

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh konstrukčního řešení pohonné jednotky stavebního výtahu

Autor: **Marcel Švagr**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marcel ŠVAGR**
Osobní číslo: **S11B0234P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Návrh konstrukčního řešení pohonné jednotky stavebního výtahu**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Zpracovat rešerši pohonných systémů a vypracovat návrh pro konkrétní zadání.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systémové specifikace požadavků a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení.
2. Zajištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením.
3. Vypracování potřebné technické dokumentace.
4. Komplexní hodnocení navrženého řešení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra: Obecné strojí části 1.
Praha: Computer press, 2000

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra: Obecné strojí části 2.
Praha: Computer press, 2000

KRÁTKÝ, J., KRÓNEROVÁ, E., HOSNEDL, S. Obecné strojí části 2: Základní
a složené převodové mechanismy. Plzeň: ZČU, 2011

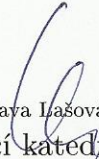
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto prostřednictvím bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D. za cenné rady, metodické vedení a odborné připomínky. Také bych chtěl poděkovat panu Jaroslavu Šebkovi z firmy STROS, Sedlčanské strojírný a. s. za pomoc a názorné ukázky při řešení problematiky pohonné jednotky.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Švagr	Jméno Marcel		
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“			
VEDOUČÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Jméno Jaroslav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh konstrukčního řešení pohonné jednotky stavebního výtahu			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	77	TEXTOVÁ ČÁST	48	GRAFICKÁ ČÁST	29
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Tato bakalářská práce obsahuje řešerši stavebních výtahů a jejich částí, konkrétní řešení pohonné jednotky a vybrané výrobní výkresy. Zabývá se konstrukčním návrhem přídavné převodovky pohonné jednotky sloužící ke snížení radiálních zatížení na výstupní člen.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>stavební výtah, pohonná jednotka, přídavná převodovka, konstrukce</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Marcel	Name Švagr	
FIELD OF STUDY	23-35-8 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Desing of a Power Unit for a Construction Lift		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	77	TEXT PART	48	GRAPHICAL PART	29
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis contains search of construction lifts and his parts, concrete solution of power unit and draws for manufacturing of selected components. It deals with design of additional gear which is part of power unit. Goal is reduce a radial strain on the output part.
KEY WORDS	construction lift, power unit, additonal gear, design

Obsah

1	Úvod.....	- 10 -
2	Stavební výtahy.....	- 11 -
2.1	Stavební výtahy podle typu	- 11 -
2.2	Části stavebních výtahů	- 14 -
2.2.1	Stožár.....	- 14 -
2.2.2	Kabina/Klec.....	- 15 -
2.2.3	Pohon.....	- 17 -
3	Obecné zákonitosti (vztaženo k pohonné jednotce)[11]	- 20 -
3.1	Motor	- 20 -
3.2	Převodovka	- 21 -
3.2.1	Hřídel.....	- 21 -
3.2.2	Ozubená kola.....	- 22 -
3.2.3	Ložiska	- 25 -
4	Specifikace zadání.....	- 26 -
5	Návrh řešení	- 27 -
5.1	Funkční schéma	- 27 -
5.2	Silový rozbor	- 28 -
5.3	Návrhové výpočty.....	- 29 -
5.3.1	Potřebný výkon	- 29 -
5.3.2	Životnost.....	- 30 -
5.3.3	Návrh výstupního pastorku	- 30 -
5.4	Návrh rozložení pohonné jednotky.....	- 32 -
6	Konkrétní návrh a řešení	- 35 -
6.1	Ozubená kola	- 35 -
6.2	Hřídel a její uložení	- 37 -
6.3	Převodová skříň	- 38 -
6.4	Spodní kryt/nosná deska.....	- 39 -
6.5	Příruba a víčko.....	- 40 -
6.6	Sestavení a montáž	- 41 -
6.7	Kontrola uchycení kabiny/klece	- 42 -
6.8	Celkový vzhled pohonné jednotky	- 43 -
7	Závěr.....	- 44 -
8	Literatura	- 45 -

9	Ostatní zdroje	- 46 -
10	Zdroje obrázků	- 46 -
11	Seznam obrázků	- 47 -
12	Seznam příloh.....	- 48 -
13	Výkresová dokumentace	- 48 -

1 Úvod

V dnešní době, kdy jsou budovy čím dál větší, ať už ve smyslu rozlohy nebo výšky, a je potřeba při jejich výstavbě přepravovat velké množství materiálu, jsou stavební výtahy takřka nezbytností.

V rámci úspory času a pracovního vytížení je nynější trend takový, že potenciální majitelé stavebních výtahů tlačí výrobce takovýchto systémů, aby jejich výrobky dokázali přepravovat čím dál hmotnější náklad. Jelikož každý stroj má svá omezení, není tento úkol jednoduchý.

V případě, že se jedná o zákazníka, který výtah již vlastní je problém ještě složitější. Majitel nechce kupovat další výtahové systémy, a přesto chce, aby stávající výtah unesl více popřípadě rychleji a pokud možno za co nejnižší investici do již zakoupeného zařízení. Z tohoto důvodu vznikl nápad na přepracování pohonné jednotky, respektive systému, který přenáší výkon elektromotorů a působí na něj zatížení od klece výtahu a přepravovaného materiálu.

Do takovéto situace se dostala i firma STROS – Sedlčanské strojírny a.s. založená již roku 1960, zpočátku zabývající se výrobou razících plošin, motorových pil, vrátek a dalších vzduchem poháněných mechanismů. V současnosti se podnik specializuje na konstrukci a výrobu stavebních výtahů a jejich komponent. Podnik během svého působení získal renomé i v zahraničí a nyní vyváží téměř do celého světa. [1]

Ze strany této firmy byla snaha o dodávání jiného systému pro pohon výtahů, které dodavatel nevyhověl. Proto se rozhodli řešit tuto záležitost sami. Právě touto problematikou se budu zabývat v rámci své bakalářské práce.

Cílem této bakalářské práce je vytvoření konstrukčního návrhu pohonného systému pro stavební výtah, návrhové výpočty, vytvoření modelu a potřebné dokumentace pro jeho realizovatelnou výrobu.

Práce se zprvu bude zabývat rozdělením stavebních výtahů a jejich jednotlivými částmi. Dále možnostmi přenosu zdvihacích sil a jejich realizací, uvedením obecných zákonitostí pro výpočty pohonného systému. Poté problematikou návrhu a řešení jednotlivých částí převodovky, specifikací požadovaných parametrů a konkrétním řešením dané úlohy.

2 Stavební výtahy

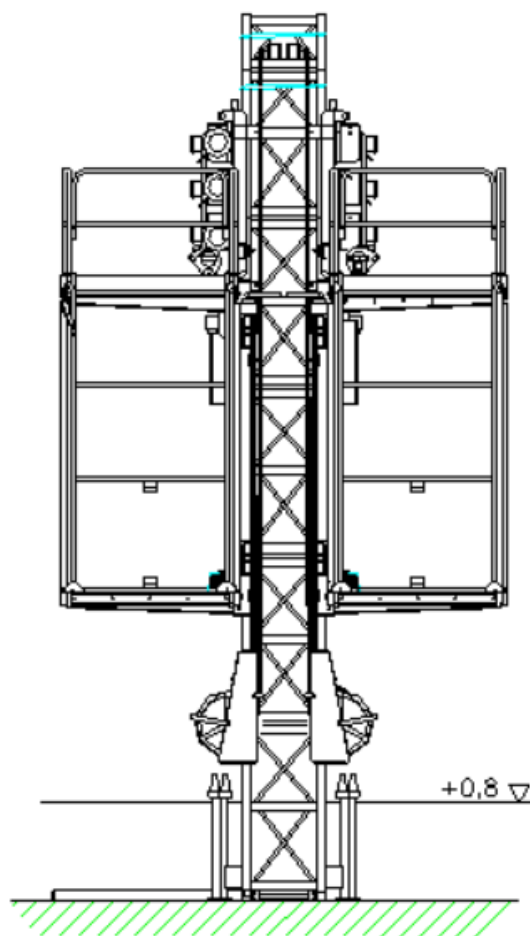
Tyto zařízení se povětšinou liší od normálních výtahů tím, že jsou dočasné, rozebíratelné a zároveň se dá měnit jejich výška současně s růstem objektu. Bývají umístěny na vnějšku stavby na rozdíl od klasických domovních výtahů (osobních výtahů), které jsou vedeny v šachtě. Stavební výtahy můžeme rozdělit podle jejich určení na osobní, osobo-nákladní, nákladní a další výtahové systémy jako pracovní plošiny a speciální druhy výtahů. [2]

2.1 Stavební výtahy podle typu

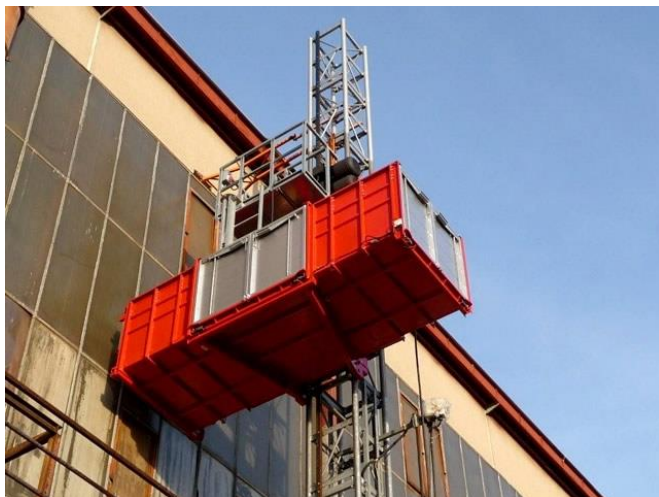


Obr. 1 – Osobo-nákladní výtah [1]

Osobní výtah je určen, jak už z názvu vyplývá, převážně k přepravě osob a menších předmětů. Takový výtah bývá součástí budovy. Nicméně při stavbě většiny budov vzniká potřeba přepravy dělníků do vyšších pater i s menším nářadím, k tomuto účelu slouží právě stavební osobní výtah. Jelikož osobní výtahy nemají příliš vysokou nosnost, nedokáží přepravovat potřebný materiál, proto vznikla varianta osobo-nákladního výtahu. Pořízením této varianty odpadá nutnost dvou výtahů na jednom staveništi, protože mohou přepravovat jak dělníky, tak stavební materiál.



