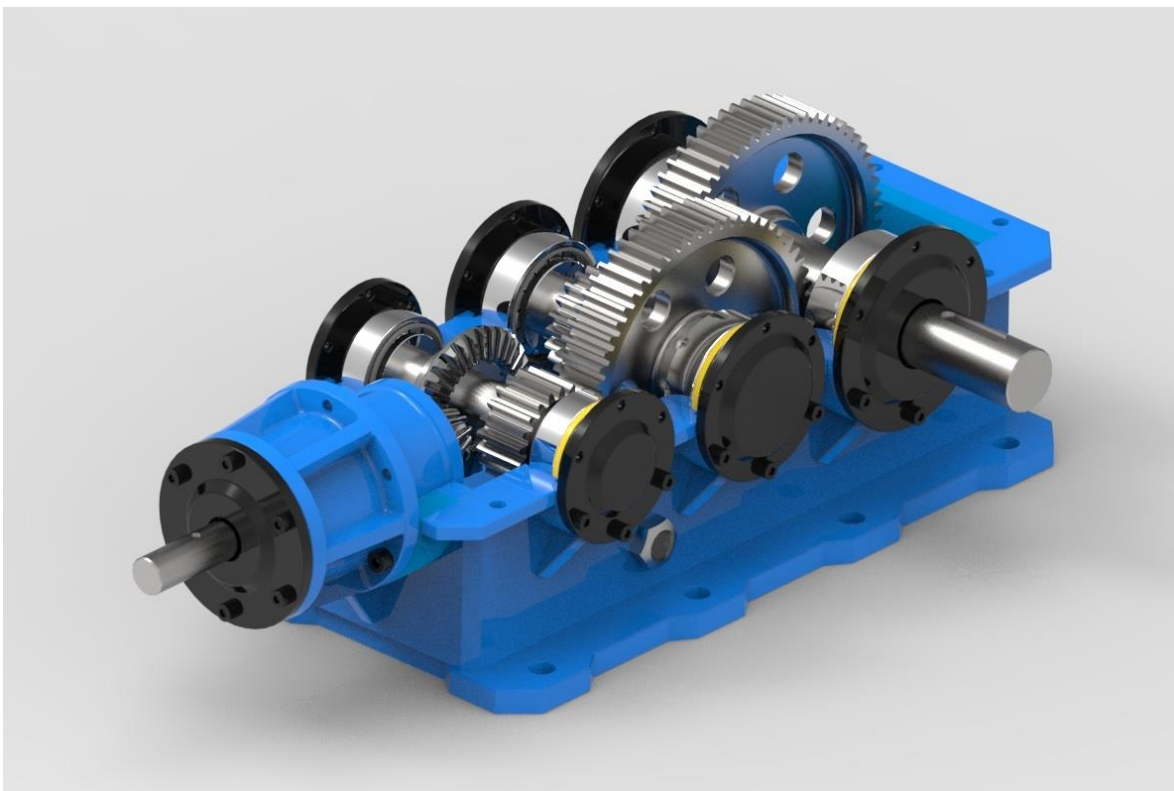


Obr. 40.: Vibrační dopravník Hennig s pluhovými prvky [49]

3. Analytická část – návrh a výroba převodovky

3.1. Popis návrhu

Požadavek na výrobu modelu převodovky vznikl na základě potřeb Ústavu konstruování a částí strojů (12113) názorně představit probíranou tematiku převodovek, jejich variant, uspořádání, možností konstrukce a nastavení. Při návrhu byl kladen důraz na nízkou hmotnost, jelikož se počítá s přenášením do učeben, snadnou rozebíratelnost resp. smontovatelnost, aby bylo zřejmé složení celé sestavy, a také reálný postup montáže. Zároveň však nesměly být montážní vůle příliš velké, aby bylo možné převodovku bez problémů provozovat jako demonstrační model ve spojení s pohonem a připojeným dopravníkem v automatickém režimu.



Obr. 41.: Modulární převodovka - celkový pohled [Autor]

3.2. Vstupní požadavky vyučujících

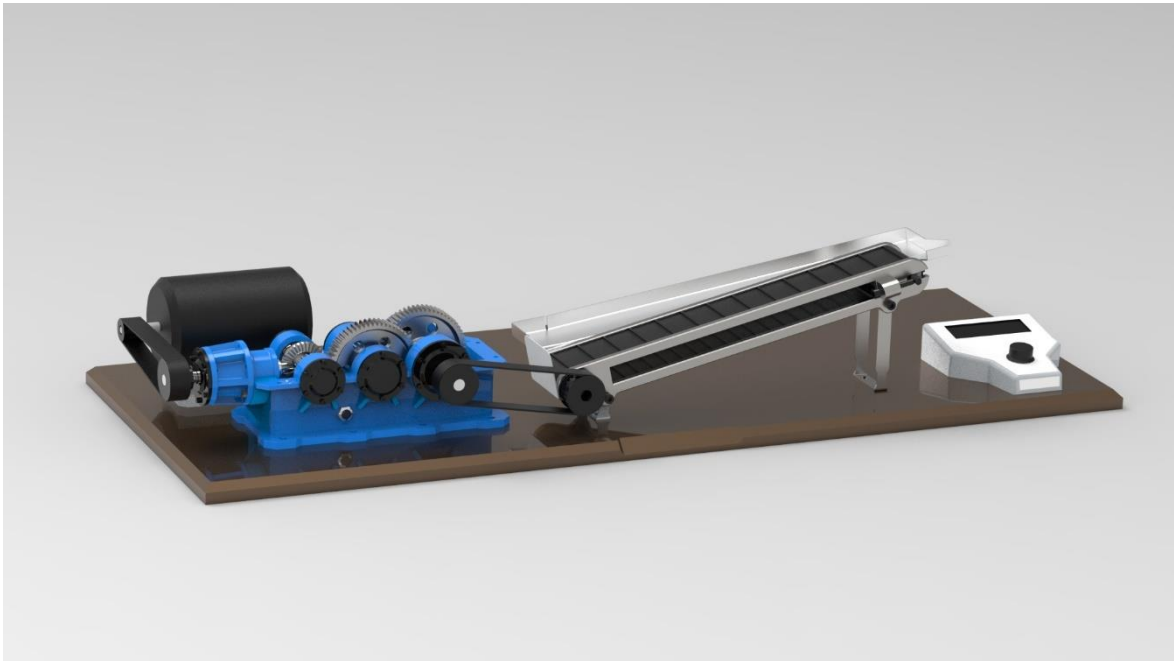
- převodovka s dopravníkem s možností uzavřeného cyklu přepravy předmětů
- možnost volby jednoho nebo dvou stupňů redukce
- názorné vymezení vůle talíř – hruška
- možnost vzájemné záměny kuželíkových a kuličkových ložisek
- možnost vynechat výstupní převod a spojit převodovku s dopravníkem spojkou
- elektronické řízení rychlosti pohonu a tím pádem i dopravníku
- možnost volby různých cyklů
- barevná indikace provozu
- optické senzory na koncích dopravníku
- zadání parametrů – velikost celého standu, specifikace dopravovaných předmětů, rychlost pohybu

3.3. Popis standu

Základem je dřevěná deska opatřená dvěma madly pro bezpečné uchopení a přenášení a čtyřmi gumovými bloky zesponu pro stabilní usazení na stole. Velikost celého standu vychází z rozměrů vitrín na hlavních spojovacích chodbách ČVUT, kde se počítalo s jeho případným umístěním.

Stěžejní částí je kuželočelní převodovka koncipovaná tak, aby byla co nejvíce názorná, variabilní a bezpečná. Tím je dána i její velikost, ačkoli by mohla být, vzhledem k požadovanému výkonu potřebnému pro pohon dopravníku, mnohem menší.

Jako pohon je použit DC motor o jmenovitém napětí 12 V a výkonu 200 W. Malé napětí bylo zvoleno kvůli bezpečnosti a snadnému napojení na řídicí jednotku, stejně tak výkon je dostačující. Samotný motor byl pak vložen do modelového obalu, aby proporcčně odpovídal velikosti převodovky, a vzhled reflektoval průmyslové použití.



Obr. 42.: Celkový pohled na výukový stand [Autor]

3.4. Koncepce

Prvotní myšlenka byla taková, aby samotná převodovka byla co nejmenší a nejlehčí kvůli přenášení vyučujícím, zároveň však dostatečně velká na to, aby byla možná snadná práce a manipulace s jednotlivými komponenty, dobře viditelný vzájemný pohyb součástí a také její seřizování.

Výchozí tak byla nejmenší běžně dostupná velikost kuželíkových ložisek dle ČSN ISO 355, což je řada 30xxx, nejmenší ložisko pak 30202. Již od samého začátku bylo zřejmé, že všechny komponenty převodovky budou, díky jejím proporcím, vysoce naddimenzovány vůči pohonu i odebíranému výkonu. Díky tomu pak vychází vysoké hodnoty koeficientů bezpečnosti u výpočtů jednotlivých skupin. Ze stejného důvodu také mohla být použita, jako výchozí materiál, konstrukční ocel běžná S 235 JR/11 375, jelikož se nepředpokládá významná zátěž ani opotřebení.

3.5. Výpočty

Pohon

elektromotor DC 12 V/200 W, 3000 ot./min

Převodové poměry

převodový poměr elektromotor – převodovka realizovaný ozubeným řemenem	2
převodový poměr kuželových kol	3,56
převodový poměr 1. stupně	2,952
převodový poměr 2. stupně	2,952

Účinnosti

účinnost kuželových kol	0,96
účinnost čelních kol	0,98
účinnost řemenového převodu	0,92

Průměry hřídelů

nejmenší průměr vstupního hřídele	12 mm
nejmenší průměr předlohy	15 mm
nejmenší průměr hřídele 1. stupně	17 mm
nejmenší průměr hřídele 2. stupně	20 mm

Výpočty celkových převodů:

vycházíme ze vzorce: $i_c = i_1 * i_2 * \dots * i_n$

kde i_x jsou dílčí převodové poměry

Převodový poměr pro variantu převodovky:

kuželo - čelní

při použití jednoho stupně $i_{c1} = 2 * 3,56 * 2,952 = \mathbf{21,018}$

při použití dvou stupňů $i_{c2} = i_{c1} * 2,952 = \mathbf{62,045}$

čelní

$i_{cč} = 2 * 2,952 = \mathbf{5,904}$

Kroutící momenty

kroutící moment motoru

vycházíme ze vzorce:
$$P = \frac{M \cdot n}{9549} [kW]$$

kde P je výkon motoru, M – kroutící moment a n – otáčky motoru

Vyloučením proměnné M dostaneme pro kroutící moment motoru hodnotu **0,106 Nm**.

Pro výpočty kroutících momentů na hřídelích

vycházíme ze vzorce:
$$M_x = M_{x-1} \cdot i_x \cdot \eta_x$$

kde M_x je výsledný kroutící moment, M_{x-1} – výchozí kroutící moment,

i_x - převodový poměr a η_x – účinnost převodu

Výsledné hodnoty parametrů:

vstupní otáčky převodovky	rozsah 0 – 1500 ot./min
výstupní otáčky	
kuželo -čelní převod	
při použití jednoho stupně	rozsah 0 – 246 ot./min
při použití dvou stupňů	rozsah 0 – 81 ot./min
čelní	rozsah 0 – 492 ot./min
kroutící moment na vstupním hřídeli	0,195 Nm
kroutící moment na předloze	0,562 Nm
kroutící moment na 1. stupni	1,62 Nm
kroutící moment na 2. stupni	4,85 Nm
kroutící moment na vstupu dopravníku	8,92 Nm

Výkony

výkon na vstupu převodovky	46 W
výkon za kuželovým převodem	44,16 W
výkon za 1. stupněm čelního převodu	43,28 W
výkon za 2. stupněm čelního převodu	42,41 W
výkon na vstupu dopravníku	39,02 W

3.6. Ozubená kola

Jelikož se předpokládalo, že převodovky se vyrobí ve větším počtu, jako ekonomicky i časově výhodnější byla zvolena varianta nakupovaných ozubených kol, jak kuželových, tak čelních. Jejich hodnoty opět vycházely z proporcí převodovky a požadavku propojení s dopravníkem, jehož rychlost pohybu byla výchozí pro celkový převodový poměr. Jednotlivá soukolí jsou pak výsledkem optimalizace pomocí modelu 3D CAD Solid Edge, kdy byla brána v úvahu nejlepší cena a velikost ve spojení s převodem a modulem.

Kuželová kola

Pro potřeby bakalářské práce byla použita sada kuželových kol prodejce TEDEKA dodávaná jako náhradní díl do úhlové brusky pro kotouče 115 mm. Jedná se o kola s přímými zuby určená k nalisování na hřídel.