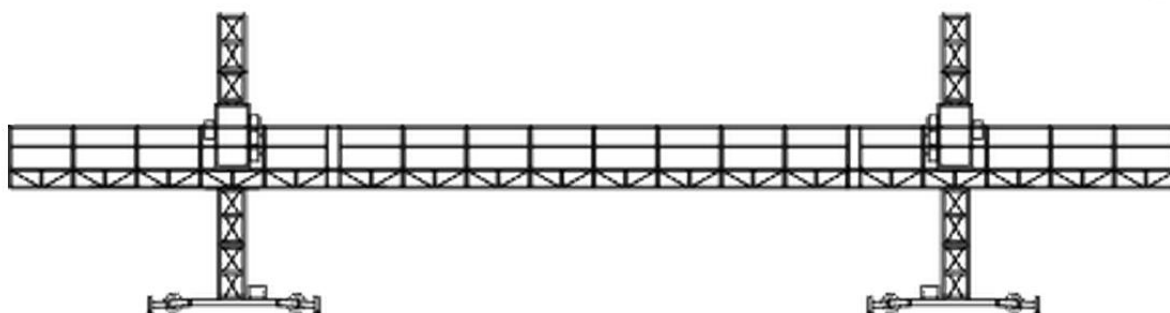
Obr. 2 - Schéma osobo-nákladního výtahu [2]



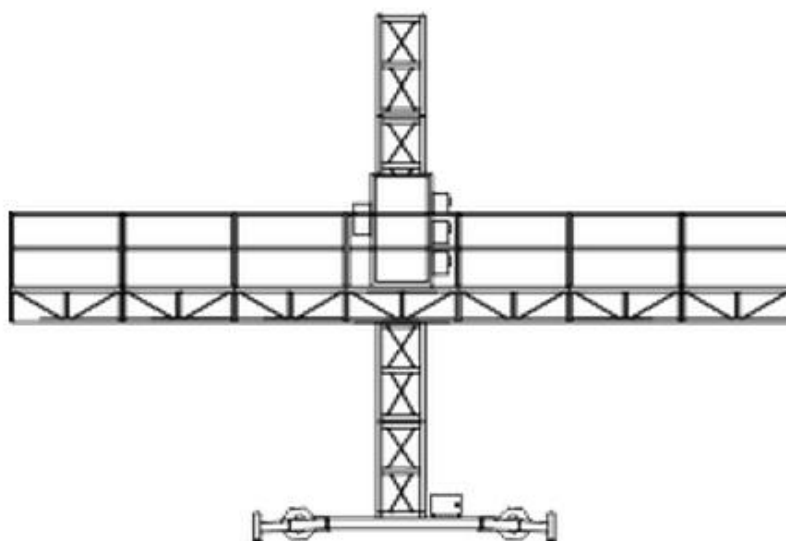
Nákladní výtahy jsou navrženy tak, aby měly vyšší nosnost a mohly tedy přepravovat větší množství materiálu nebo těžký náklad ve svislém směru. Konstrukce interiéru kabiny takového výtahu je zaměřena na odolnost proti poškozením vznikajícím při výkladu či nákladu přepravovaného objektu (stroje, materiálu, nářadí, lešení atd.) a odpadají bezpečnostní prvky pro přepravu osob, protože pro ni není určen.

Obr. 3 - Nákladní výtah [3]

Pracovní plošiny vytváří pracovní prostor ve výšce, mohou přepravovat osoby i materiál a umožňují provádět fasádní, stavební, montážní, servisní a další práce v optimální poloze. Nejčastěji jsou jedno-stožárové a dvou-stožárové. [3]



Obr. 4 – Schéma dvou-stožárové pracovní plošiny [4]



Obr. 5 - Schéma jedno-stožárové pracovní plošiny [4]

Speciální stavební výtahy se od klasických liší různými způsoby, ve většině případů především tvarově či směrem posuvu. Do této kategorie můžeme zařadit například komínové, šachetní, zásobovací, silážní výtahy atd. [4]



Obr. 6 - Speciální průmyslový výtah - elektrárna Hodonín [5]



Obr. 7 - Komínový výtah – Varšava [6]

2.2 Části stavebních výtahů

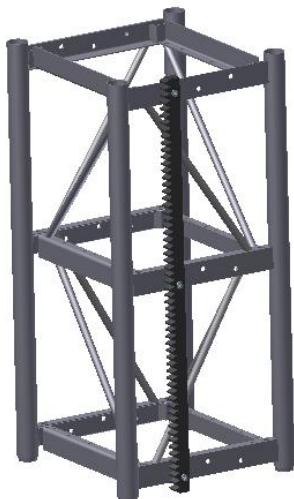
2.2.1 Stožár

Na a tuto část výtahu jsou kladeny vysoké požadavky ať už z hlediska pevnosti, houževnatosti či kvality svarů. Na nosnou konstrukci se přenáší veškeré zatížení od přepravovaného nákladu, musí tedy odolat velkému tlaku a zároveň vydržet drobné vychýlení způsobené změnou zatížení při nakládání/vykládání, rozběhem motoru nebo vnějšími povětrnostními podmínkami, to znamená být pevný, ale ne křehký. Materiál, který se použije na tvorbu stožáru, musí splňovat zmiňované požadavky, přičemž se ve většině případů ještě povrchově upravuje, aby vydržel ve venkovních podmínkách dlouhou dobu a byl odolný proti působení látek, které se na stavenišťích běžně objevují (vápno, cement atd.) K této povrchové úpravě se obvykle využívá pozinkování.

Nejčastěji používaným provedením je stožár se čtvercovým půdorysem, neboli čtyři trubky vztyčené v pomyslných rozích čtverce. Spojené jsou obvykle šikmými příčkami, ve výsledku se jedná o tzv. příhradové stožáry. Trojúhelníkový tvar také není výjimkou. Zvláštní, ale používaný případ jsou „Vrátky“, které tvoří dvě nosné trubky spojené nahoře traverzou a dole masivní rozpěrnou základnou. Tvarová rozmanitost pak záleží na druhu použití, nebo na přání zákazníka, pro kterého je netypický tvar stožáru určen.



Obr. 8 - Trojboký stožár [7]

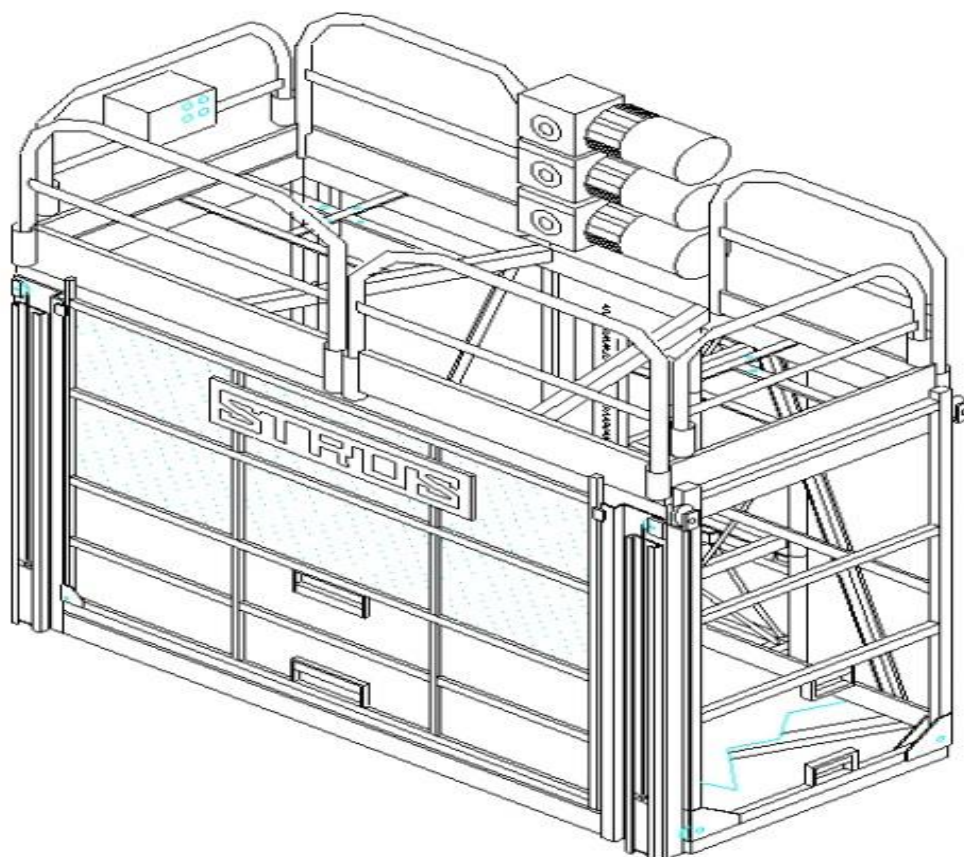


Obr. 9 - Čtyřboký stožár s hřebenem

Na vzhledu stožáru se podepisuje i způsob, kterým se přenáší hnací síla na pohyb kabiny. V případě, že je kabina tažena lany, musí na stožáru být kladkový systém nebo závěs pro lana. Pokud je pohyb kabiny zajištěn pomocí pastorku zabírajícího do hřebene, stožár bude vybaven hřebenem (viz Obr. 9). Ve všech případech konstrukce je vymezen potřebný prostor pro vedení kabiny, nebo je vedení přímo součástí stožáru. Více o vedení níže.

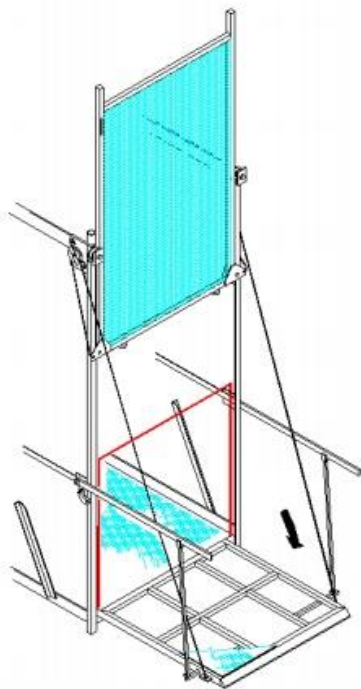
2.2.2 Kabina/Klec

Je komponentou, která je nejčastěji spojována se slovem výtah. Dalo by se říct, že se jedná jen o „krabici“, co jezdí nahoru a dolů. To, ale není tak docela pravda, klec je jedna z nejsložitějších částí výtahu a je přímo poseta bezpečnostními prvky. V první řadě musí být jasné, pro jaký účel je určena, zda pro přepravu osob, nákladů či obojího.

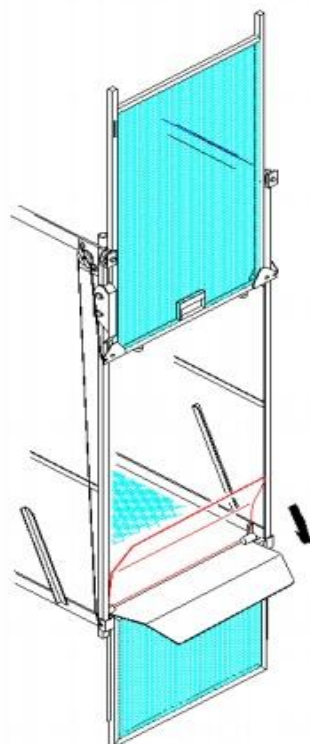


Obr. 10 - Kabina/Klec typu NOV [2]

Obecně zajišťuje funkci prostoru, určeného k umístění materiálu nebo lidí. Dále může ochraňovat přepravované objekty od poškození či zabránit zranění osob. Například strop kabiny musí zajistit ochranu proti padajícím tělesům, tak aby nedošlo k poranění lidí či znehodnocení nákladu. Také musí zajišťovat ochranu proti navlhnutí materiálů, které vlivem vlhkosti ztrácí své specifické vlastnosti. Boky znemožňující vypadnutí, dávají kabině její tuhost a zabraňují přímému působení povětrnostních podmínek na její obsah. Pro vstup/výstup z klece se využívají různá provedení dveří, například dvoudílné s vyklápěcí rampou (viz Obr. 11) nebo dvoudílné s můstkem (viz Obr. 12), nevylučuje se i varianta otevřeného vstupu, ten se však nevyužívá kvůli bezpečnosti. [5]



Obr. 12 Dvoudílné dveře s můstkem [2]



Obr. 11 - Dvoudílné dveře s vyklápěcí rampou [2]

Součástí kabiny je i vedení, kterým je pohyblivě připevněna na stožár, tak aby mohla bez problémů vykonávat pohyb kopírující stožár (obvykle ve vertikálním směru). Vedení je umístěno na kabině tak, aby neomezovalo pohyb kabiny v požadovaném směru a udržovalo její stálou polohu vůči stožáru. Například pomocí vodících pacek, pouzder, válečků atd. V konstrukci kabiny se také promítne způsob přenosu hnací síly, v podobě úchyťů, háků, vyztužených ploch apod.

Zabezpečení proti pádu v případě havárie (výpadek proudu, přetržení lana, rozlomení pastorku) je zajištěno zachycovačem, který má za úkol eliminovat nebezpečí při provozu stavebního výtahu. Slouží jako bezpečnostní brzda při nečekaných situacích a musí být schopen bez problému nést celou váhu kabiny i s nákladem. Je tedy neodmyslitelnou částí výtahu.

Aby se zajistila přesnost polohy zastavení kabiny, jsou zde instalovány koncové spínače tzv. „dorazy“ a snímače polohy, které umožňují určit polohu klece vůči zemi nebo cílovou výšku tak, aby se včas začala kabina brzdit a nedošlo k jejímu poškození či přejetí určitého místa.

V případě, že bude využívána lidmi jako dopravní prostředek na pracoviště, je nutné zajistit jejich bezpečnost. Klec musí tedy navíc obsahovat dostatek opěrných bodů v podobě madel, uzavíratelný vstup/výstup, aby nemohlo dojít k vypadnutí a ovládání pohybu kabiny přístupné pro posádku uvnitř.

U pracovních plošin se nejedná o klasickou kabinu, ale o jakousi lávku. Tato lávka je dlouhá a poměrně úzká, ohraničená zábradlím. Na straně přivrácené k opracovávané ploše je zábradlí uzpůsobeno tak, aby co nejméně omezovalo v přístupu. Na straně odvrácené je naopak zaměřené především na bezpečí osob pohybujících se po plošině. Plošina obsahuje bezpečnostní prvky proti havárii a zajištění polohové přesnosti podobně jako kabina.

2.2.3 Pohon

2.2.3.1 Zdroj energie

Lidská síla (popřípadě zvířecí síla), dávno překonaný, ale možný způsob dodávání hnací síly. Pomocí kladkostroje je člověk schopen zdvihnout několikanásobně větší hmotnost než sám váží, přidá-li se k němu ještě správně zpřevodovaný naviják s klikou pro otáčení, stane se poměrně účinným systémem pro zvedání břemen omezeným především lidskými možnostmi.

[6]



Obr. 13 - Středověký výtah poháněný lidskou silou [8]

Spalovací motor, účinný, ale nepraktický zdroj energie pro přepravu výtahovým systémem. Potřeba nádrže na palivo zvyšuje nároky na prostor, v případě pevného spojení motoru s kabinou je zde i znatelný nárůst hmotnosti. Další nevýhoda je neefektivní spojení doba provozu výtahu a běh motoru. Motor běží i v případě, kdy se výtah nevyužívá a je zde zbytečná spotřeba paliva, nebo se neustále startuje, čímž se rychleji opotřebovávají jeho součásti. V obou případech tento způsob znečišťuje životní prostředí. Proto se tento zdroj využívá jen ve výjimečných případech, většinou v místech bez elektrické sítě.

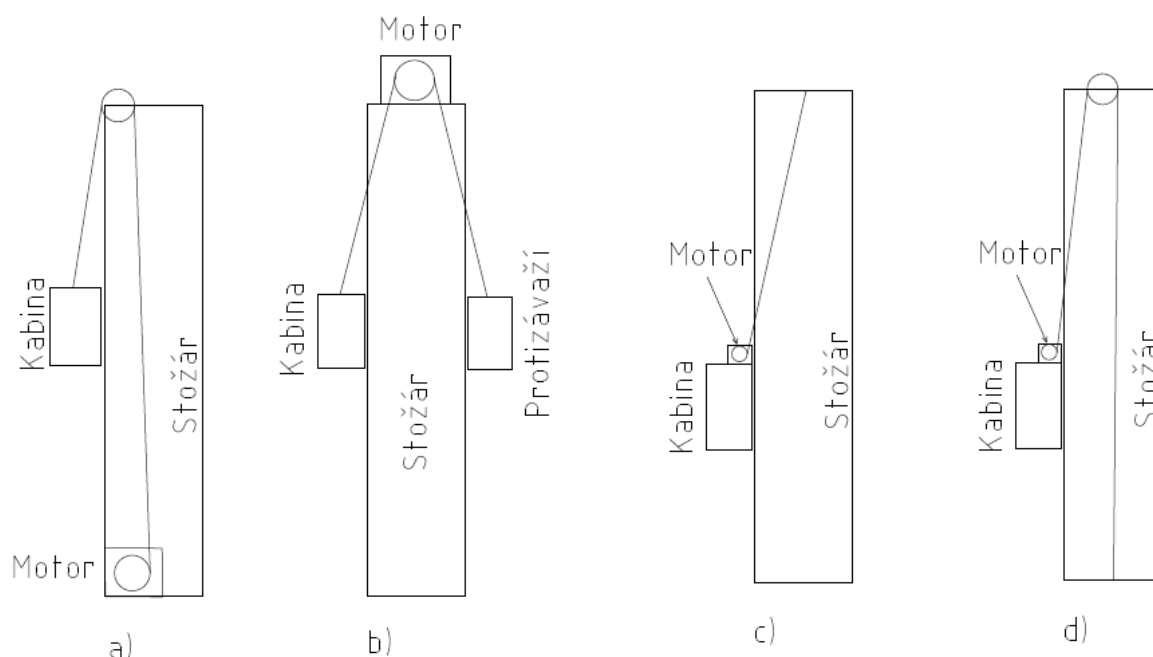
Elektrický proud, elektromotory. Dnes nejpoužívanější a nejdostupnější řešení. Nechájí se použít téměř pro všechny typy přenosů hnacích sil, navíc elektrický proud je dostupný skoro všude. Druhovává rozmanitost, možnost jejich kombinování a řazení zajišťuje nepřebornou škálu využití. Elektromotory mají více než dostačující regulovatelný výkon, disponují širokým záběrem momentů a rozsahem otáček.



Obr. 14 – Elektromotor [9]

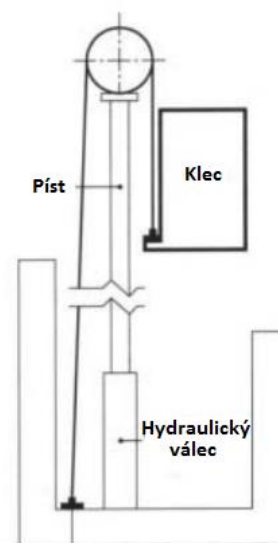
2.2.3.2 Způsob přenosu hnací síly

Pomocí lan. Motor je umístěn samostatně na zemi a roztáčí naviják, na který se namotává lano, které je přehozeno přes kladku na vrcholu stožáru a spojeno s kabinou (Obr. 19a). Další variantou může být motor na vrcholu, jež pohání kladku, přes kterou je vedeno lano ke kabině a na druhé straně k protizávaží či druhé kabině (Obr. 19b). Je zde také možnost pevného spojení motoru s kabinou, přičemž lano je namotáváno na buben připojený k motoru a tím se přitahuje k vrcholu stožáru (Obr. 19c), kde je lano ukotveno, nebo je přichyceno k zemi a přitahuje se nahoru přes kladku (Obr. 19d). Vzhledem k bezpečnosti se využívá ve všech možnostech více lan, zabrání se tak pádu kabiny při přetržení, protože opotřebením nikdy neprasknou všechna lana najednou. Dojde-li k prasknutí, lano se vymění a provoz může pokračovat. [7]



Obr. 15 - Schémata lanem tažených výtahů

Hydraulické výtahy. Vyvozuji zdvižnou sílu pomocí hydraulických pístů. Písty jsou obvykle umístěné pod výtahem. Některé systémy pohyb pístů přenášejí pomocí systému kladek a lan, což umožňuje delší dráhu výtahu. Obecně se hydraulické výtahy používají pro nižší zdvih do 25 metrů. Jako stavební výtah je nevyhovující, složitá montáž a menší kompatibilita s potřebnými požadavky v různých fázích výstavby. Využívají se jako stálé výtahy uvnitř budov, které poskytují lepší zajištění proti úniku hydraulické kapaliny do životního prostředí při poruše či samovolnému protečení než prostředí staveniště. [8]



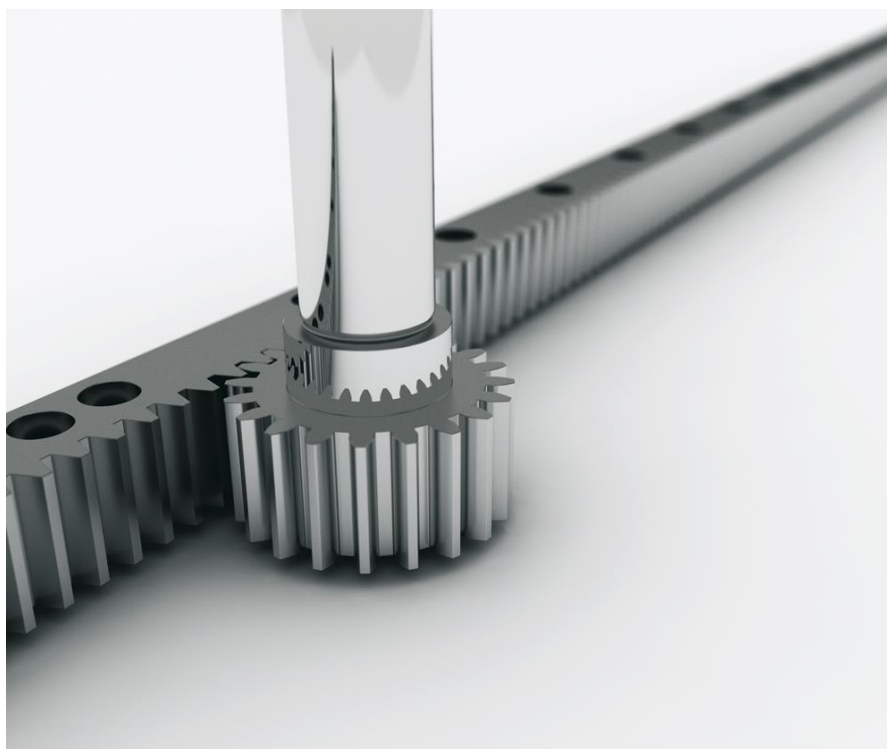
Obr. 16 - Příklad uspořádání hydraulického výtahu [10]