Převodovka úhlové brusky 115 mm

Vnější průměr velkého kotouče - 45,5 mm

Otvor vřetena velkého kotouče - 11,5 mm

Výška kotouče měřená u otvoru pro vřeteno 15 mm

Počet zubů velkého kotouče - 32

Vnější průměr malého kotouče - 17 mm

Otvor pro vřeteno malého kola - 6 mm

Výškalcelého ozubeného kola malého kola - 14 mm

Výška malého kola měřená v otvoru pro vřeteno 14 mm

Počet zubů malého kola - 9

Obr. 43.: Parametry kuželových kol [50]

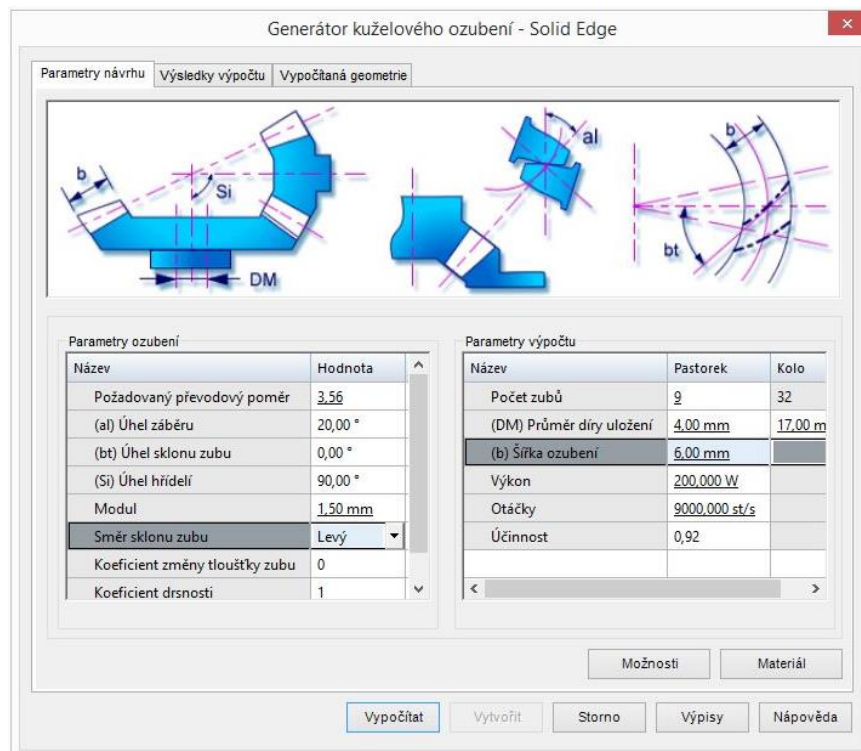
Parametry pastorku:

počet zubů	9
modul	1
osový úhel	90°
úhel záběru	20°
materiál:	ocel 1.0503 (C45)

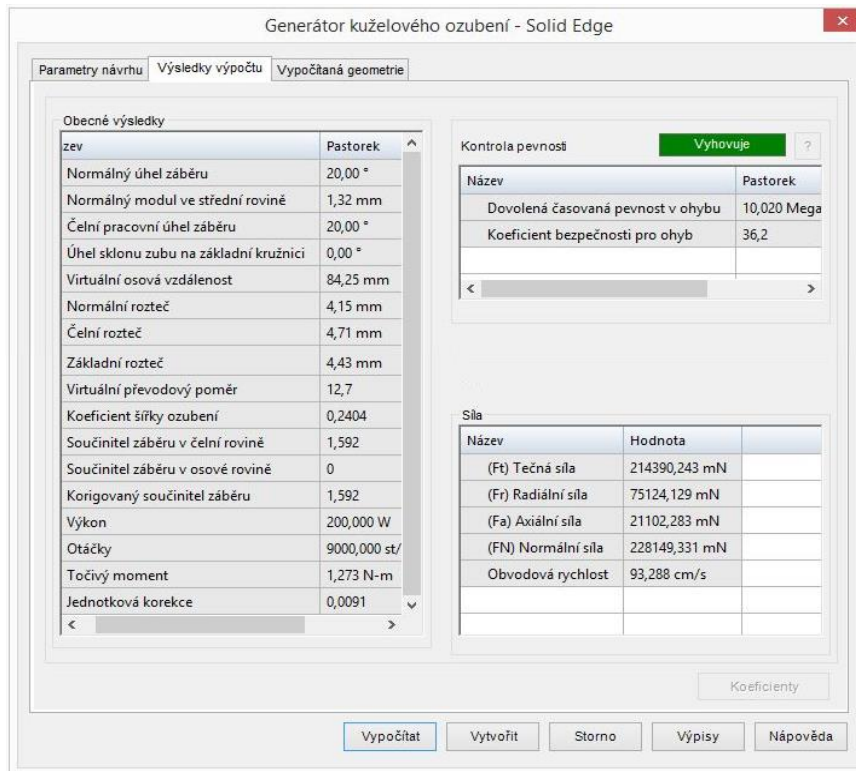
Parametry kola:

počet zubů	32
modul	1
osový úhel	90°
úhel záběru	20°
materiál:	ocel 1.0503 (C45)

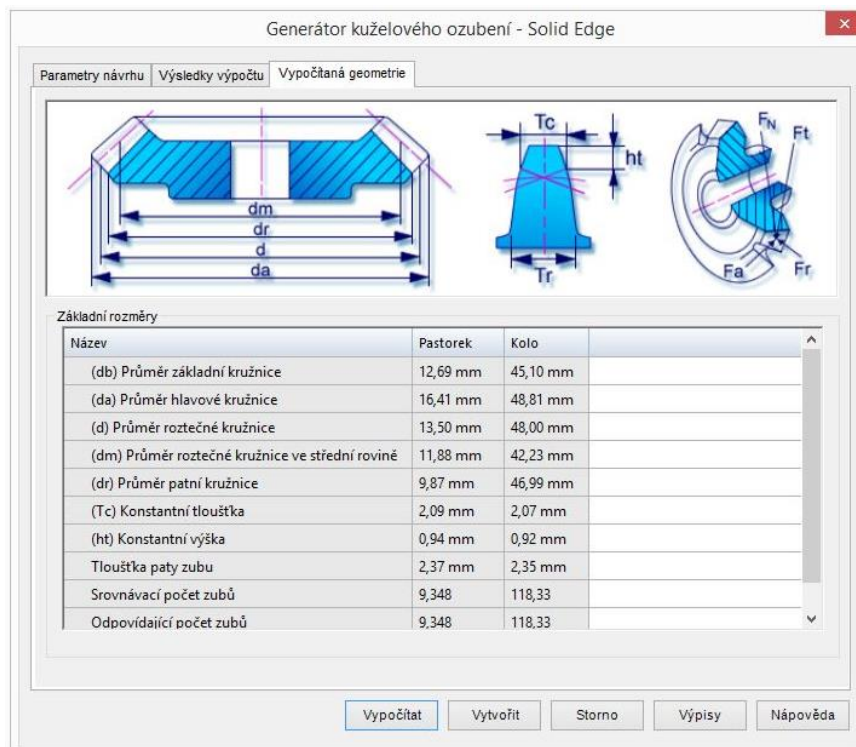
Vypočtené hodnoty pro zadané parametry dle Solid Edge designeru



Obr. 44.: Vstupní parametry pro výpočet kuželových kol [Autor]



Obr. 45.: Výpočty kuželových kol 1.část [Autor]



Obr. 46.: Výpočty kuželových kol 2.část [Autor]

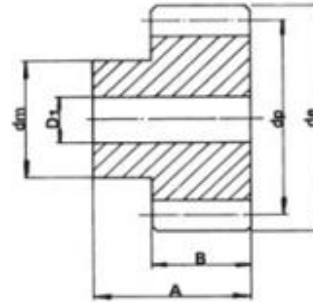
Čelní kola

Čelní kola byla nakoupena u společnosti Mateza spol. s r.o. Z hlediska univerzálnosti jsou použity stejné páry kol u prvního i druhého stupně.

Pastorek:

Ozubená kola

s přímým ozubením, úhel záběru 20°



MODUL 1.5							
Označení kola	Počet zubů	d_c (mm)	d_p (mm)	d_m (mm)	D_1 (mm)	A (mm)	B (mm)
M 1.5 21 zubů	21	34,5	31,5	25	10	30	17

Parametry a specifikace

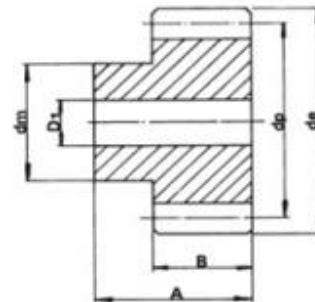
Výrobce / Značka	CHIARAVALLI
Počet zubů	21
Roztečný průměr - D_p	31,5 mm
Šířka ozubení - B	17 mm
Šířka kola - A	30 mm
Modul ozubení - m	1.5
Typ	S nábojem
Materiál	Ocel C45
Typ ozubeného kola	Čelní
Hmotnost	0,14 kg

Obr. 47 : Parametry pastorku [51]

Kolo:

Ozubená kola

s přímým ozubením, úhel záběru 20°



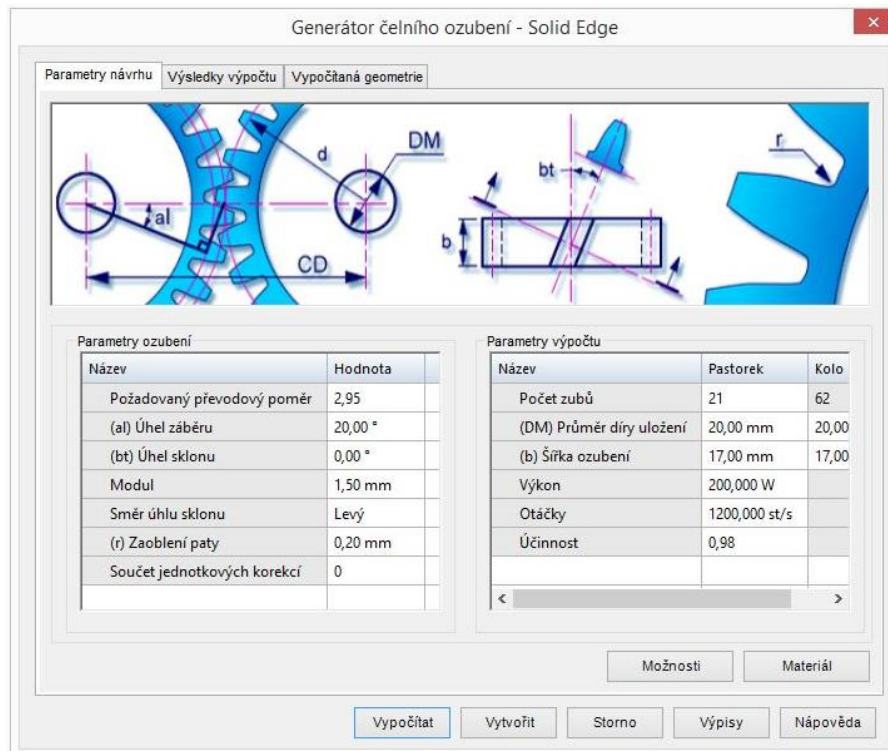
MODUL 1.5							
Označení kola	Počet zubů	d_e (mm)	d_p (mm)	d_m (mm)	D_1 (mm)	A (mm)	B (mm)
M 1.5 62 zubů	62	96,0	93,0	70	20	30	17

Parametry a specifikace

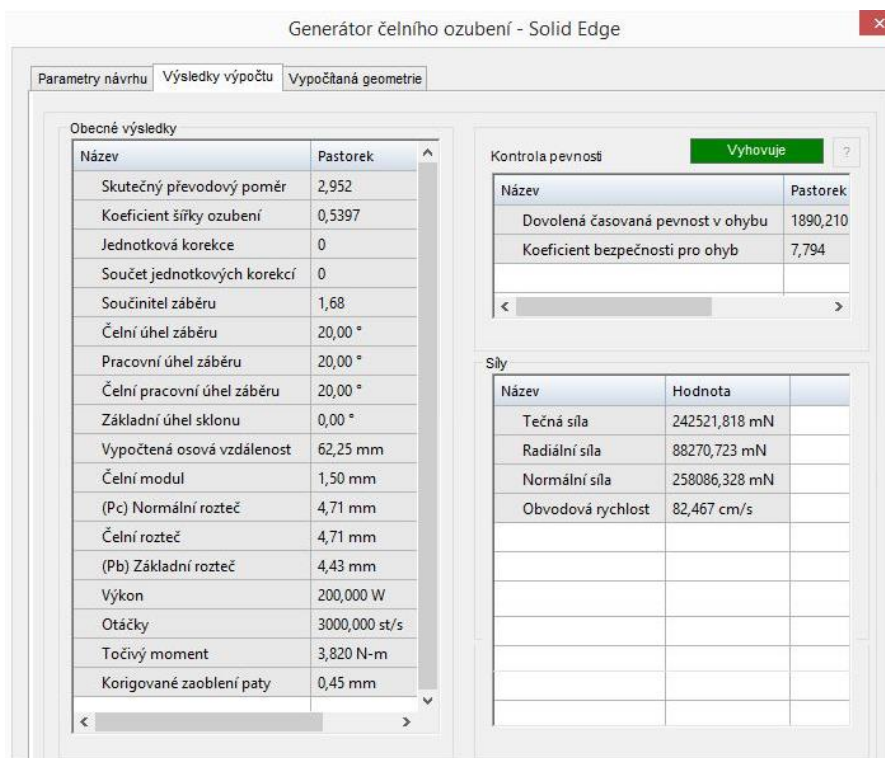
Výrobce / Značka	CHIARAVALLI
Počet zubů	60
Roztečný průměr - D_p	90 mm
Šířka ozubení - B	17 mm
Šířka kola - A	30 mm
Modul ozubení - m	1.5
Typ	S nábojem
Materiál	Ocel C45
Typ ozubeného kola	Čelní
Hmotnost	1,25 kg

Obr. 48 : Parametry kola [52]

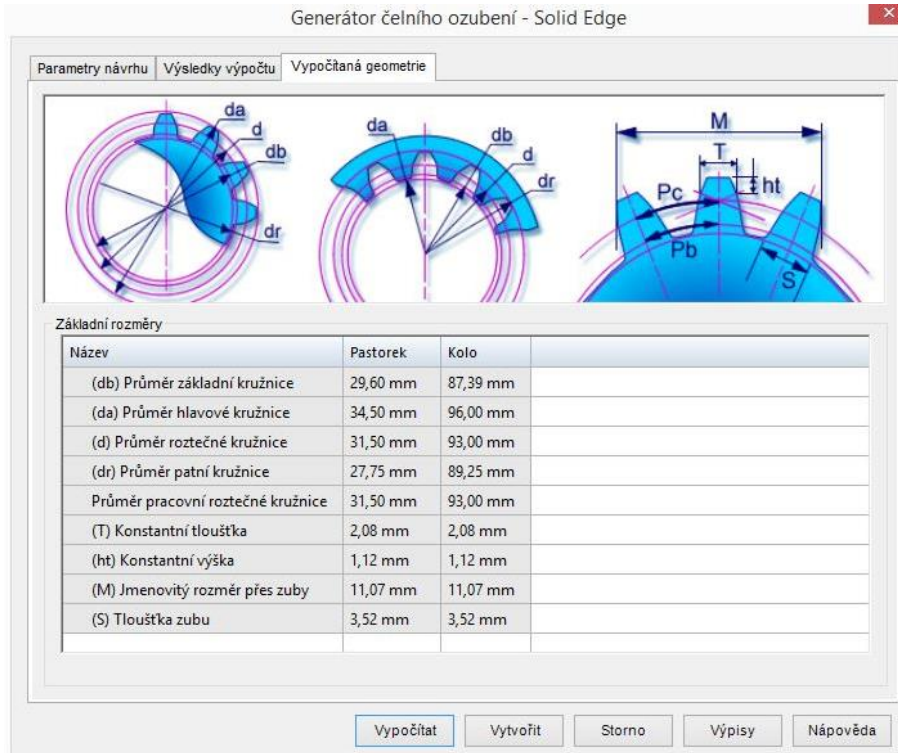
Vypočtené hodnoty pro zadané parametry dle Solid Edge designeru



Obr. 49 : Vstupní parametry pro výpočet čelních kol [Autor]



Obr. 50 : Výpočty čelních kol 1.část [Autor]



Obr. 51 : Výpočty čelních kol 2.část [Autor]

3.6.1. Hřídele

Jako výchozí materiál pro hřídele byla zvolena ocel S235JR viz parametry níže

Přehled vlastností oceli S235JR								1.0038
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel							
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005							
Dřívější označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle ČSN							
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾	1,40	-	0,035	0,035	0,012
Složení hotového výrobku	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R_{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250
	235	225	215	215	215	195	185	175
	Pevnost v tahu R_m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≥ 3 ≤ 100			>100≤150			>150≤ 250	
	360-510			350-500			340-490	
	Minimální tažnost v % ($L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ³⁾ :							
	> 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
	26		25		24		22	21
	Minimální nárazová práce KV (J) při 20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : ^{2),3)}							
≤150				>150≤250				
27 ⁴⁾				27 ⁴⁾				
Maximální hodnota CEV ⁵⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:							
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250	
0,35		0,35		0,38		0,40		
Technologické vlastnosti								
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).							
Tváření za tepla	Jsou-li dodávané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické vlastnosti pouze po následném normalizačním žihání.							
Tvářitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S235JRC). To se týká i tažení za studena.							

Obr. 52 : Vlastnosti oceli S235JR [53]

Výpočet reálných kroutících momentů s navrženými průměry hřídelů

Pro materiál S235JR volíme dovolené napětí v krutu $\tau_D = 50$ MPa.

Vlastní výpočet vychází z obecného vzorce pro výpočet napětí:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16M_k}{\pi\tau_D}}$$

Hodnoty maximálních přenositelných kroutících momentů

$$M_{KMvst} = \frac{d^3 \cdot \pi \cdot \tau_D}{16} = \frac{1728 \cdot \pi \cdot 50}{16} = \mathbf{17 \text{ Nm}}$$

$$M_{Kmpredl} = \frac{d^3 \cdot \pi \cdot \tau_D}{16} = \frac{3375 \cdot \pi \cdot 50}{16} = \mathbf{34 \text{ Nm}}$$

$$M_{KM1st} = \frac{d^3 \cdot \pi \cdot \tau_D}{16} = \frac{4913 \cdot \pi \cdot 50}{16} = \mathbf{48,2 \text{ Nm}}$$

$$M_{KM2st} = \frac{d^3 \cdot \pi \cdot \tau_D}{16} = \frac{8000 \cdot \pi \cdot 50}{16} = \mathbf{78,5 \text{ Nm}}$$

Skutečné kroutící momenty při použití pohonu

$$M_{KSmot} = (P_{mot} \cdot 9549) / \omega_t = (0,2 \cdot 9549) / 3000 = \mathbf{0,637 \text{ Nm}}$$

$$M_{KSvst} = M_{KSmot} \cdot \eta_{rem} \cdot i_{rem} = 0,637 \cdot 0,92 \cdot 2 = \mathbf{1,17 \text{ Nm}}$$

$$M_{KSpredl} = M_{KSvst} \cdot \eta_{kuz} \cdot i_{kuz} = 1,17 \cdot 0,96 \cdot 3,56 = \mathbf{4 \text{ Nm}}$$

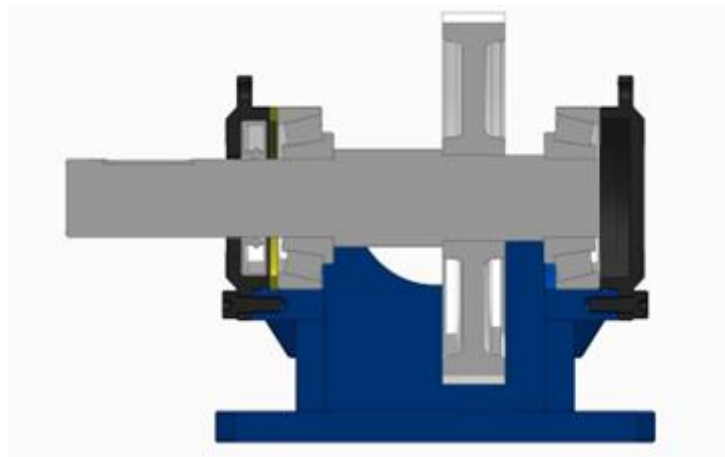
$$M_{KS1st} = M_{KSpredl} \cdot \eta_{cel} \cdot i_{cel} = 4 \cdot 0,98 \cdot 2,952 = \mathbf{11,58 \text{ Nm}}$$

$$M_{KS2st} = M_{KS1st} \cdot \eta_{cel} \cdot i_{cel} = 11,58 \cdot 0,98 \cdot 2,952 = \mathbf{33,5 \text{ Nm}}$$

3.7. Varianty a vymezení vůlí

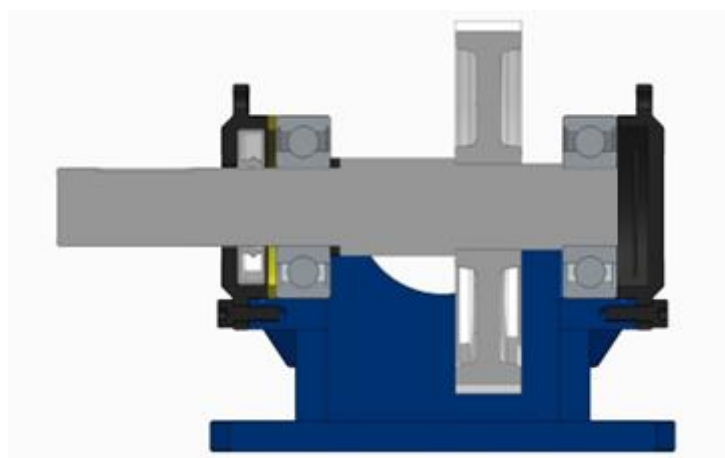
Kromě samotných konfigurací uvedených níže je možná záměna uložení hřídelů čelních soukolí. Výchozí je uložení v kuželíkových ložiskách do X, po jejichž kompletaci již stačí pouze vymežit axiální polohu celé sestavy. Další možností je pak varianta uložení v kuličkových ložiskách. Zde je však zapotřebí, kvůli menší zástavbové šířce sestavy hřídele s ložisky, použít přiložené vymezovací kroužky, aby rozteč vnějších kroužků kuličkových ložisek odpovídala rozteči kuželíkových.

3.7.1. Varianta s kuželíkovými ložisky



Obr. 53 : Uložení hřídele v kuželíkových ložiskách [Autor]

3.7.2. Varianta s kuličkovými ložisky



Obr. 54 : Uložení hřídele v kuličkových ložiskách [Autor]

3.7.3. Vymezování vůle kuželového soukolí

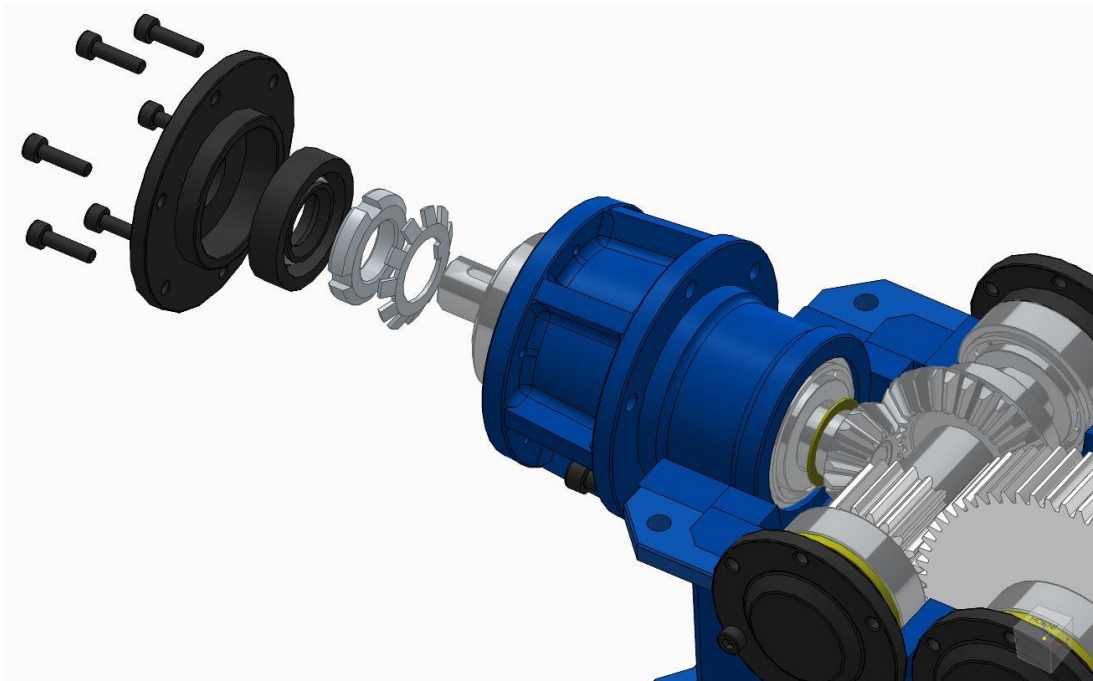
Aby nedocházelo k nadměrnému namáhání a opotřeбенí zubů a zvýšené hlučnosti, je zapotřebí nastavit zubovou vůli. Její velikost pak lze kontrolovat mezizubovou měrkou případně měřením deformace olověného drátku stisknutého mezi zuby.

Varianta A

První možností je nastavení axiální polohy pastorku vkládáním planžetových kroužků tloušťky normalizované řady v příslušném počtu mezi pastorek a ložisko. Tomu předchází následující postup:

- 1) odšroubovat 3 šrouby inbus přidržující blok vstupního hřídele a blok vysunout
- 2) vyjmout pero z hřídele
- 3) povolit 6 šroubů víčka a víčko včetně těsnícího kroužku Gufero sundat
- 4) povolit KM matici a stáhnout z hřídele společně s MB podložkou
- 5) vysunout hřídel na stranu pastorku
- 6) vložit pod pastorek vymezovací podložky

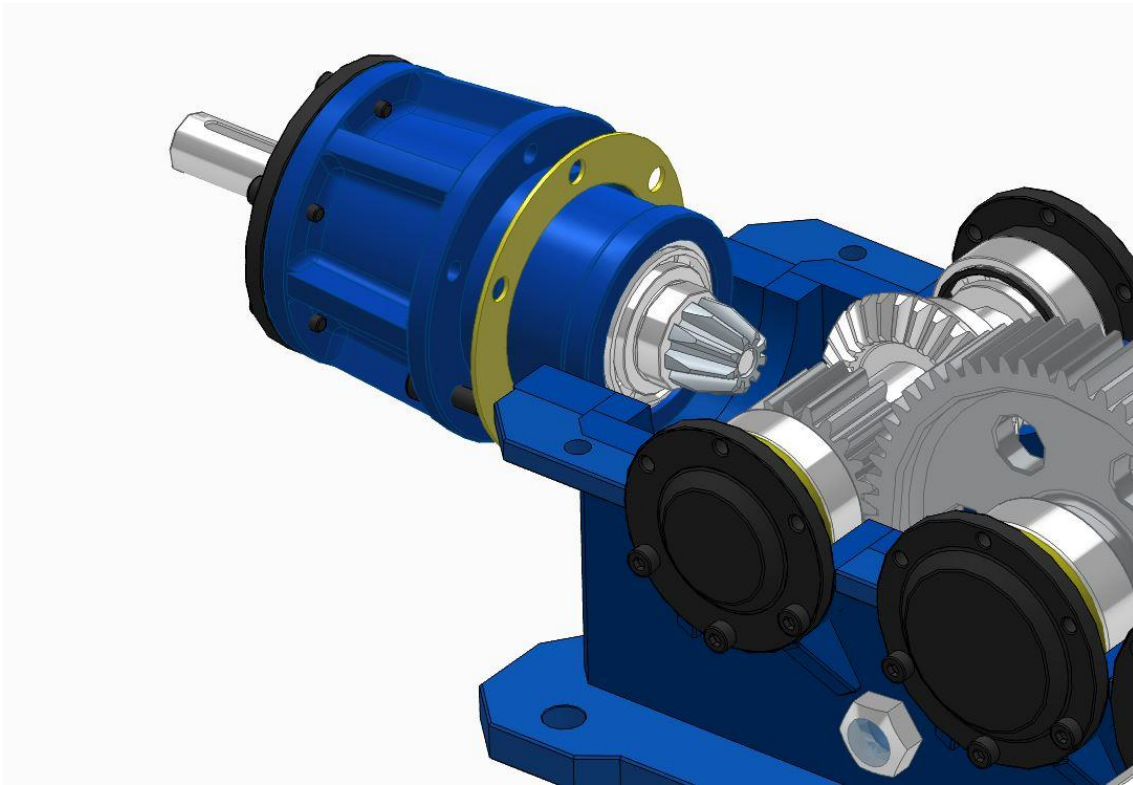
Montáž se pak děje v opačném pořadí.