Pomocí matice a šroubu. Šroub je otočně uložen a poháněn motorem, matice pevně spojena s kabinou/klečí. Tohoto systému se využívá spíše u zvedáků a heverů. Pomalá rychlost zdvihu se nehodí pro manipulaci s materiálem a osobami na staveništi, kde přepravní časy tvoří velkou část pracovní doby. Náchylnost na čistotu tohoto systému se také nehodí do prostředí stavenišť. Hlavní výhodou tohoto uspořádání je přesnost, která však v případě stavebního výtahu není nutná. [9]



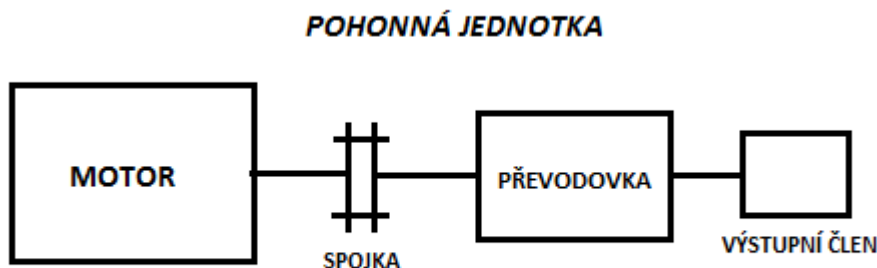
Obr. 17 - Příklad pohybového šroubu a matice[11]

Kombinace ozubené kolo (pastorek) a hřeben. Hřeben je upevněn na stožáru a pastorek do něj zabírá a je spojen s klečí výtahu. Možná je i varianta hřebenu spojeného s kabinou, kde poháněný pastorek je spojen se stožárem, ale pouze v případě malých zdvihů. Dochází k přeměně rotačního pohybu na posuvný, odvalováním pastorku po hřebenu. Motor s převodovkou a výstupním členem, v tomto případě pastorkem, může být umístěn pod kabinou, kde dochází k tlačení kabiny vzhůru nebo nad kabinou, kde dochází k jejímu tažení. Protože hřeben bereme jako ozubené kolo s nekonečně velkým poloměrem, můžeme za sebe složit neomezený počet jednotlivých hřebenů, konečná délka zdvihu je omezena pouze výškou stožáru. Je to velmi účinný, spolehlivý a prostorově výhodný způsob přenosu krouticího momentu motoru.



Obr. 18 – Spoluzabírající pastorek a hřeben[12]

2.2.3.3 Pohonná jednotka



Obr. 19 - Schéma pohonné jednotky

Motor (elektromotor) slouží jako zdroj krouticího momentu. Nejčastěji se jedná o asynchronní jednobobotáčkový, nebo přepínatelný elektromotor s různým počtem pólů, kde nechybí ani frekvenční měnič zajišťující plynulý rozjezd a dojezd výtahu. Mezi nejdůležitější charakteristiky elektromotoru patří: maximální zatížení, výkon a otáčky => krouticí moment, vedlejší jsou rozměry a hmotnost. [10]

Spojka slouží jako mezičlánek motoru a převodovky, jejím hlavním účelem je přenos krouticího momentu. Volí se podle velikostí přenášeného momentu a schopnosti přenášet rázy způsobené rozběhem a doběhem motoru. Spojení motoru a převodovky může být přímé, například pouze hřídel s těsnými pery.

Převodovka je určena k transformaci vstupních parametrů (přenesených spojkou od motoru) na požadované výstupní hodnoty pro koncový člen. Využívá se převodovek s čelními ozubenými koly, šnekovým či kuželovým převodem nebo jejich kombinací.

Výstupní člen je finální část pohonné jednotky přeměňující rotační pohyb na posuvný pohyb. Výstupními členy mohou být kombinace matice + šroub, kladka + lano nebo ozubené kolo (pastorek) + hřeben.

3 Obecné zákonitosti (vztaženo k pohonné jednotce)[11]

Uvedení vztahů používaných při výpočtech potřebných k návrhu pohonné jednotky, jejích částí a připevnění.

3.1 Motor

Musí být zvolen motor s takovým výkonem, aby dokázal vytvořit požadovaný krouticí moment při daných otáčkách.

$$P = M_k \cdot \omega$$

$$P = M_k \cdot \frac{2\pi n}{60}$$

P výkon motoru [W]

M_k krouticí moment [N · m]

ω úhlová rychlost $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ [rad · s⁻¹]

n otáčky motoru [min⁻¹]

3.2 Převodovka

Převodovku tvoří.: převodová skříň, hřídele, ozubená kola (s čelním přímým ozubením, s čelním šikmým ozubením, s kuželovými koly nebo šnekový převod) a ložiska.

3.2.1 Hřídel

Bezpečnost hřídele je kontrolována podle HMH hypotézy nebo podle max. τ , která musí být menší než dovolené napětí σ_d .

$$\sigma_{red(HMH)} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \begin{array}{l} \sigma_{red} \dots \dots \text{redukováné napětí [MPa]} \\ \sigma \dots \dots \text{celkové napětí od ohybu a tahu [MPa]} \\ \tau \dots \dots \text{smykové napětí [MPa]} \end{array}$$
$$\sigma_{red(max\tau)} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

Napětí v hřídeli

Reakce, síly a momenty v hřídeli vypočteme z rovnovážných podmínek $\sum F = 0$; $\sum M = 0$, neboli součet všech sil v hřídeli musí být roven nule stejně tak i součet momentů působících na hřídel.

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} \quad \begin{array}{l} \sigma_o \dots \dots \text{napětí od ohybu [MPa]} \\ M_{o\max} \dots \dots \text{maximální ohybový moment [N \cdot mm]} \\ W_o \dots \dots \text{průřezový modul v ohybu [mm}^3\text{]} \\ \sigma_t \dots \dots \text{napětí od tahu [MPa]} \\ \sigma_t = \frac{F_a}{S} \quad \begin{array}{l} F_a \dots \dots \text{celková axiální síla [N]} \\ S \dots \dots \text{namáhaná plocha průřezu [mm}^2\text{]} \\ \tau_k \dots \dots \text{smykové napětí [MPa]} \\ \tau_k = \frac{M_k}{W_k} \quad \begin{array}{l} M_k \dots \dots \text{krouticí moment [N \cdot mm]} \\ W_k \dots \dots \text{průřezový modul v krutu [mm}^3\text{]} \end{array} \end{array}$$

Průřezové moduly pro kruhový průřez

$$W_o = \frac{\pi d^3}{32}$$

d průměr vyšetřovaného průřezu [mm]

$$W_k = \frac{\pi d^3}{16}$$

3.2.2 Ozubená kola

Geometrická charakteristika	Jednotková velikost [-]	Skutečná velikost [mm]
Radiální vůle	$c_a^* = 0,25$	$c_a = c_a^* \cdot m = 0,25 \cdot m$
Výška hlavy	$h_a^* = 1$	$h_a = h_a^* \cdot m = m$
Výška paty	$h_f^* = c_a^* + h_a^* = 1,25$	$h_f = h_f^* \cdot m = 1,25 \cdot m$
Poloměr zaoblení hlavy výrobního hřebene	$R_f^* = 0,38$	$R_f = R_f^* \cdot m = 0,38 \cdot m$

Tabulka 1 - Základní výškové geometrické charakteristiky

V - korigovaná kola	pastorek - kolo 1	kolo - kolo 2
	z_1, x_1	z_2, x_2
	$m, \alpha, \beta, h_a^*, c_a^*, h_f^* = h_a^* + c_a^*$	
pro normalizované ozubení	$\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$	
čelní úhel záběru	$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}$	
součtová korekce	$\Sigma x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot (\operatorname{ev} \alpha_{wt} - \operatorname{ev} \alpha_t)$	
průměr roztečné kružnice	$d_1 = \frac{m \cdot z_1}{\cos \beta}$	$d_2 = \frac{m \cdot z_2}{\cos \beta}$
průměr základní kružnice	$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha_t$	$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha_t$
průměr patní kružnice	$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_1$	$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_2$
průměr hlavové kružnice	$d_{a1} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f2}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$	$d_{a2} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f1}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$
průměr valivé kružnice	$d_{w1} = \frac{d_1 \cdot \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$	$d_{w2} = \frac{d_2 \cdot \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$
teoretická osová vzdálenost	$a = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$	
valivá osová vzdálenost	$a_w = \frac{a \cdot \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$	
rozteč na roztečné kružnici	$p = \pi \cdot m$	
rozteč na roztečné kružnici v čelní rovině	$p_t = \frac{\pi \cdot m}{\cos \beta}$	
tloušťka zubu na roztečné kružnici	$s_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$s_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
tloušťka zubu na rozteč. kruž. v čelní rovině	$s_{t1} = \frac{s_1}{\cos \beta}$	$s_{t2} = \frac{s_2}{\cos \beta}$
šířka zubové mezery na roztečné kružnici	$e_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$e_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
šířka zubové. mezery na roztečné kruž. v čelní rovině	$e_{t1} = \frac{e_1}{\cos \beta}$	$e_{t2} = \frac{e_2}{\cos \beta}$
tloušťka zubu na obecné kružnici v čelní rovině	$s_{y1,2} = d_{y1,2} \cdot \left(\frac{s_{1,2}}{d_{1,2}} + \operatorname{ev} \alpha_t - \operatorname{ev} \alpha_{y1,2} \right)$	

Tabulka 2 - Základní geometrické charakteristiky pro vnější válcové korigované soukolí s šikmými zuby

Poznámka k tabulce 2

Pro nekorigovaná soukolí platí korekce $x = 0$ a pro kola s přímými zuby je úhel sklonu zubů $\beta = 0^\circ$.

- $z_1, z_2 \dots$ počet zubů kola [zuby]
- $m \dots$ modul ozubení [mm]
- $\alpha \dots$ úhel záběru ozubených kol [°]
- $\beta \dots$ úhel sklonu zubů [°]

Minimální korekce – zamezení podříznutí paty zubu při výrobě

$$x_{min} = \frac{z_m - z}{z_m} \quad \begin{array}{l} z_m \dots \text{mezí počet zubů, při kterém nedojde k podříznutí boku} \\ z \dots \text{počet zubů kola} \end{array}$$

Maximální korekce – zamezení špičatosti zubu

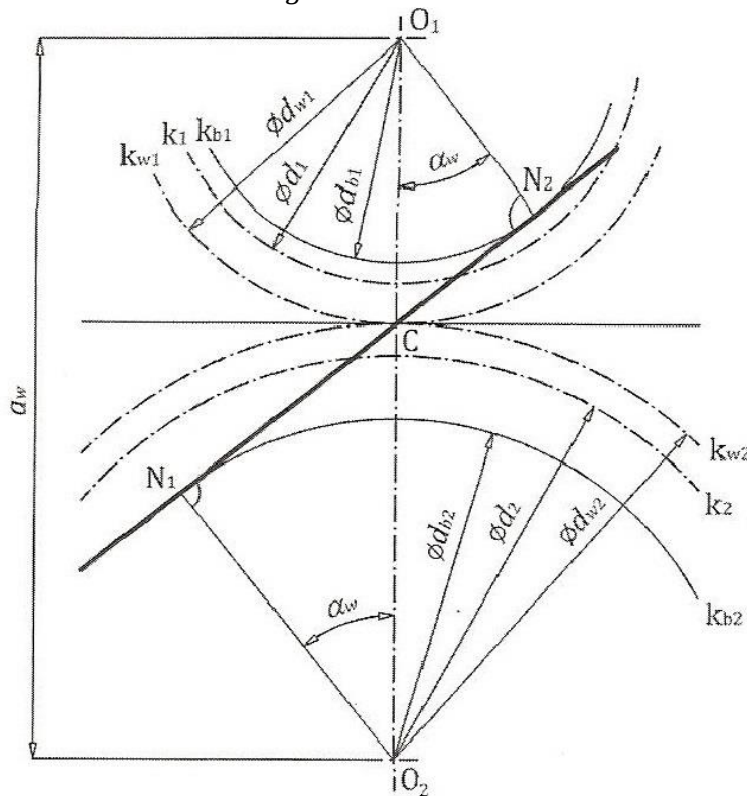
Špičatost zubu se posuzuje podle jeho tloušťky s_a na hlavové kružnici

$$s_a = d_a \cdot \left(\frac{s}{d} + ev\alpha - ev\alpha_a \right) \leq s_{amin}$$

Korekce osové vzdálenosti – součtová korekce

Provádíme v případě, že osová vzdálenost a_w je jiná než teoretická a , tj.: $a_w \neq a$

$$\sum x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan \alpha} \cdot (ev\alpha_w - ev\alpha)$$



Obr. 20 - Záběr korigovaného soukolí

Součinitel záběru vnějšího ozubení se šikmými zuby

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{z_1(\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_{wt}) + z_2(\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_{wt})}{2\pi}$$

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{b \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\beta}$$

Pro soukolí s přímými zuby platí ε_{α} .

Hrubý návrhový výpočet ozubení podle Bacha

V případě, že volíme počet zubů z_1 a materiál, má návrh modulu m tvar.:

$$m = 8,6 (7,5) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot \cos \beta}{\Psi \cdot c \cdot z_1}}$$

Pozn.: Konstanta 8,6 platí pro přímé ozubení a konstanta 7,5 platí pro šikmé ozubení.

Ψ součinitel materiálu [-]

c dovolené namáhání zubu v ohybu [MPa]

M_t kouticí moment [$N \cdot m$]

Kontrolní výpočet podle Merrita (ČSN 01 4686)

Určení dovolené obvodové síly pro spoluzabírající ozubená kola a porovnání se skutečnou obvodovou silou.

$$F_o \leq F_D = \pi \cdot c_{min} \cdot b \cdot m \cdot \mu$$

F_D dovolená obvodová síla pro spoluzabírající ozubená kola [N]

F_o obvodová síla [N]

c_{min} $\min\{c_{o1}, c_{o2}, c_{d1}, c_{d2}\}$

min. výpočtová konstanta pro spoluzabírající ozubená kola

$$c_{o1} = \frac{\sigma_{Do1} \cdot r_{o1}}{y_{o1}}$$

$$c_{o2} = \frac{\sigma_{Do2} \cdot r_{o2}}{y_{o2}}$$

$\sigma_{Do1,2}$ dovolené napětí materiálů ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (tabulkové hodnoty)

$r_{o1,2}$ rychlostní součinitel ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (tabulkové hodnoty)

$y_{o1,2}$ tvarový součinitel ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (tabulkové hodnoty)

$$c_{d1} = \frac{\sigma_{Dd1} \cdot r_{d1}}{U \cdot y_d} \qquad c_{d2} = \frac{\sigma_{Dd2} \cdot r_{d2}}{U \cdot y_d}$$

$\sigma_{Dd1,2}$ dovolené napětí materiálů ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (tabulkové hodnoty)
 $r_{d1,2}$ rychlostní součinitel ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (tabulkové hodnoty)
 $y_{d1,2}$ tvarový součinitel ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (tabulkové hodnoty)
 U součinitel velikosti zubu ozubených kol $U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2}$, kde m je modul

3.2.3 Ložiska

Kontrola pevnosti

$$S_o = \frac{C_o}{F_{max}}$$

C_o statická únosnost [N]
 F_{max} maximální síla působící na ložisko [N]

Kontrola oteplení

$$S_n = \frac{n_{dov}}{n_{max}} \geq 1$$

n_{dov} dovolené otáčky [ot/min]
 n_{max} maximální otáčky [ot/min]

Kontrola trvanlivosti

$$S_h = \frac{L_h}{L_{požad}} \geq 1$$

$$L_h = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p$$

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

L_h doba běhu (životnost)[hod]
 $L_{požad}$ požadovaná doba běhu [hod]
 n otáčky [ot/min]
 C dynamická únosnost [N]
 F_e ekvivalentní zatížení [N]
 p exponent, $p = 3$ pro bodový styk,
 $p = \frac{10}{3}$ pro čárový styk
 F_r radialní síla [N]
 F_a axialní síla [N]
 X, Y koeficienty působení jednotlivých sil na ložisko, udává výrobce.

4 Specifikace zadání

Jak již bylo zmíněno v úvodu, práce je tvořena ve spolupráci s firmou STROS – Sedlčanské strojírný a.s., zde jsou popsány bližší požadavky zadání.

Současný stav

Pro pohon stavebních výtahů se používají dvě nebo tři převodové skříně s brzdovým elektromotorem, které mají na výstupním hřídeli namontovaný pastorek, jež zabírá do ozubeného hřebenu. Ten je součástí stožáru, po kterém klec výtahu pojíždí. Vzhledem k tomu, že se rozměry klece a nosnost výtahu neustále zvyšují, jsou měrné tlaky mezi zuby pastorků a hřebenu vysoké a dochází k rychlému opotřebenosti zubů. [12]

Požadované řešení [12]

Protože není možné používat více než tři převodové skříně a vzhledem ke skutečnosti, že majitelé výtahů mají velké množství již dodaných stožárů, které chtějí používat i pro nové výtahy, zdá se, že řešením je zdvojení výstupních pastorků každé převodové skříně a tím snížení měrných tlaků na polovinu.

Snahou bylo, odebrat od dodavatele již takto upravené převodové skříně, ale vzhledem k relativně malému počtu (~300ks/rok), není v této době výrobce ochoten podobnou úpravu vyvinout a dodávat.

Představa je, že standardní převodová skříň Nord SK9052.1 bude montována tak, že její pastorek bude zabírat do dvojice vložených pastorků a teprve ty budou zabírat do hřebenu. Tím se zdvojnásobí počet zabírajících zubů a výstupní hřídel převodové skříně bude namáhaný pouhým krutem, bez ohybového momentu.

Protože příruba je vyráběna ve Strosu, lze tento prostor využít k uchycení vložených pastorků.

Musí být dodržena podmínka smontovatelnosti, tj. vložené pastorky musí zabírat do pastorku skříně a zároveň do hřebenu modul 8.

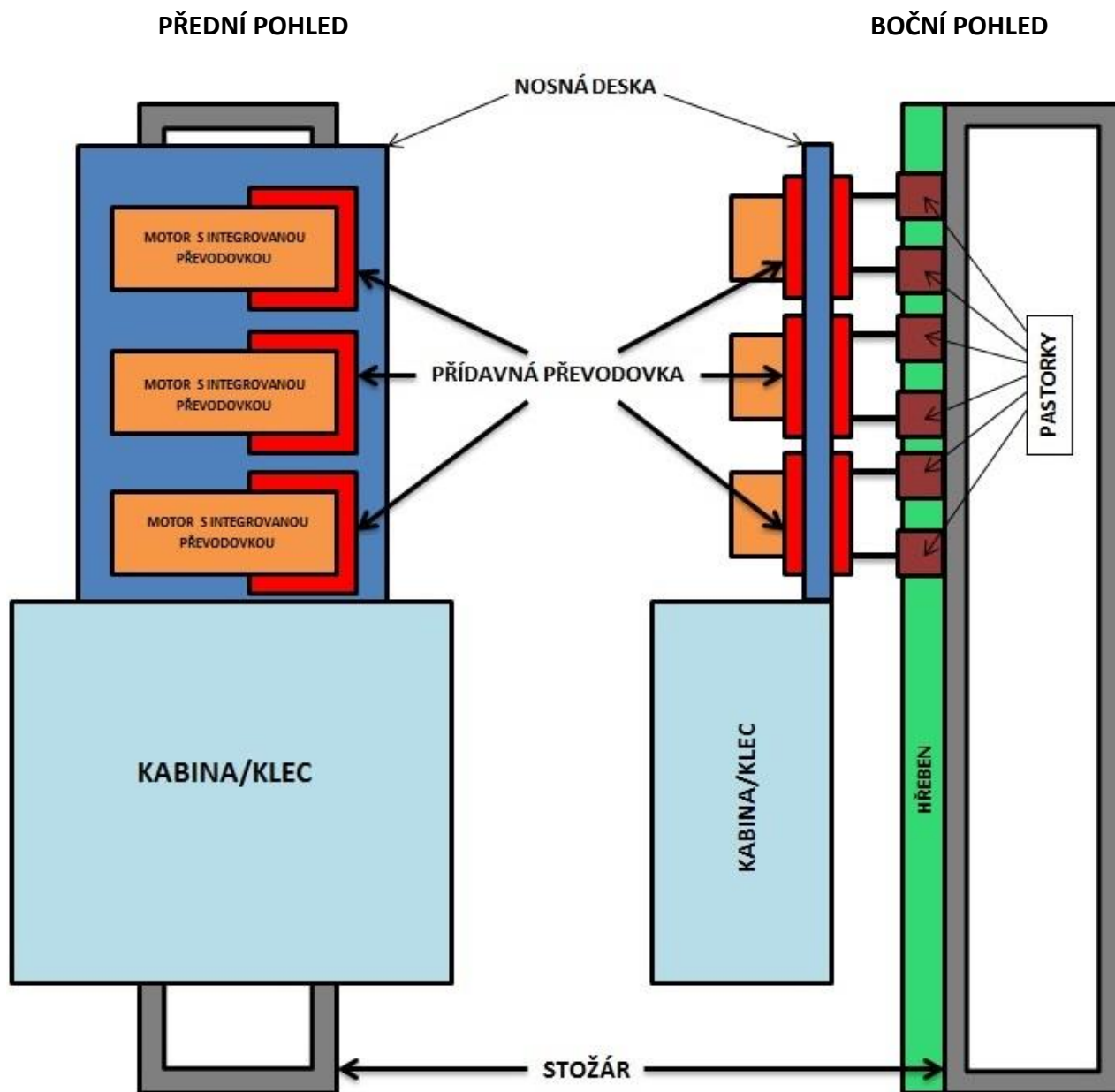
Dále je prostor mezi hřebenem a trubkou stožáru omezený a z uvedených důvodů nemůže být zvětšen. Je však možné protáhnout současnou pohonnou jednotku ve svislém směru a částečně i ve směru od hřebenu.