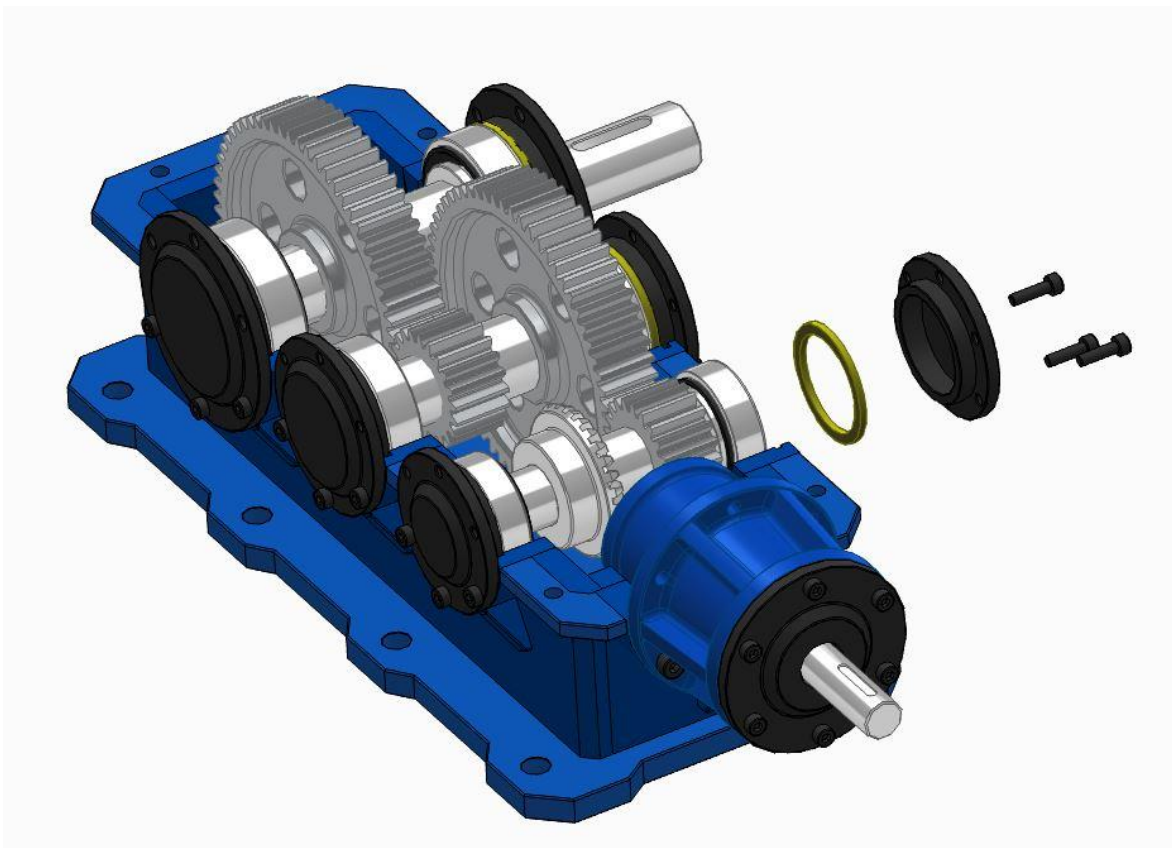
Obr. 55 : Pohled na vymezovací kroužek kuželového soukolí [Autor]

Varianta B

Druhou možností je pak nastavení axiální polohy přímo celého bloku, ve kterém je uložen vstupní hřídel s ložisky.



Obr. 56 : Nastavení axiální polohy bloku vstupního hřídele [Autor]



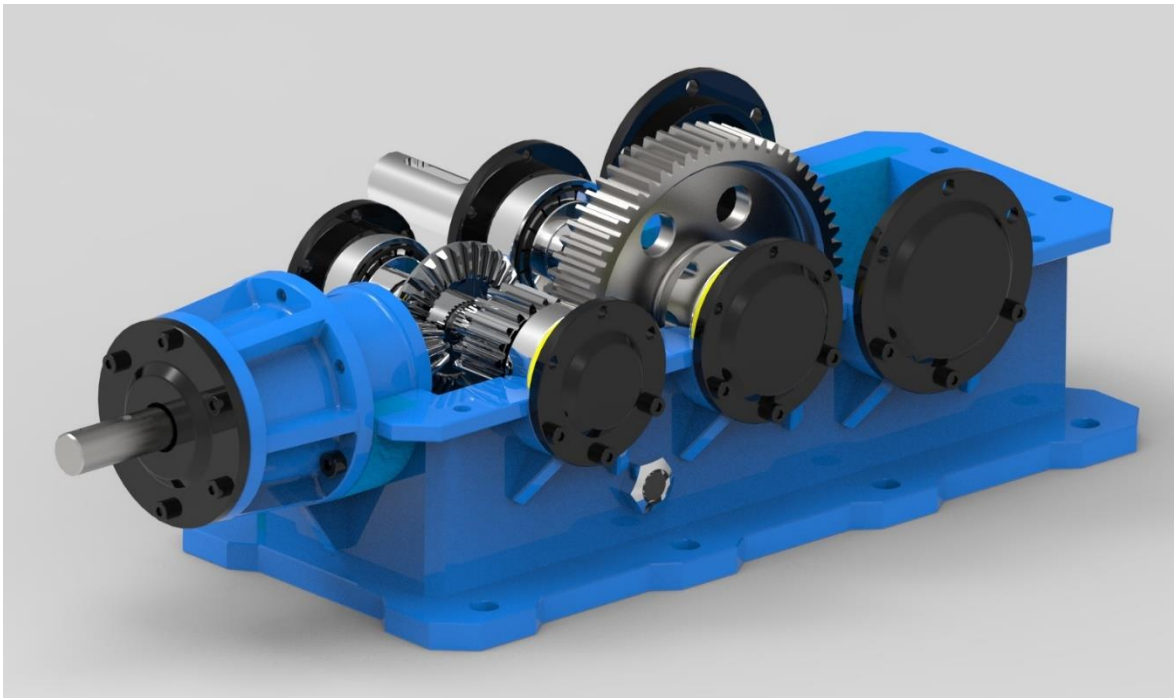
Obr. 57 : Vymezení axiální polohy předlohy [Autor]

3.8. Konfigurace převodovky

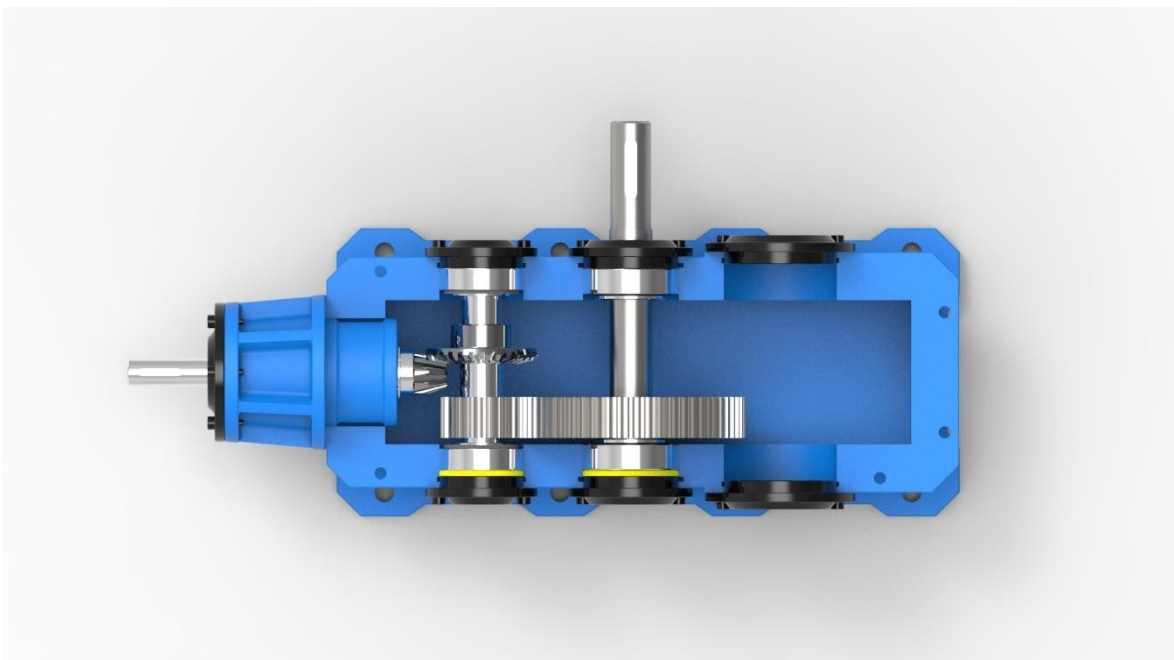
3.8.1. Kuželocelní dvoustupňová s vnějšími víčky

Hlavní použité komponenty

- kompletní blok vstupního hřídele
- hřídel předlohový s kuželovým kolem a čelním pastorkem
- hřídel 2. stupně dlouhý s čelním kolem
- ložiska 30202 pro hřídel předlohový a 30203 pro hřídel 2. stupně, alternativně ložiska 6202 pro hřídel předlohový a 6203 pro hřídel 2. stupně za použití hřídelových vymezovacích kroužků
- víčka vnější slepá \varnothing 35mm – 2ks, 40mm – 1ks a 47mm – 2ks
- víčko vnější průchozí s hřídelovým těsnícím kroužkem 40mm – 1ks
- vymezovací kroužky \varnothing 35, 40 a 47mm



Obr. 58 : Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu [Autor]

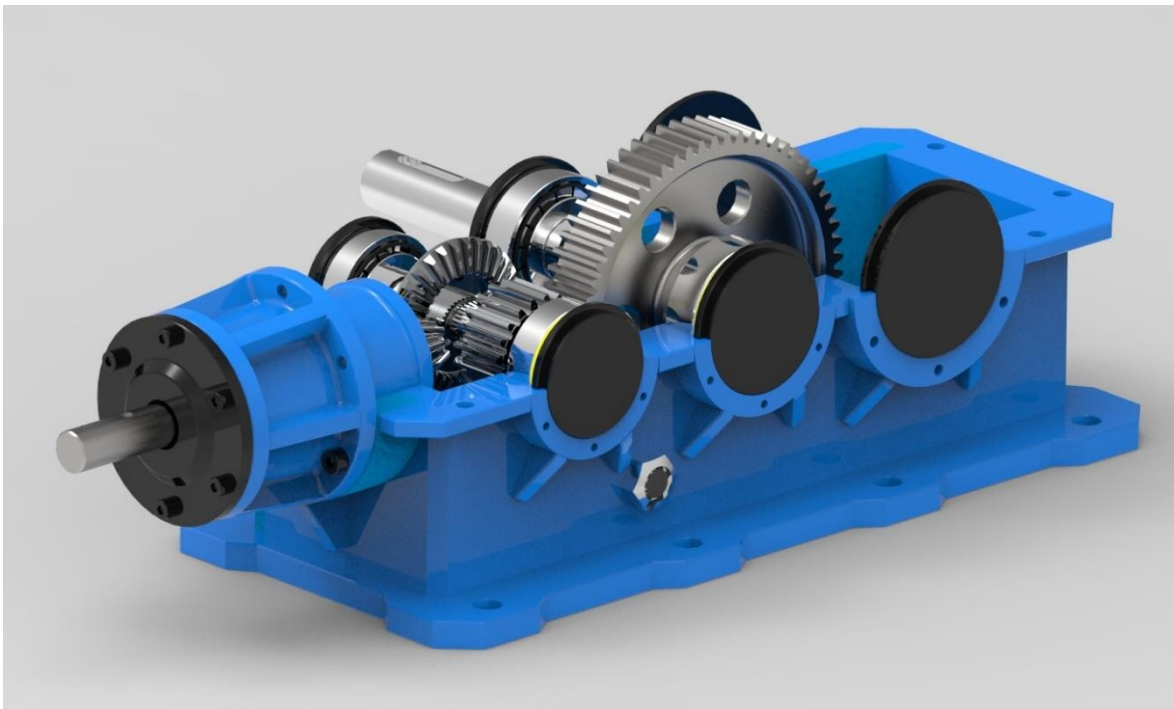


Obr. 59 : Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora [Autor]

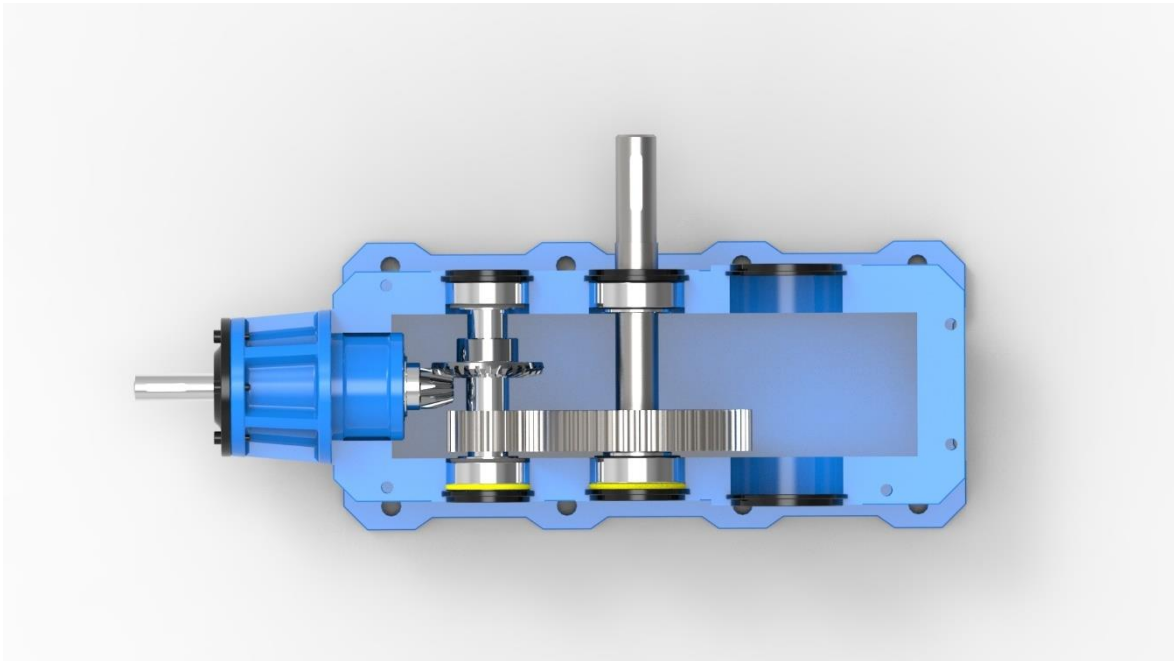
3.8.2. Kuželočelní dvoustupňová s vkládanými víčky

Hlavní použité komponenty

- kompletní blok vstupního hřídele
- hřídel předlohový s kuželovým kolem a čelním pastorkem
- hřídel 2. stupně dlouhý s čelním kolem
- ložiska 30202 pro hřídel předlohový a 30203 pro hřídel 2. stupně, alternativně ložiska 6202 pro hřídel předlohový a 6203 pro hřídel 2. stupně za použití hřídelových vymešovacích kroužků
- vkládaná víčka slepá \varnothing 35mm – 2ks, 40mm – 1ks a 47mm – 2ks
- vkládané víčko průchozí s hřídelovým těsnícím kroužkem 40mm – 1ks
- vymešovací kroužky \varnothing 35, 40 a 47mm



Obr. 60 : Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vkládanými víčky v ISO pohledu [Autor]