Technické parametry:

Max. zatížení:	7360kg (klec + náklad)
Max. posuvová rychlost:	90m/min (rozjezd 2s, brždění 1s, max. rychlost nastává pouze směrem dolů, max. rychlost výstupu je 82m/min)
Max. výška zdvihu:	350m
Modul ozubení hřebene:	8mm

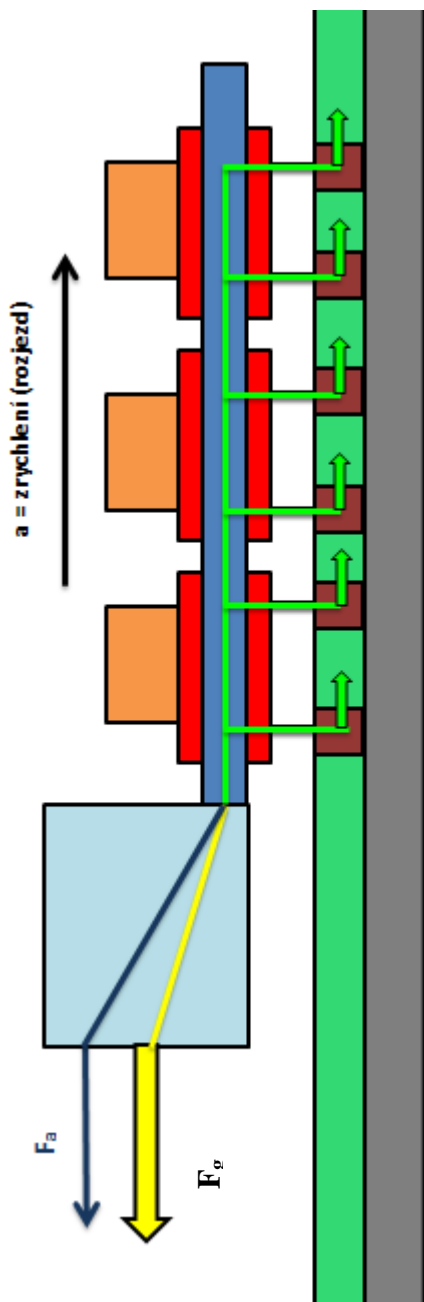
5 Návrh řešení

5.1 Funkční schéma



Obr. 21 - Funkční schéma navrhovaného systému

5.2 Silový rozbor



Obr. 22 - Silové rozložení

Hlavními složkami zatížení jsou: hmotnost nákladu a hmotnost kabiny/klece, přičemž váha kabiny/klece může být až 4400kg (záleží na typu). Celkové maximální možné zatížení dosahuje hodnoty 7360kg.

Setrvačné síly od rozjezdu, respektive brždění jsou dány vztahem $F = m \cdot a$, kde m je souhrn přepravovaných hmotností (kabina + náklad + pohon) a a zrychlení či zpomalení, vypočtené ze známých hodnot max. posuvové rychlosti (90m/min) a doby rozjezdu/zastavení (2s/1s) jednoduchým podělením těchto dvou čísel. Tyto síly se zanedbávají, pokud se jedná o krátkodobé působení a jejich velikost nepřesáhne únosnost bez zahrnuté bezpečnosti.

Zanedbány jsou síly vzniklé excentricitou rozložení hmoty v kabině/kleci, protože vedení nosné desky je ustaveno pomocí válečků, vzniká zde tedy valivé tření, které je v tomto případě vzhledem k celkovému zatížení nepodstatné.

Představa je taková, že překonávané síly se rozloží rovnoměrně do šesti pastorků (Obr. 22). Každý pastorek bude hnán a zároveň dvojice pastorků bude pohánět jeden motor.

5.3 Návrhové výpočty

5.3.1 Potřebný výkon

Výkon elektromotorů, který bude potřeba, je stanoven posuvovou rychlostí a celkovým zatížením.

$$\begin{aligned} P & \dots \text{výkon [W]} & P & = F \cdot v \\ F & \dots \text{zatěžovací síla [N]} & P & = m \cdot g \cdot v \\ m & \dots \text{zatížení [kg]} & P & = 7360 \cdot 9,80665 \cdot \frac{82}{60} \\ g & \dots \text{gravitační zrychlení [m/s}^2] & P & = \mathbf{98641,823 [W]} \cong \mathbf{98,6[kW]} \\ v & \dots \text{rychlost posuvu [m/s]} & & \end{aligned}$$

Účinnost převodové skříně Nord SK9052.1, podle katalogu Nord, je minimálně 95%. [13] Pro převod pastorek-hřeben se uvádí 98% účinnost, stejně jako pro čelní soukolí, které bude součástí navrhované přídatné převodovky. Vynásobením jednotlivých účinností se určí celková účinnost, tedy:

$$\eta = \left(\frac{95}{100} \cdot \frac{98}{100} \cdot \frac{98}{100} \right) \cdot 100 = 91,238\%$$

vzhledem k působení dalších možných ztrát je volena účinnost $\eta = 90\%$

$$\begin{aligned} P_m & \dots \text{výkon motorů [W]} & P_m & = \frac{P}{\eta} \cdot 100 \\ P & \dots \text{výkon [W]} & P_m & = \frac{110324,8125}{90} \cdot 100 \\ \eta & \dots \text{účinnost [%]} & P_m & = \mathbf{109602,026 [W]} \cong \mathbf{109,6 [kW]} \end{aligned}$$

V navrhovaném systému budou souběžně pracovat tři motory, takže jediný motor musí mít výkon:

$$P_{motor} = \frac{P_m}{3}$$

$$P_{motor} = \frac{109602,026}{3}$$

$$P_{motor} = \mathbf{36534,009 [W]} \cong \mathbf{36,5 [kW]}$$

Po konzultaci ve firmě STROS byl zvolen kuželočelní převodový motor s brzdou:

SK9052.1VZ-180MX/4 BRE250 HL RG TF KB KKV IG4

Výkon motoru:	18,5kW
Otáčky n_1 / n_2 :	1460 / 109min ⁻¹
Výstupní moment:	1621Nm
Převod:	13,45
Napětí:	230/400V, 50Hz
Jmen. proud (400V):	36,4A
Výstupní hřídel:	70x80, 2 drážky na pera
Hmotnost cca.:	261kg bez doplňků

Tři tyto kuželočelní převodové motory s brzdou v kombinaci s měničem frekvence NORDAC SK 700E-113-340-0 poskytují jmenovitý výkon **110kW**, budou tedy ideálním řešením pro požadované parametry, protože max. rychlosti dosahuje klec jen v ojedinělých případech, navíc by této rychlosti musela dosahovat s max. zatížením, což je téměř nepravděpodobné a i v takovémto případě by tento systém měl výkonově postačit.

5.3.2 Životnost

Uvažovaná doba používání systému je pět let.

L_h životnost [hod.]

r počet let v provozu (pět let)

d pracovní dny v roce [dny] (průměrně 250dní)

h hodiny provozu ze dne [hod.] (cca 6hodiny)

$$\begin{aligned}L_h &= r \cdot d \cdot h \\L_h &= 5 \cdot 250 \cdot 6 \\L_h &= \mathbf{7500hod.}\end{aligned}$$

Minimální životnost pro další výpočty **L_h = 8000hod**

5.3.3 Návrh výstupního pastorku

5.3.3.1 Rozměry

Volený rozměr výstupního pastorku je průměr $d_3 = 120mm$, tento pastorek bude zabírat do hřebenu. Ozubení bude počítáno podle Bacha, vzorec viz kapitola 2.2.2. Materiál pastorku je volen 16220, předpokládaný počet zubů $z_3 = 15$.

$$m = 8,6 (7,5) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot \cos\beta}{\Psi \cdot c \cdot z_3}}$$

$$\begin{aligned}M_{tc} &= \frac{d_1}{2} \cdot m \cdot g & d_3 & \dots \text{průměr výstupního pastorku [mm]} \\M_{tc} &= \frac{0,12}{2} \cdot 7360 \cdot 9,80665 & m & \dots \text{zatížení [kg]} \\M_{tc} &= 4330,62N/m & g & \dots \text{gravitační zrychlení [m/s}^2\text{]}\end{aligned}$$

Protože konstrukce přídatné převodovky bude zajišťovat rovnoměrné rozložení do všech šesti pastorků, bude krouticí moment pro jedno ozubené výstupní kolo následující:

$$M_t = \frac{M_{tc}}{6} \qquad M_t = \frac{4330,62}{6} \qquad M_t = 721,77N/m$$

S ohledem na rezervy je navrhnutý krouticí moment pro výpočet $M_t = 740N/m$. Jedná se o přímé čelní ozubení, z toho vyplývá, že konstanta pro výpočet modulu je 8,6 a úhel sklonu zubů $\beta = 0^\circ$. Konstanta $\Psi = 10 \div 30$, zvoleno $\Psi = 10$. Podle druhu materiálu je dovolené napětí pro ohyb $\sigma_{Do} = 350MPa$, potom tedy konstanta $c = (0,03 \div 0,08)\sigma_{Do}$, zvoleno $c = 15$.

$$m = 8,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{740 \cdot 1}{10 \cdot 15 \cdot 15}}$$

$$m = 5,936mm \approx 6mm$$

Navržené rozměry pastorku: průměr roztečné kružnice $d_3 = 120mm$, modul ozubení $m = 8mm$ zajišťuje dostatečnou bezpečnostní rezervu vzhledem k vypočtenému modulu podle Bacha, počet zubů $z_3 = 15$ vyplývá z podílu roztečné kružnice a modulu pastorku $\left(z_3 = d_3/m\right)$.