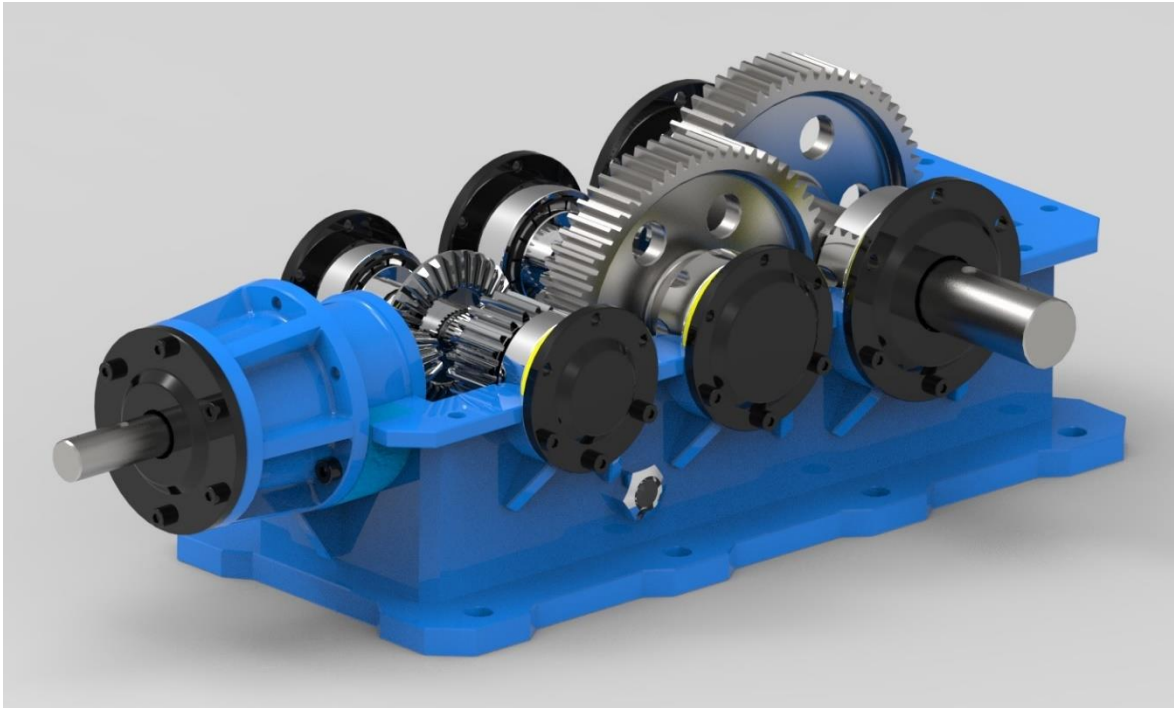


Obr. 61 : Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vkládanými víčky – pohled shora [Autor]

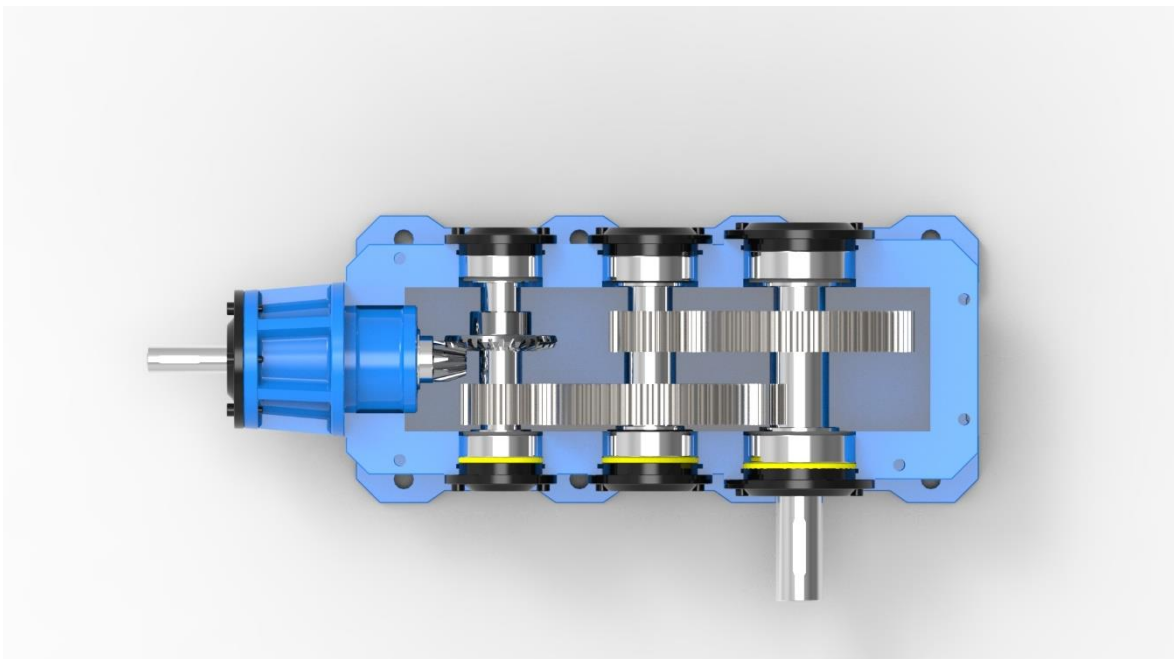
3.8.3. Kuželočelní třístupňová s vnějšími víčky

Hlavní použité komponenty

- kompletní blok vstupního hřídele
- hřídel předlohový s kuželovým kolem a čelním pastorkem
- hřídel 2. stupně krátký s čelním pastorkem a čelním kolem
- ložiska 30202 pro hřídel předlohový, 30203 pro hřídel 2. stupně a 30204 pro hřídel 3. stupně, alternativně ložiska 6202 pro hřídel předlohový, 6203 pro hřídel 2. stupně a 6204 pro hřídel 3. stupně za použití hřídelových vymezovacích kroužků
- víčka vnější slepá \varnothing 35mm – 2ks, 40mm – 2ks a 47mm – 1ks
- víčko vnější průchozí s hřídelovým těsnícím kroužkem 47mm – 1ks
- vymezovací kroužky \varnothing 35, 40 a 47mm



Obr. 62 : Kuželočelní třístupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu [Autor]

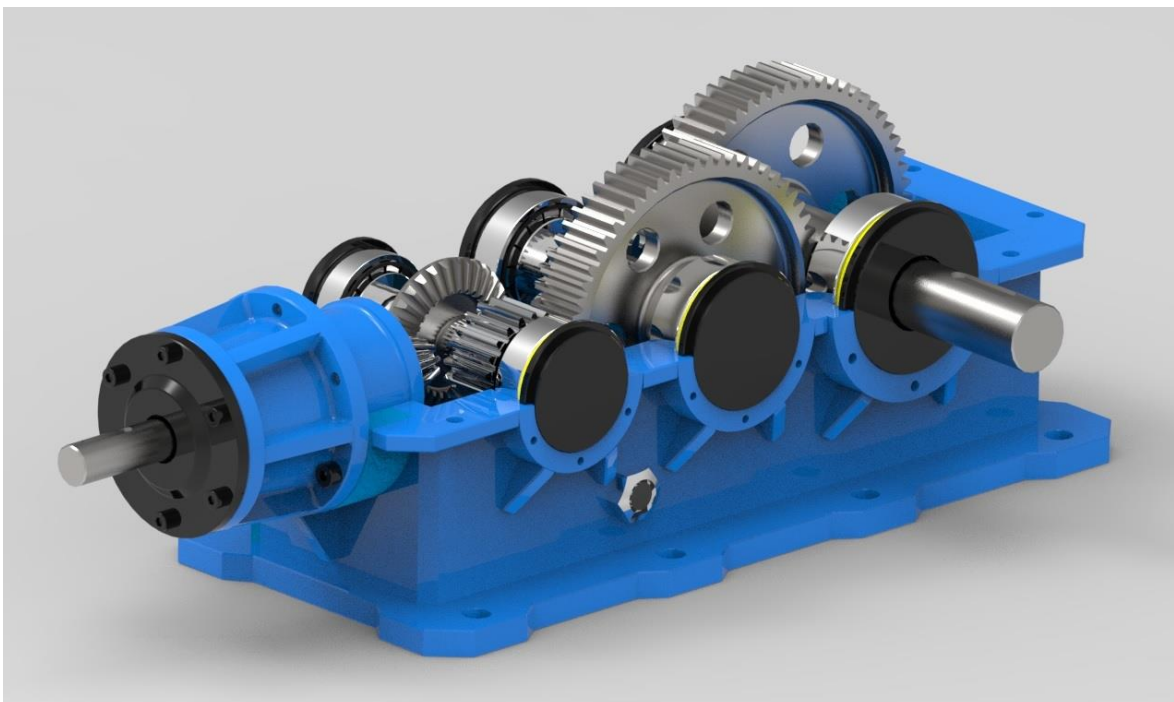


Obr. 63 : Kuželočelní třístupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora [Autor]

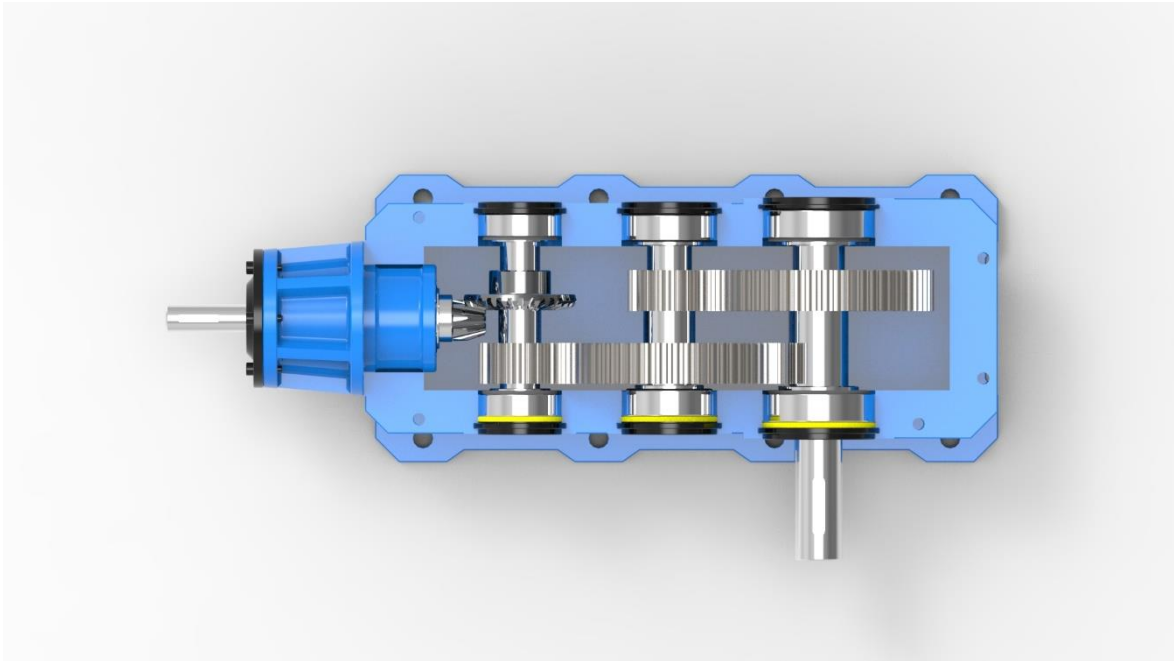
3.8.4. Kuželočelní třístupňová s vkládanými víčky

Hlavní použité komponenty

- kompletní blok vstupního hřídele
- hřídel předlohový s kuželovým kolem a čelním pastorkem
- hřídel 2. stupně krátký s čelním pastorkem a čelním kolem
- ložiska 30202 pro hřídel předlohový, 30203 pro hřídel 2. stupně a 30204 pro hřídel 3. stupně, alternativně ložiska 6202 pro hřídel předlohový, 6203 pro hřídel 2. stupně a 6204 pro hřídel 3. stupně za použití hřídelových vymešovacích kroužků
- vkládaná víčka slepá \varnothing 35mm – 2ks, 40mm – 2ks a 47mm – 1ks
- vkládané víčko průchozí s hřídelovým těsnícím kroužkem 47mm – 1ks
- vymešovací kroužky \varnothing 35, 40 a 47mm



Obr. 64 : Kuželočelní třístupňová převodovka s vkládanými víčky v ISO pohledu [Autor]

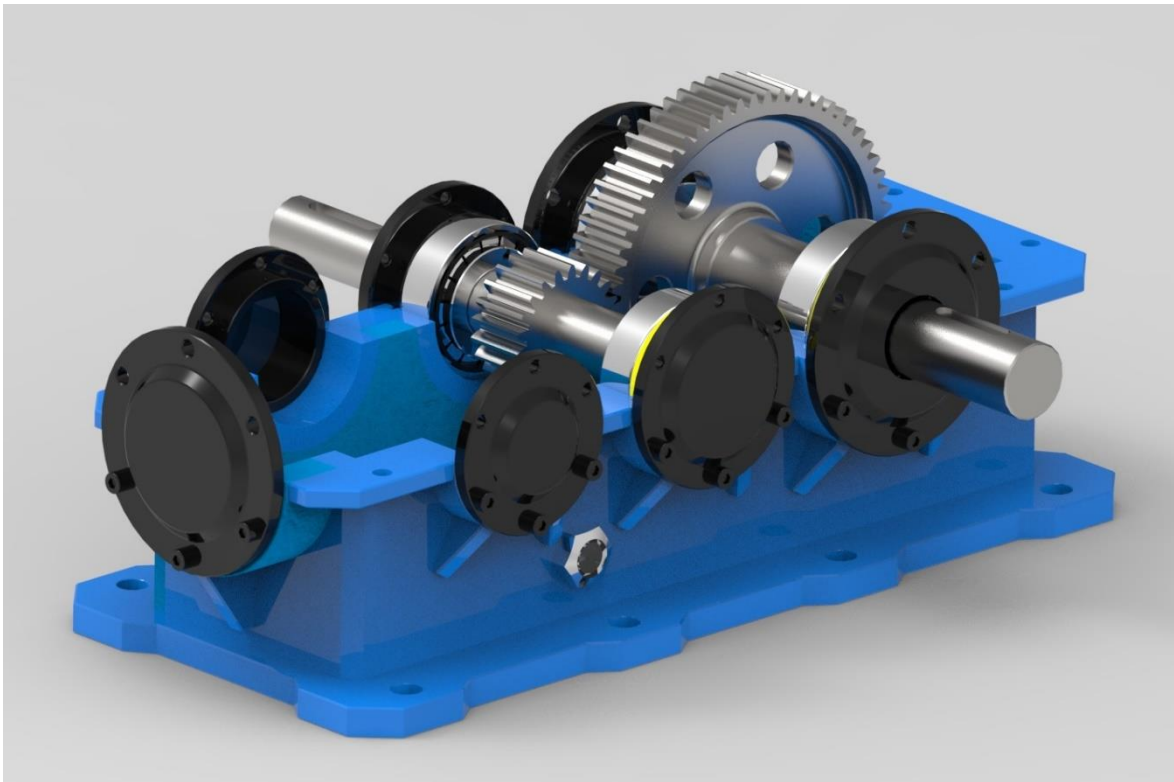


Obr. 65 : Kuželočelní třístupňová převodovka s vkládanými víčky – pohled shora [Autor]

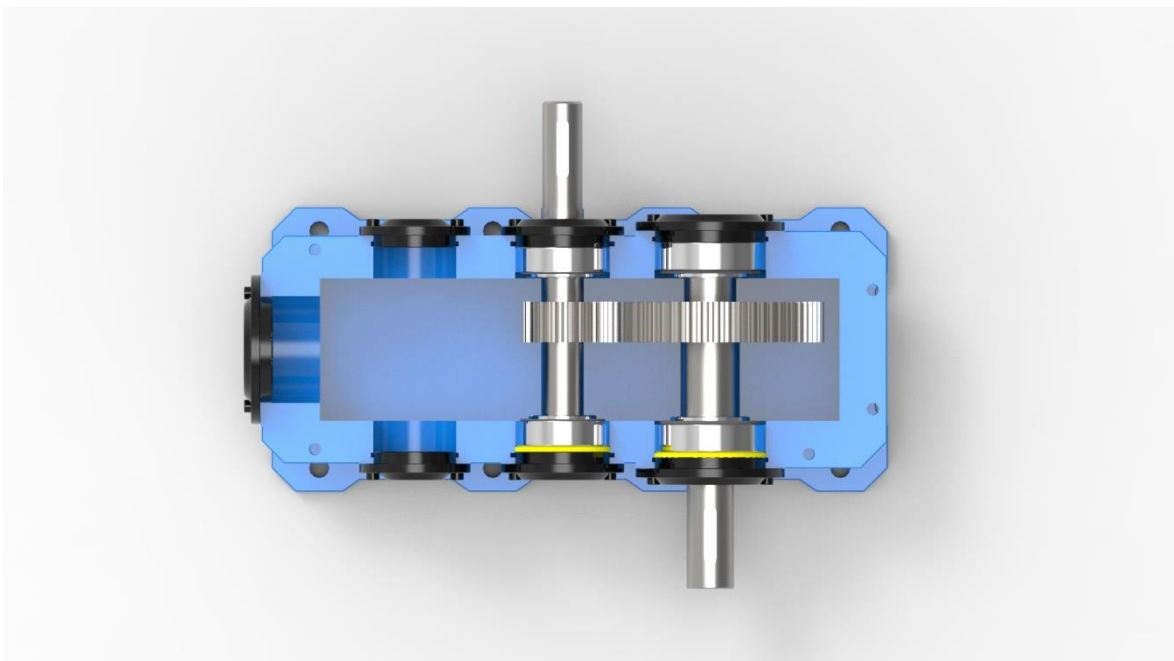
3.8.5. Čelní jednostupňová s vnějšími víčky

Hlavní použité komponenty

- víčko k zaslepení vstupu kuželového převodu
- hřídel 2. stupně dlouhý s čelním kolem
- ložiska 30203 pro hřídel 2. stupně a 30204 pro hřídel 3. stupně, alternativně ložiska 6203 pro hřídel 2. stupně a 6204 pro hřídel 3. stupně za použití hřídelových vymešovacích kroužků
- víčka vnější slepá $\varnothing 35\text{mm}$ – 2ks, 40mm – 1ks a 47mm – 1ks
- víčka vnější průchozí s hřídelovým těsnícím kroužkem 40mm – 1ks a 47mm – 1ks
- vymešovací kroužky $\varnothing 40\text{mm}$ a 47mm



Obr. 66 : Čelní jednostupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu [Autor]



Obr. 67.: Čelní jednostupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora [Autor]

4. Periferie

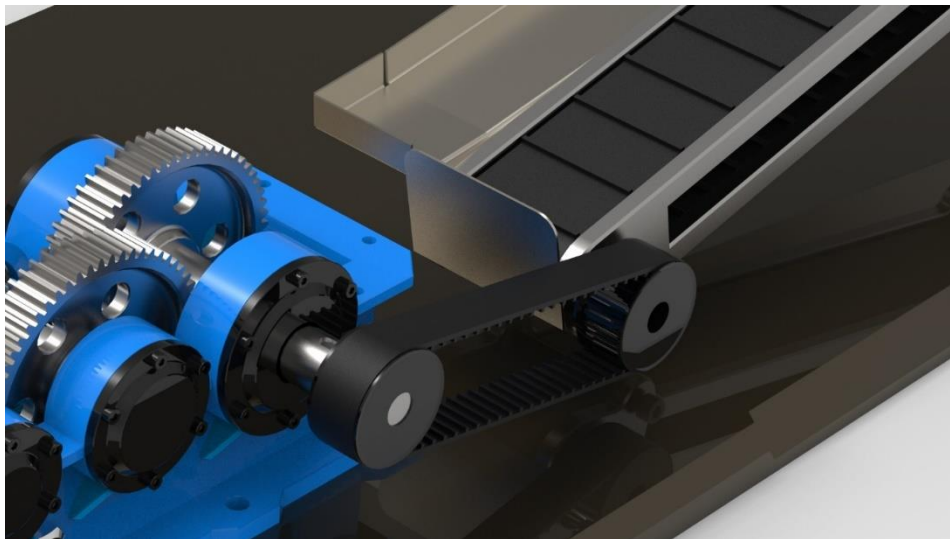
4.1. Pásový dopravník

4.1.1. Popis

Model pásového dopravníku má několik funkcí. Tou první je možnost demonstrovat varianty jeho pohonu. K dispozici je jak pohon ozubeným řemenem, tak pohon přímý použitím pružné spojky spojením s výstupním hřídelem převodovky. Další je pak dopravník samotný a jeho konstrukce. Je zde např. napínání pásu na obou koncích hnané osy válce, a tím možnost názorně demonstrovat nutnost správného seřízení, aby pás běžel uprostřed. V neposlední řadě je pak pohled z hlediska automatizace. Sestava se skládá z dopravníku s předávacím skluzem a elektromagneticky ovládanou výklopkou, která vrací dopravovaný předmět na začátek procesu. Je zde tedy možnost vidět uzavřený automatizační cyklus bez nutnosti zásahu obsluhy.

4.1.2. Volba pohonu dopravníku

Přenos výkonu řemenovým převodem



Obr. 68.: Přenos výkonu ozubeným řemenem [Autor]

Přenos výkonu pružnou spojkou

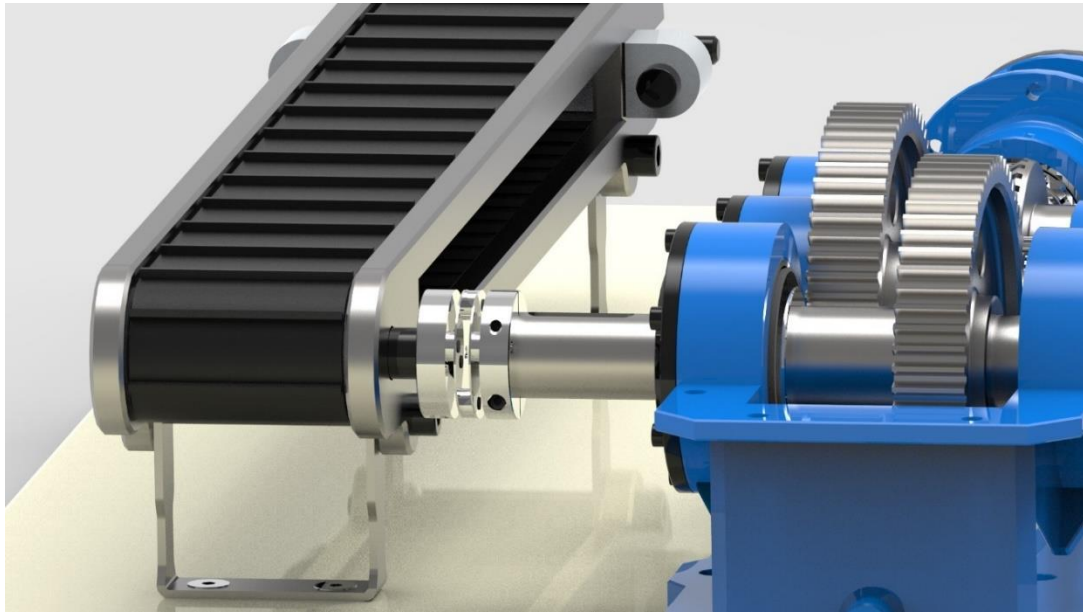
Pro variantu přímého připojení dopravníku byla zvolena pružná spojka výrobce RAVEO.cz řady DCS se svěrnými spoji pro jednoduchou montáž a bezúdržbový provoz. Spojka tohoto typu se vyznačuje vysokou torzní tuhostí, odolností proti opotřebení a korozi a nízkou cenou. Kromě toho dokáže kompenzovat vychýlení spojovaných hřídelů

Parametry pružné spojky

- jmenovitý přenášený moment 5 Nm
- materiál: kotoučové svazky vyrobeny z nerezové oceli, náboje vyrobeny z hliníku
- teplotní rozsah: -30°C až +100°C
- maximální otáčky: 10000 ot/min
- kontaktní plochy: musí být bez oleje a mastnoty
- montážní tolerance: h7



Obr. 69.: Pružná spojka [54]



Obr. 70.: Detail přenosu výkonu z převodovky na dopravník upravenou pružnou spojkou [Autor]

4.1.3. Řídící cykly

Nepřetržitý provoz

Provoz převodovky i dopravníku je nezávislý na vložení předmětu až do nuceného ukončení, optozávora i podávací zařízení jsou mimo provoz.

Jednorázová doprava – provoz po dobu stisknutí tlačítka

Na rozdíl od nepřetržitého provozu je v provozu pouze po dobu držení tlačítka.

Jednorázový pohyb v závislosti na optozávore

Předmět je založen a čeká se na potvrzení tlačítkem. Jakmile je zaregistrováno, spustí se dopravníkový pás a následně je proveden pouze jeden cyklus oběhu. Poté lze znovu stisknout tlačítko a celý cyklus opakovat.

Nekonečný pohyb v závislosti na optozávore

Funkce je stejná jako předešlá, cyklus je však nekonečný až do nuceného vypnutí tlačítkem.

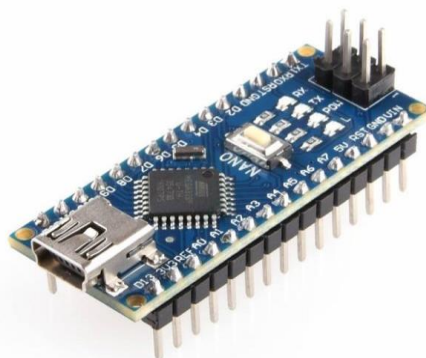


Obr. 71.: Řídící pult [Autor]

4.1.4. Řídící jednotka

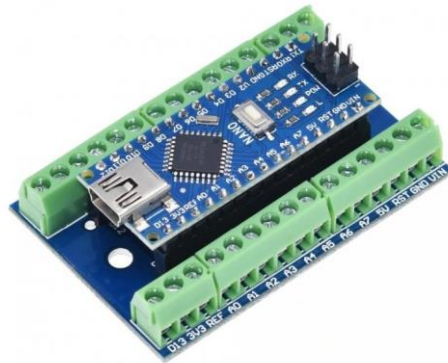
Vzhledem k původnímu požadavku, že stand má sloužit jak k výuce, tak prezentaci, kde se předpokládá bezobslužný provoz, byly do návrhu přidány i prvky automatizace. Celý řídicí systém je založen na platformě Arduino a je ovládán a nastavován z řídicího panelu.

Danému účelu zcela vyhovuje řídicí deska Arduino s obchodním označením Nano, která je výhodná i tím, že obsahuje USB konektor pro snadný upgrade programu.



Obr. 72.: Řídící jednotka Arduino [55]

Pro vhodnější použití je pak deska zasazena do terminálu opatřeného šroubky pro uchycení kabeláže a bezpečnému přichycení k základní desce.



Obr. 73.: Připojovací rozhraní řídicí jednotky Arduino [56]

4.2. Optická závora

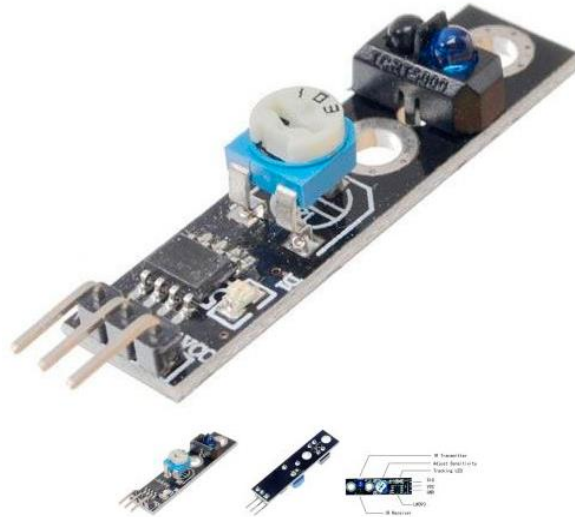
Pro sledování jednotlivých pozic dopravovaného předmětu byly na dopravníku použity optické závory TCRT5000. Ty sledují jak založení dopravovaného předmětu, tak jeho další pohyb v rámci dopravního okruhu.

Popis funkce:

Po umístění předmětu do počáteční pozice ve výklopce je dopravovaný předmět zaregistrován optozávorou a čeká se na potvrzení tlačítkem. Po jeho stisknutí je aktivována výklopka, předmět je přesunut na dopravník a ten je spuštěn. Po vyvezení předmětu na konec dopravníkového pásu spadne předmět do skluzavky a gravitací je dopraven zpět do výklopky, kde je opět zaregistrován optozávorou. Následné spuštění nebo blokování cyklu je závislé na aktivovaném režimu.