Ověření otáček pastorku/motoru:

n_potáčky pastorku [ot/min]
 vrychlost pohybu [mm/min]
 oobvod pastorku [mm]

$$n_p = \frac{v}{o}$$

$$n_p = \frac{82000}{\pi \cdot 120}$$

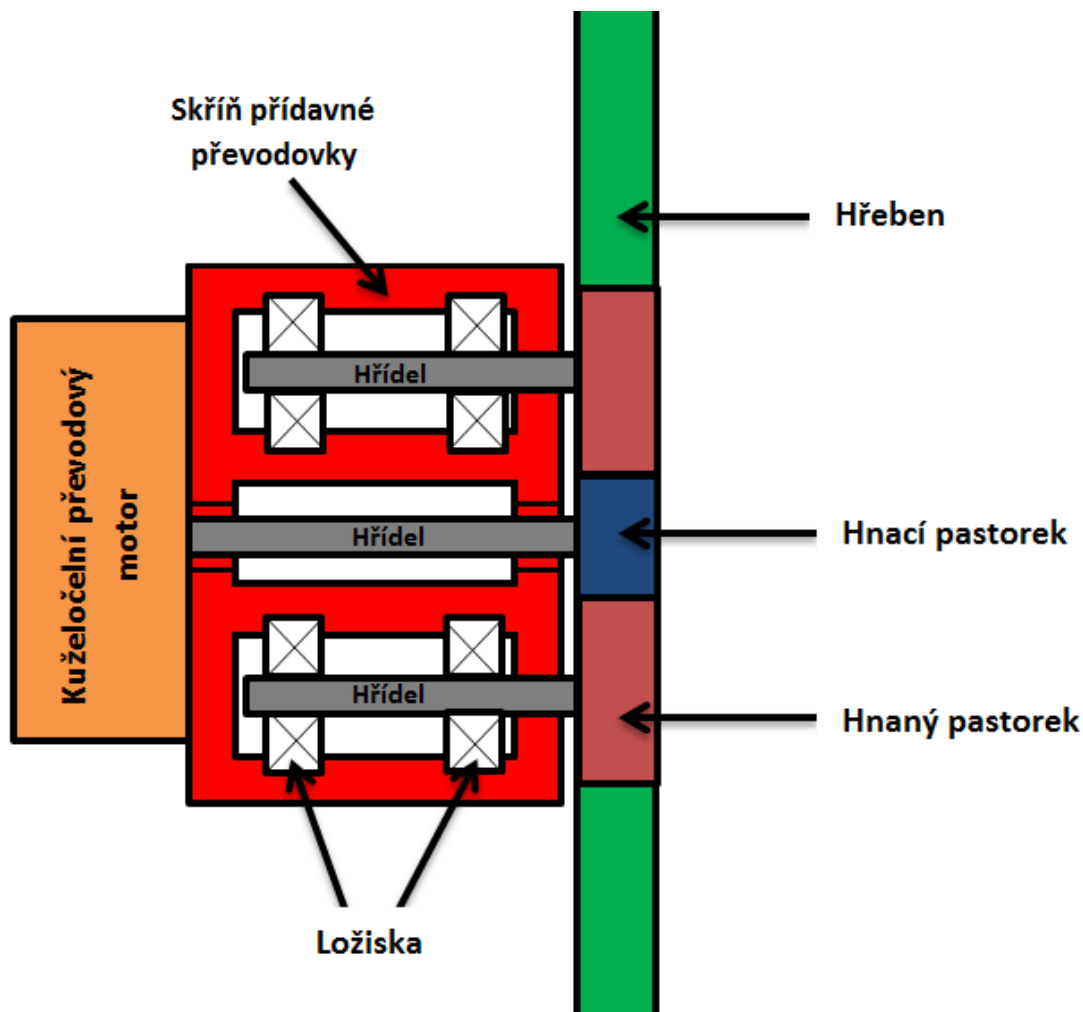
$$n_p = 217,51ot/min$$

Otáčky odpovídají rozpětí zvoleného kuželového převodového motoru ($1460 - 109min^{-1}$).

5.3.3.2 Kontrola ozubení

Kontrolní výpočet ozubení podle Merrita (ČSN 01 4686), viz kapitola 3.2.2. Proveden ve výpočetním programu PREF pracujícím na bázi uvedených vztahů. K nahlédnutí v Příloze č. 2.

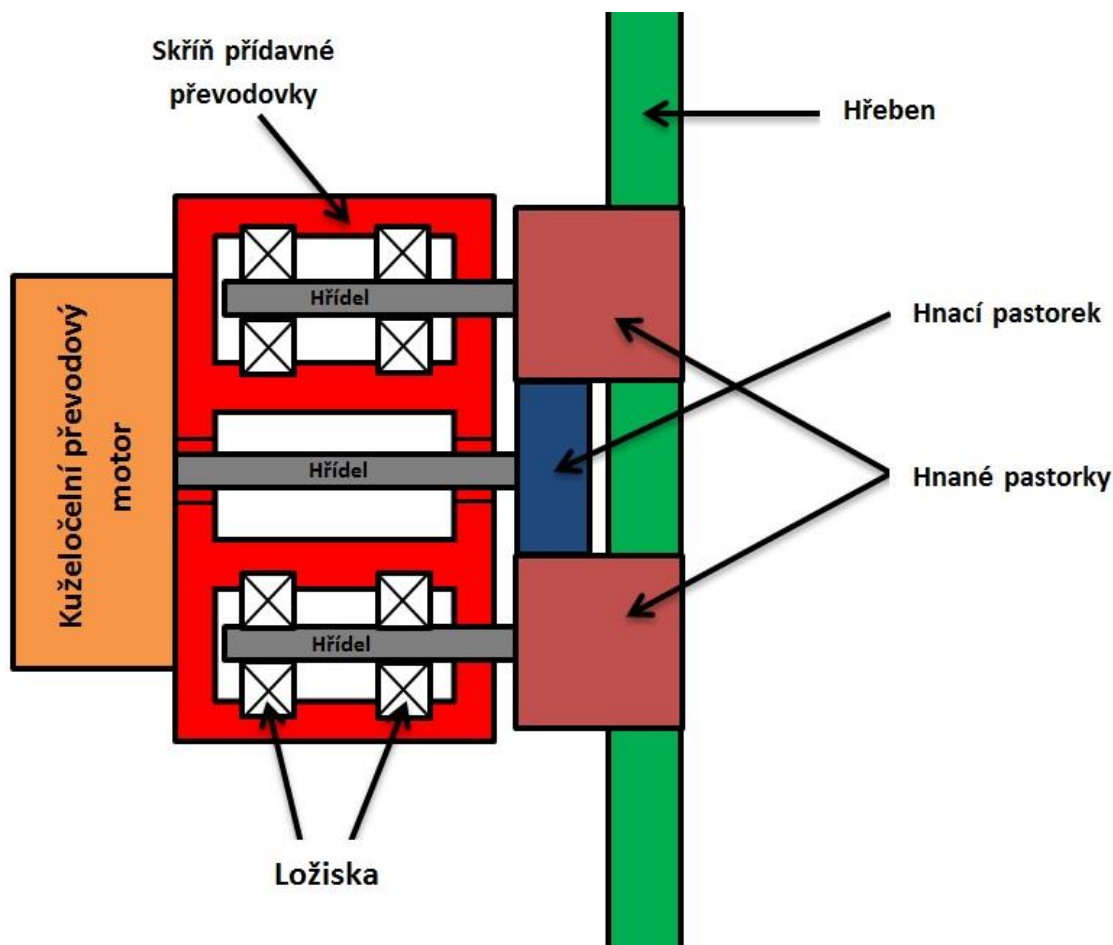
5.4 Návrh rozložení pohonné jednotky



Obr. 23 - Schéma A - rozložení pohonné jednotky

První typ možného řešení je znázorněn na Obr. 23, dále už schéma A. Poháněný hřídel vystupuje z kuželočelního převodového motoru a je na něj nasazen pastorek, který zabírá s dvěma dalšími ozubenými koly přímo nad hřebenem. Ozubená kola jsou umístěna na samostatných hřídelích, které jsou uloženy na ložiskách v přídavné převodové skříni. Tyto ozubená kola jsou v kontaktu s hřebenem a přenáší se přes ně krouticí moment motoru a realizuje se přeměna rotace na posuv.

Jelikož kola zabírající do hřebenu jsou navržena v přechodí kapitole, další rozměry se jim musí přizpůsobit. Pastorek na výstupním hřídeli motoru se nesmí dotýkat hřebenu. Jako řešení by se dalo uvažovat o menším počtu zubů, vyosení tohoto pastorku nebo kombinace obojího. Snižování počtu zubů už je téměř nepřipustné, protože počet zubů voleného pastorku (kola) zabírajícího s hřebenem je 15 a menší počty zubů by vyžadovali velké korekce kvůli jejich podřezávání. Vyosení hnací hřídele neumožňuje dostupný prostor mezi hřebenem a stožárem. Logicky vyplývá, že kombinace těchto možností je také problematicky proveditelná. Proto je návrh schématu A vyhodnocen jako nevyhovující.

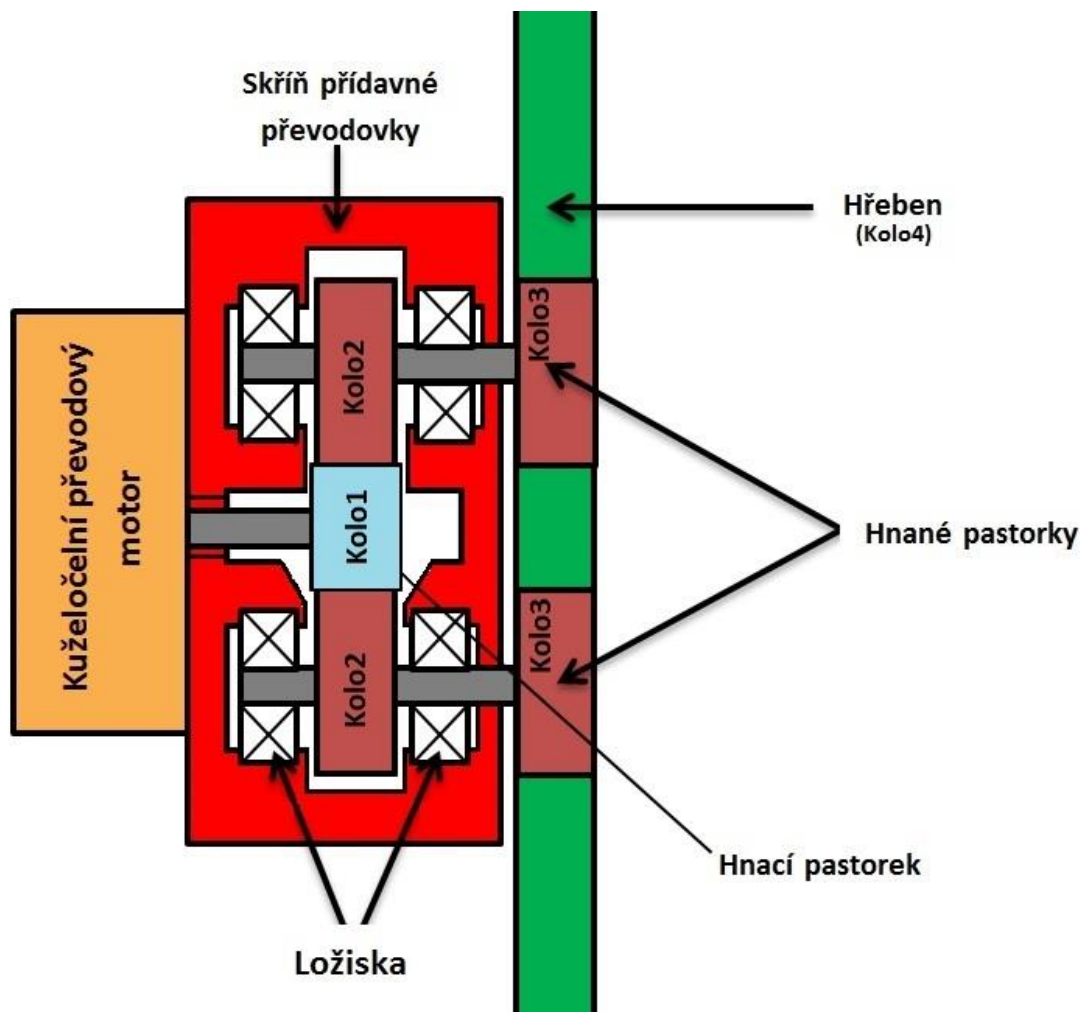


Obr. 24 - Schéma B - rozložení pohonné jednotky

Druhý návrh rozložení pohonné jednotky je zobrazen na Obr. 24, neboli schéma B. Řešení je velice podobné prvnímu schématu A. Jako východisko problematiky velikosti pastorku a jeho uložení je použito rozšířených ozubených kol, které budou zabírat do hřebenu a mimo něj s pastorkem poháněným kuželočelním převodovým motorem.