Reflexní světelná závora, modul s LM393 a TCRT5000
/Reflexní optočlen/

Ilustrační foto

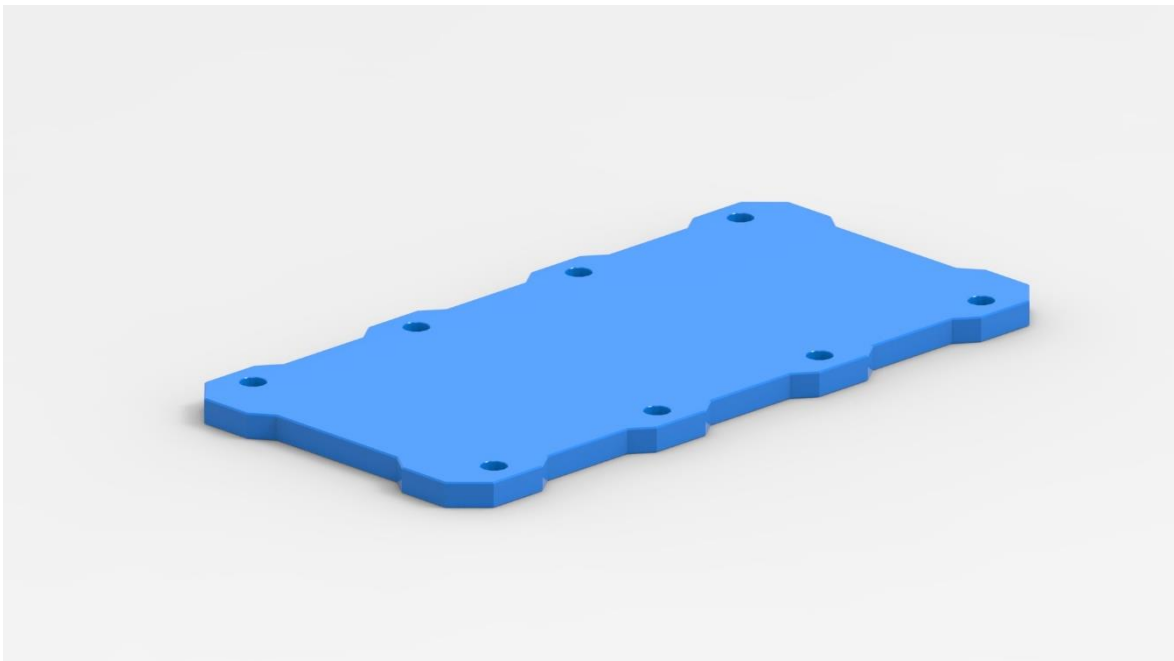


Informace o zboží

Obr. 74.: Optozávora TCRT5000 [57]

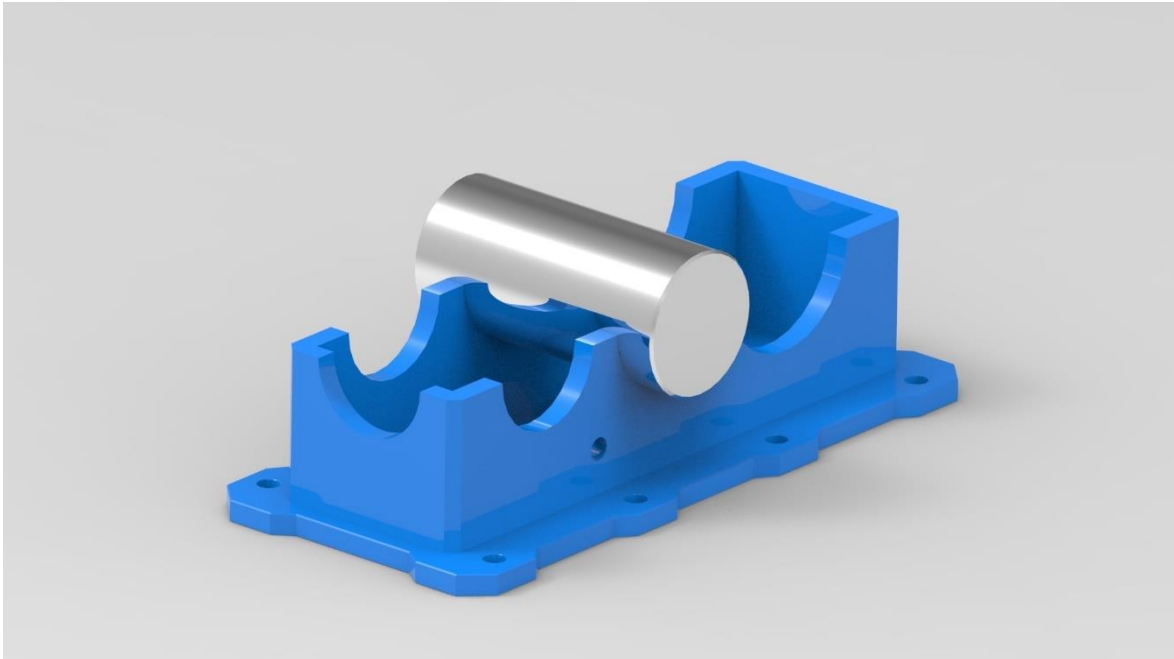
5. Technologický postup výroby skříně převodovky

Základ tvoří kotvící příruba, která je zároveň dnem skříně. Ta byla vyrobena, stejně jako ostatní díly, z materiálu S235JR. Polotovarem byl plech tloušťky 8 mm. Pro daný tvar dílce byla zvolena technologie laserového výpalku. Na výpalku byly poté zvětšeny předřezané kotevní otvory na $\varnothing 9$ mm pro kotvení převodovky a sraženy jejich hrany, stejně jako po obvodu dílce. Nakonec pak byla ocelovým kartáčem deska z jedné strany očištěna od okují a odmaštěna pro přípravu na svařování.



Obr. 75.: Dno převodové skříně [Autor]

Výroba bočnic začala dělením pásoviny na strojní pásové pile. V dalším kroku byla vytvořena na frézce půlkruhová lůžka pro domky ložisek a provedeno přesné délkové zarovnání. Pro přesné ustavení a svaření skříně bylo zapotřebí vytvořit montážní přípravky. První spočíval v ustavení vzájemné polohy lůžek pro ložiskové domky tak, aby byly sousedé, a druhý ve fixaci ustavených bočnic a základové desky v jeden celek pro vzájemné svaření.



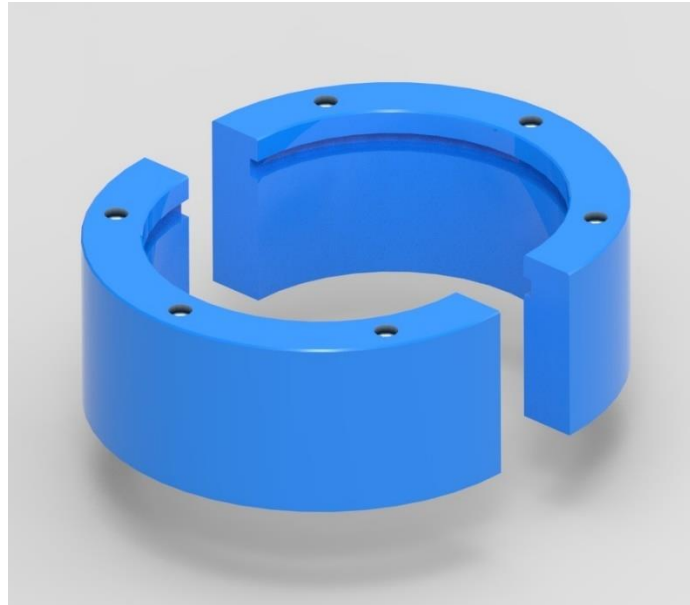
Obr. 76.: Přípravek pro usazení bočnic [Autor]

Svaření proběhlo metodou na stroji Sherman TIG210 AC/DC Pulse v ochranné atmosféře Argonu čistoty 4.8.

Domky ložisek a příruba kuželového převodu byly vyráběny z kruhové oceli shodného průměru 70 mm. Nejprve byly na hrubou délku na pásové pile nařezány jednotlivé polotovary všech domků. Následovalo rozdělení na dva symetrické půlkruhy ve smyslu dělicí roviny skříně. Jelikož při dělení dochází k úbytku materiálu, a tím ke zmenšení průměru obou polovin po zpětném složení, bylo zapotřebí počítat s příslušným přídavkem.

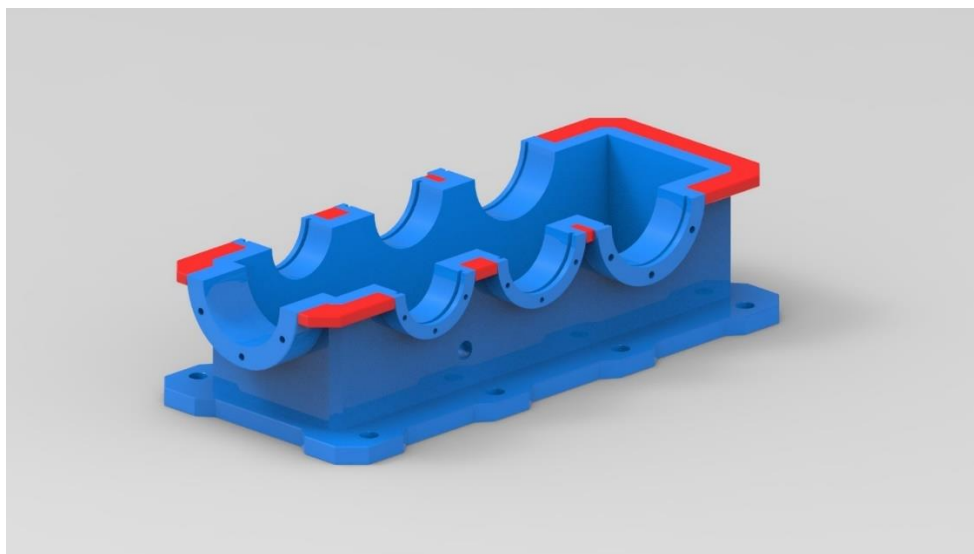
Aby bylo zamezeno vzájemnému posuvu obou polovin domků během obrábění, bylo nutno je společně svrat, doplnit kolíky a sešroubovat. Takto spojené jednotky byly upnuty postupně za vnější i vnitřní průměr a soustruženy s přídavkem, finální obrábění načisto proběhlo až po vevaření do skříně kvůli zajištění správné sousosti, roztečí a polohy.

Samotné svařování proběhlo u všech 6 domků i příruby kuželového převodu stejně. Byly navlečeny na přípravek zajišťující hrubou sousost a ustaveny v bočnicích skříně tak, aby boční plocha domku souhlasila s vnitřkem bočnice a dělicí rovina domku s přídavkem byla rovnoběžná s rovinou skříně. Následně proběhlo jejich přivaření ke skříně koutovým svarem a4 dle ČSN EN ISO 5817. Podobným způsobem byla přivařena i příruba kuželového převodu a nálitek pro vypouštěcí šroub převodového oleje.



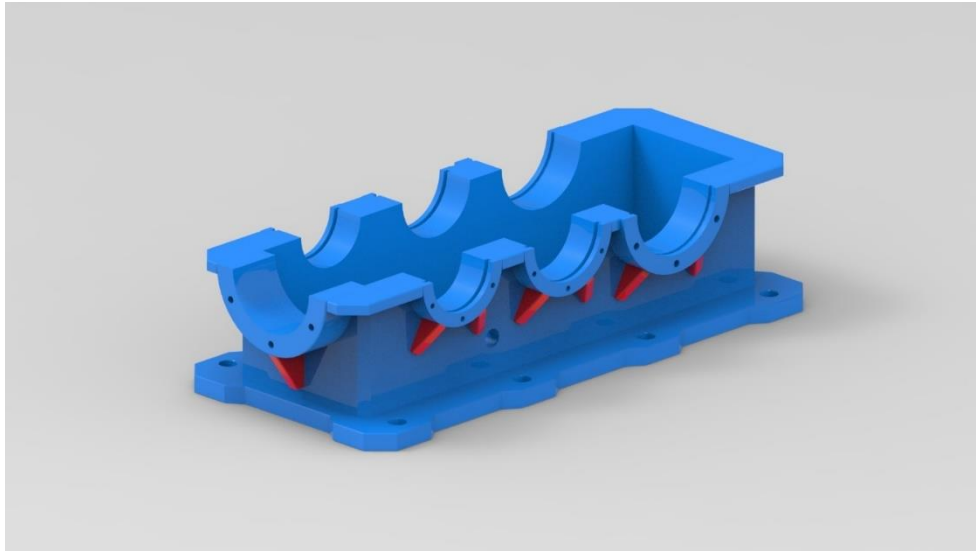
Obr. 77.: Poloviny domku ložiska [Autor]

Pro spojení dna a víka skříně bylo nutné rozšířit plochu dělicí roviny. Dílce věnce byly vytvořeny ze stejného materiálu jako zbytek skříně, opět technologií laserového výpalku vyjma otvorů, které vznikly až po spojení obou polovin. Tloušťka vstupního materiálu byla zvolena o 2 mm větší než finální kvůli přídavku na opracování dělicí roviny. Přivařování probíhalo tak, že byla vždy polovina skříně otočena dělicí rovinou směrem dolů a podložena pásky 2 mm, z boku přiloženy segmenty věnce a přivařeny koutovým svarem a4. Tak byl zajištěn symetrický přídavek po celém obvodu.



Obr. 78.: Na obrobenej spodní části převodovky červeně zvýrazněné segmenty věnce [Autor]

Jako poslední svařovací operace byly na skříň dovařeny trojúhelníkové výztuhy pro zvýšení tuhosti celé konstrukce a zlepšení designu.



Obr. 79.: Na obrobené spodní části převodovky červeně zvýrazněné výztuhy [Autor]

Poslední obráběcí operací skříně bylo přesné frézování otvorů pro ložiska. To bylo provedeno na horizontální frézce FH2a. Tato operace byla zvolena jako poslední, jelikož z důvodu pnutí při svařování dochází ke změnám rozměrů celé převodové skříně. Důležitá byla jak souosost jednotlivých dvojic domků, tak vzájemná rozteč kvůli správné mezizubové vůli u předlohy, 1. a 2. stupně. Ze stejného důvodu pak bylo nutné dodržet přesnost os hřídelů vůči dělicí rovině, především kvůli kuželovému převodu.

6. Závěr

V první části byla provedena rešerše problematiky ozubených kol a soukolí, dále pak přehled typů převodovek a dopravníků, jejich nejběžnější aplikace, výhody a nevýhody.

Ve druhé části se podařilo navrhnout, vypočítat a zkonstruovat funkční variabilní převodovku dle vstupních požadavků. Ta má 6 možných variant sestavení a možnost demonstrování vymezení axiálních poloh hřidelů a zubových vůlí. K převodovce byl zároveň zkonstruován pásový dopravník vybavený funkčním napínáním gumového pásu a možností připojení pohonu z obou stran. Poháněn může být buď přímo - pružnou spojkou, nebo ozubeným řemenem.

Ve třetí části se podařilo vytvořit funkční model automatizačního procesu. Základ tvoří převodovka s elektromotorem, u kterého je možné plynule měnit otáčky i ovládat chod celého systému pomocí optozávory. K dopravníku je z boku připevněn skluz, po kterém sjede nahoru dopravený předmět dolů a výklopkou je vrácen zpět do procesu. Díky tomu lze celý stand provozovat i v bezobslužném režimu a může být využit mimo jiné např. jako propagační zařízení.

Čtvrtá část se zabývá jednotlivými kroky postupu výroby převodové skříně, použitými materiály a technologiemi při výrobě.

Všechny vytyčené cíle byly splněny.

7. Seznam použité literatury

- [1] BOLEK, Alfred a KOCHMAN, Josef. Části strojů 2. svazek. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00426-8.
- [2] ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: mechanické převody. Praha : České vysoké učení technické, 1999. ISBN 80-01-01934-9.
- [3] https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/sablony/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-05.pdf
- [4] Čelní ozubená kola s přímými zuby. STACHURA.cz [online]. [cit 2024-15-01] https://stachura.cz/novy/strojni/ozubene_prevody.htm
- [5] Čelní ozubená kola se zakřivenými zuby. STACHURA.cz [online]. [cit 2024-15-01] https://stachura.cz/novy/strojni/ozubene_prevody.htm
- [6] Kola s šípovými zuby. CZ.HZPT.com [online]. [cit 2024-15-01] <https://cs.hzpt.com/product/herringbone-gears/>
- [7] Kuželová kola s přímými zuby. TYMA.cz [online]. [cit 2024-15-01] <https://www.tyma.cz/produkty/oks-m3-z30-30-b-1-1-ocel/>
- [8] Kuželová kola se šikmými zuby. AMECO.cz [online]. [cit 2024-15-01] <https://eshop.ameco.cz/products/cz/1619/273/2511/g1089/38145700/>
- [9] Hypoidní soukolí. EN.HBAXLE.com [online]. [cit 2024-15-01] http://en.hbaxle.com/news_detail/id/6.html
- [10] Šnekové soukolí. TEATECHNIK.cz [online]. [cit 2024-15-01] <https://www.teatechnik.cz/typ/>
- [11] Ozubený hřeben s pastorkem. REM-TECHNIK.cz [online]. [cit 2024-15-01] <https://www.rem-technik.cz/pohyb-pohony-prevody/hrebeny-a-pastorky/hrebeny-a-pastorky-58.html>
- [12] Převodovka. Wikipedie. [online]. [cit 2024-15-01] <https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99evodovka>

- [13] KUGL, Otmar. Projekt - III. ročník. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03205-1.
- [14] Kuželová převodovka. RAVEO.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.raveo.cz/aktualita/kuzelove-prevodovky-atek/>
- [15] Kuželová převodovka. AMECO.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://eshop.ameco.cz/products/cz/1331/1337/g1801/41000101/>
- [16] Čelní převodovka přírubová. OPIS.cz [online]. [cit 2024-15-01]
https://opis.cz/prevodovky-bonfiglioli/cpres_cz.html
- [17] Čelní převodovka s přenosem. PLAMS.arg.pl [online]. [cit 2024-15-01]
<http://www.plams.arg.pl/attachments/File/2%2836%29.jpg>
- [18] Čelně - kuželová převodovka. OPIS.cz [online]. [cit 2024-15-01]
https://opis.cz/prevodovky-bonfiglioli/apres_cz.html
- [19] Kuželo-čelní převodovka. GEARPOWER.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.gearpower.cz/fotoalbum/nove-prevodovky/kuzelocelni-prevodovka-250-kw/s350006.html>
- [20] Šneková převodovka. ELEKTROMOTORY-MTM.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<http://elektromotory-mtm.cz/produkt/prevodovky/snekove-prevodovky/pmrv-063/>
- [21] Planetová převodovka - schéma. ROHLOFF.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<http://www.rohloff.cz/system-planetove-prevodovky.php>
- [22] Vícestupňová planetová převodovka. WIKOV.com [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.wikov.com/cs/mechanicke-prevodovky/katalogove-prevodovky/planetove>
- [23] Princip variátoru. SCOOTER-TUNING.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.scooter-tuning.cz/blog/-jak-na-to-variator-/>
- [24] Přírubová převodovka. KELHEIM.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.kelheim.cz/produkt/prevodovka-hg03/>

- [25] Převodovka s přenosem. I-TES.com [online]. [cit 2024-15-01]
<http://www.i-tes.com/profile/celni-prevodovka-za---zf-4876>
- [26] Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I., Ostrava 2001, ISBN 80–248–0043–8.
- [27] Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J. a Hrabovský, L. Dopravní a manipulační zařízení II., Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X.
- [28] Polák, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení III., Ostrava 2005, ISBN 80–248–0963–X.
- [29] Pavliska, J., Hrabovský, L. Dopravní a manipulační zařízení IV., Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0537-5.
- [30] Pásový dopravník. JVMMETALSHOP.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.jvmmetalshop.cz/produkt/dopravnik-standard-nerez/>
- [31] Schéma pásového dopravníku. TECHPORTAL.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.techportal.cz/33/dopravniky-uniqueidmRRWSbk196FNf8-iVUh4EIDzobldhBp5eoD2T5OK9qprJfTGJxQrnQ/>
- [32] Válečková stolice. VSEKOV.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.vsekov.cz/valeckove-stolice/galerie-valeckovych-stolic-4057535-1>
- [33] Válečková dráha. DITES.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://dites.cz/portfolio-items/pasove-valeckove-vahy/>
- [34] Pogumovaný buben. AMGPICHA.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<http://www.amgpicha.cz/bubny/pohaneci/>
- [35] Buben s keramickými pásy. FLEXCO.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.flexco.cz/produkty/flexco-spoje/keramika-pro-bubny-pasovych-dopravniku/>
- [36] Profily pásů pásových dopravníků. ELUC.IKAP.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1923>

- [37] Napínání pásu kladkostrojem. DSINDUSTRY.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<http://www.dsindustry.cz/dopravni-pasy/prumery-bubnu>
- [38] Napínání pásu pomocí šroubů. DIN-TECHNIK.sk [online]. [cit 2024-15-01]
<https://din-technik.sk/najpredavanejsie-pasy/20-hladky-dopravnikovy-pas-dpa-2-30-g-12.html>
- [39] Pohon dopravníku elektromotorem v bloku s převodovkou. HABERKORN.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.haberkorn.cz/pasove-dopravniky-prime/>
- [40] Elektrobuben. ACHENBACH.cz [online]. [cit 2024-15-01]
http://www.achenbach.cz/bubnove_elektropohony
- [41] Článkový dopravník Alutec. ALUTECKK.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.aluteckk.cz/destickove-clankove-dopravniky>
- [42] Válečkový dopravník. JUNGHEINRICH-PROFISHOOP.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.jungheinrich-profishop.cz/Lehky-valeckovy-dopravnik-trubkove-ocelove-valecky-oblouk-90-36116-102670/>
- [43] Korečkový dopravník. NAVZAS.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.navzas.cz/elevatory-1>
- [44] Eskalátor. 21STOLETI.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://21stoleti.cz/2007/11/16/jak-pracuje-eskalator/>
- [45] Pohyblivý chodník. CZ.SAFE-LIFTS.com [online]. [cit 2024-15-01]
<http://cz.safe-lifts.com/moving-walk/0-moving-walk/slim-moving-walk-with-high-quality.html>
- [46] Šnekový dopravník. NAVZAS.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.navzas.cz/snekove-dopravniky>
- [47] Redler. DIEBESTEAR.life [online]. [cit 2024-15-01]
https://diebestear.life/product_details/9651217.html

- [48] Vibrační dopravník M-tec. M-TEC.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.m-tec.cz/vyrobky/dopravni-a-davkovaci-systemy/vibracni-dopravniky/>
- [49] Vibrační dopravník Hennig s pluhovými prvky. HENNIGWORLDWIDE.com [online]
[cit 2024-15-01]
<https://hennigworldwide.com/cz/push-bar>
- [50] Parametry kuželových kol. TEDEKA.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.tedeka.cz/prevod-do-uhlove-brusky-nr--b-100--m79015mp/>
- [51] Parametry pastorku. MATEZA.cz [online]. [cit 2024-15-01]
https://media.mateza.cz/attachments/KOC_M15_12_44.pdf
- [52] Parametry kola. MATEZA.cz [online]. [cit 2024-15-01]
https://media.mateza.cz/attachments/KOC_M15_45_70.pdf
- [53] Pružná spojka. RAVEO.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.raveo.cz/kategorie-produktu/kotoucove-spojky/>
- [54] Vlastnosti oceli S235JR. BBOLZANO.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jrdrive-s235jrg2>
- [55] Řídící jednotka Arduino. LASKAKIT.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.laskakit.cz/arduino-nano-r3--atmega328p-klon--pripajene-piny/>
- [56] Připojovací rozhraní řídicí jednotky Arduino. LASKAKIT.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.laskakit.cz/arduino-nano-terminal-shield/>
- [57] Optozávora TCRT5000. HADDEX.cz [online]. [cit 2024-15-01]
<https://www.hadex.cz/m499a-reflexni-svetelna-zavora-modul-s-lm393-a-tcrt5000-reflexni-optoclen/>

8. Seznam obrázků

Obr. 1.: Čelní ozubená kola s přímými zuby.....	11
Obr. 2.: Čelní ozubená kola se šikmými zuby.....	11
Obr. 3.: Čelní kola se šípovými zuby.....	12
Obr. 4.: Kuželová kola s přímými zuby.....	12
Obr. 5.: Kuželová kola se zakřivenými zuby.....	13
Obr. 6.: Hypoidní soukolí.....	13
Obr. 7.: Šnekové soukolí.....	14
Obr. 8.: Ozubený hřeben s pastorkem.....	14
Obr. 9.: Kuželová převodovka – dva výstupy.....	16
Obr. 10.: Kuželová převodovka – jeden výstup.....	16
Obr. 11.: Čelní převodovka – varianta 1.....	17
Obr. 12.: Čelní převodovka – varianta 2.....	17
Obr. 13.: Čelně – kuželová převodovka.....	17
Obr. 14.: Kuželo – čelní převodovka.....	17
Obr. 15.: Šneková převodovka.....	18
Obr. 16.: Planetová převodovka - schéma.....	18
Obr. 17.: Vícestupňová planetová převodovka.....	18
Obr. 18.: Princip variátoru.....	19
Obr. 19.: Přírubová převodovka.....	19
Obr. 20.: Převodovka s přenosem.....	19
Obr. 21.: Pásový dopravník.....	21
Obr. 22.: Schéma pásového dopravníku.....	22
Obr. 23.: Válečková stolice.....	23
Obr. 24.: Válečková dráha.....	23
Obr. 25.: Pogumovaný buben.....	24
Obr. 26.: Buben s keramickými pásky.....	24
Obr. 27.: Profily pásů pásových dopravníků.....	25
Obr. 28.: Napínání pásu kladkostrojem.....	25
Obr. 29.: Napínání pásu pomocí šroubů.....	26
Obr. 30.: Pohon dopravníku elektromotorem v bloku s převodovkou.....	26
Obr. 31.: Elektrobuben.....	27
Obr. 32.: Článkový dopravník Alutec.....	28
Obr. 33.: Válečkový dopravník.....	28
Obr. 34.: Korečkový dopravník.....	29
Obr. 35.: Eskalátor.....	29

Obr. 36.: Pohyblivý chodník.....	30
Obr. 37.: Šnekový dopravník.....	31
Obr. 38.: Redler.....	31
Obr. 39.: Vibrační dopravník M-tec.....	32
Obr. 40.: Vibrační dopravník Hennig s pluhovými prvky.....	32
Obr. 41.: Modulární převodovka - celkový pohled.....	33
Obr. 42.: Celkový pohled na výukový stand.....	35
Obr. 43.: Parametry kuželových kol.....	38
Obr. 44.: Vstupní parametry pro výpočet kuželových kol.....	40
Obr. 45.: Výpočty kuželových kol 1.část.....	40
Obr. 46.: Výpočty kuželových kol 2.část.....	41
Obr. 47.: Parametry pastorku.....	42
Obr. 48.: Parametry kola.....	43
Obr. 49.: Vstupní parametry pro výpočet čelních kol.....	43
Obr. 50.: Výpočty čelních kol 1.část.....	44
Obr. 51.: Výpočty čelních kol 2.část.....	44
Obr. 52 : Vlastnosti oceli S235JR.....	45
Obr. 53.: Uložení hřídele v kuželíkových ložiskách.....	47
Obr. 54.: Uložení hřídele v kuličkových ložiskách.....	47
Obr. 55.: Pohled na vymezení kroužek kuželového soukolí.....	48
Obr. 56.: Nastavení axiální polohy bloku vstupního hřídele.....	49
Obr. 57.: Vymezení axiální polohy předlohy.....	50
Obr. 58.: Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu.....	51
Obr. 59.: Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora.....	51
Obr. 60.: Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vkládanými víčky v ISO pohledu.....	52
Obr. 61.: Kuželočelní dvoustupňová převodovka s vkládanými víčky – pohled shora.....	53
Obr. 62.: Kuželočelní třístupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu.....	54
Obr. 63.: Kuželočelní třístupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora.....	54
Obr. 64.: Kuželočelní třístupňová převodovka s vkládanými víčky v ISO pohledu.....	55
Obr. 65.: Kuželočelní třístupňová převodovka s vkládanými víčky – pohled shora.....	56
Obr. 66.: Čelní jednostupňová převodovka s vnějšími víčky v ISO pohledu.....	57
Obr. 67.: Čelní jednostupňová převodovka s vnějšími víčky – pohled shora.....	57
Obr. 68.: Přenos výkonu ozubeným řemenem.....	58
Obr. 69.: Pružná spojka.....	59
Obr. 70.: Detail přenosu výkonu z převodovky na dopravník upravenou pružnou spojkou.....	60
Obr. 71.: Řídicí pult.....	61
Obr. 72.: Řídicí jednotka Arduino.....	61
Obr. 73.: Připojovací rozhraní řídicí jednotky Arduino.....	62



Obr. 74.: Optozávora TCRT5000.....	63
Obr. 75.: Dno převodové skříně.....	64
Obr. 76.: Přípravek pro usazení bočnic.....	65
Obr. 77.: Poloviny domku ložiska.....	66
Obr. 78.: Na obrobené spodní části převodovky červeně zvýrazněné segmenty věnce.....	66
Obr. 79.: Na obrobené spodní části převodovky červeně zvýrazněné výztuhy.....	67