Počet zubů hnacího pastorku nyní může být větší než kola zabírající do hřebenu, je tedy vyřešen problém s příliš velkými korekcemi. Dostatečné rozšíření kol zaručuje, že se hnací pastorek nebude dotýkat hřebenu a zároveň pro něj bude dostatečný prostor neomezený stožárem.

Nechtěným výsledkem tohoto rozložení je zvětšení vzdálenosti celého systému od stožáru. Schéma B je realizovatelné provedení pohonné jednotky, ale není zvoleno pro výsledné řešení této práce.



Obr. 25 - Schéma C - rozložení pohonné jednotky + označení ozubených kol

Schéma C Obr. 25 zobrazuje třetí návrh rozložení pohonné jednotky. Nachází se v něm 5 ozubených kol, jedno je přímo hnané do kuželočelního převodového motoru. Na rozdíl od předchozích dvou návrhů neprochází hnací hřídel skrz celou skříň přídatné převodovky, ale přibližně do její poloviny, kde je umístěn pastorek zabírající s dvěma koly na nezávislých hřídelích uložených na ložiskách v převodové skříni, na konci těchto hřídelí jsou umístěny pastorky zabírající do hřebene, konkrétně patnáctizubové pastorky navržené výše.

Tímto uspořádáním se řeší prostorové problémy, jak možnost kontaktu poháněného pastorku s hřebenem tak se stožárem, navíc toto rozvržení dovoluje příliš nenavýšovat vzdálenost kuželočelního převodového motoru od stožáru oproti současnému řešení.

Schéma C je tedy vyhovující, přibližně podle něj bude probíhat konkrétní návrh a finální podoba systému pohonné jednotky, níže v této práci.

Schéma C (Obr. 25) – zvoleno jako výchozí rozložení pohonné jednotky.

6 Konkrétní návrh a řešení

Jednotlivé navrhované části korespondují se schématem C (Obr. 25). Rozměrová, pevnostní a únavová kontrola pro ozubená kola, hřídele a ložiska byla provedena ve výpočetním programu PREF. Výstupy z programu jsou k nahlédnutí v Příloze č. 2. Listy 1-3 jsou zadávané hodnoty, list 7 výsledky kontroly ložisek, list 8 informace o kole3, list 9 data kola4 (hřebenu), list 13 údaje kola2, list 14 parametry kola1, na mezi listech jsou potřebné údaje pro výpočty a ověření ozubených kol jako soukolí 1-2 a 3-4 (list 15-17 a list 10-12).

6.1 Ozubená kola

Pastorky zabírající do hřebenu již byly vyřešeny výše (kapitola 5.3.3) zbývá tedy dořešit vzhled zbývajících dvou rozdílných ozubených kol. Pro zjednodušení a upřesnění, budou ozubená kola nazývána takto (Obr. 25):

Kolo1 – pastorek na výstupním hřídeli kuželočelního převodového motoru

Kolo2 – ozubená kola zabírající s Kolem1

Kolo3 – pastorek zabírající s hřebenem

Toto označení platí i v údajích výstupu výpočetního programu, kde je navíc hřeben označován jako Kolo4 (viz Příloha 2).

Nejprve se vyřeší osová vzdálenost ozubeného soukolí, kolo1 mezi dvěma koly2, jednoduchou úvahou. Kolo1 voleno o velikosti patnácti zubů tedy roztečná kružnice o průměru $d_1 = 120mm$ a kolo2 s šestnácti zuby roztečná kružnice $d_2 = 128mm$, potom jejich součet dává osovou vzdálenost $a_x = 248mm$ mezi koly2 při nekorigovaných kolech. Nastává ovšem problém, že kola2 jsou hřídelí spojena s koly3, které zabírají do hřebenu, musí tedy dodržet určitý rozestup, který je násobkem rozteče hřebenu tedy 8π .

Vydělíme osovou vzdálenost kol2 $a_x = 248mm$ roztečí hřebenu 8π a dostaneme počet zubů na hřebenu x , který určí potřebnou rozteč mezi koly2.

$$x = \frac{a}{8\pi} = 9,87 \quad \Rightarrow \quad 10 \text{ zubů} \quad \Rightarrow \quad 10 \cdot 8\pi = 251,327mm$$

Poloviční vzdálenost $a_w = 125,66mm$ se využije pro výpočet korekcí soukolí Kolo1+Kolo2 použitím korekce osové vzdálenosti – součtová korekce (kapitola 3.2.2). Teoretická vzdálenost $a = 124mm$ a skutečná vzdálenost $a_w = 125,66mm$.

Kolo1

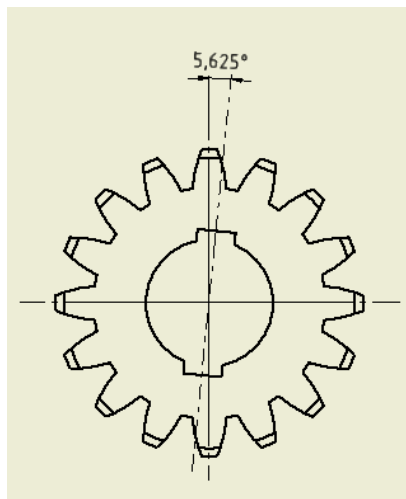
Počet zubů	$z_1 = 15$
Modul	$m = 8mm$
Roztečný průměr	$d_1 = 120mm$
Patní kružnice	$d_{f1} = 102,22mm$
Hlavová kružnice	$d_{a1} = 138,06mm$
Tloušťka zubu	$s_1 = 45mm$
Jednotkové posunutí	$x_1 = 0,1387$
Materiál	Ocel 16220.3



Obr. 26 - Ozubené kolo1 – 3D model

Kolo2

Počet zubů	$z_1 = 16$
Modul	$m = 8mm$
Roztečný průměr	$d_2 = 128mm$
Patní kružnice	$d_{f2} = 109,26mm$
Hlavová kružnice	$d_{a2} = 145,10mm$
Tloušťka zubu	$s_2 = 40mm$
Jednotkové posunutí	$x_1 = 0,0789$
Materiál	<i>Ocel 14220.4</i>

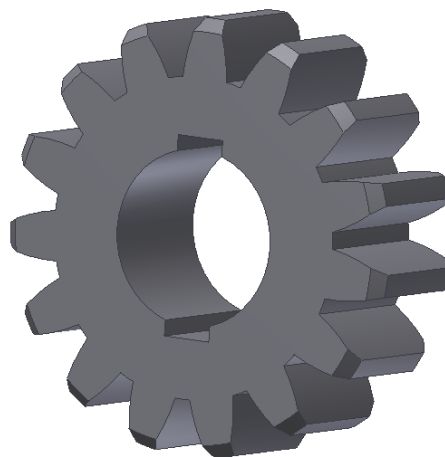


Obr. 27 - Ozubené kolo2 – 2D

Protože jsou kola2 a 3 spojena hřídeli, mají jiný počet zubů a zabírají s jinými součástmi, musí být drážka pro pero pootočená. Drážka se může pootočit buď na hřídeli oproti druhé drážce na hřídeli nebo na ozubeném kole2 vůči zubu či zubové mezeře. Jelikož ozubené kolo2 je rozděleno zuby na šestnáct dílků po 22,5° a ozubené kolo1 má patnáct zubů, což zajišťuje rozpoložení zub s protilehlou zubovou mezerou. Musí se šestnáctizubové kolo pootočit o 11,25° aby do mezery zapadal přímo zub. Dodržením by se museli vyrábět dvě různé hřídele nebo dvě různá ozubená kola2, rozdělím na polovinu a výrobou ozubeného kola2 (Obr. 27) s potočením drážky pro pero vůči zubu či zubové mezeře o 5,625° vznikne možnost výroby pouze tohoto kola2 a při montáži toto kolo2 vložit na první hřídel lícovou stranou a na druhou rubovou, v součtu se dostává zpět potřebných 11,25°.

Kolo3

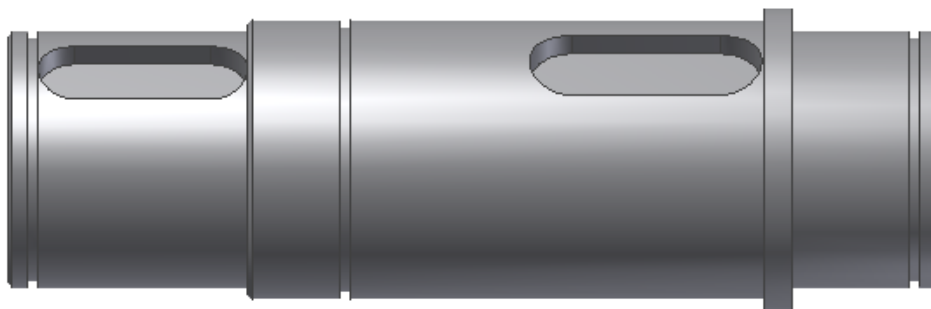
Počet zubů	$z_3 = 15$
Modul	$m = 8mm$
Roztečný průměr	$d_3 = 120mm$
Patní kružnice	$d_{f3} = 100mm$
Hlavová kružnice	$d_{a2} = 136mm$
Tloušťka zubu	$s_2 = 45mm$
Jednotkové posunutí	<i>bez korekce</i>
Materiál	<i>Ocel 16220.3</i>



Obr. 28 - Ozubené kolo3 - 3D model

6.2 Hřídel a její uložení

Rozměry hřídele jsou voleny v závislosti na uložení v ložiskách a vzdálenostech daných prostorovými možnostmi, tak aby ozubené kolo³ mohlo bezpečně zabírat do hřebenu a ozubené kolo² bylo bezproblémově uloženo mezi ložisky. Podrobná specifikace hřídele v příloženém výrobním výkresu.

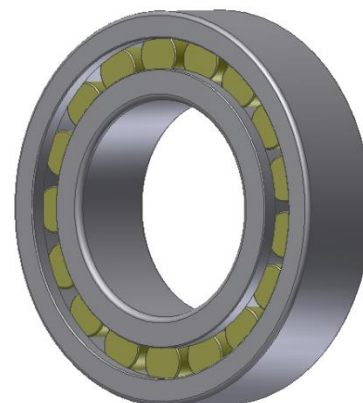


Obr. 29 – 3D model - Hřídel přídatné převodovky

Hřídel je uložena na ložiskách od firmy SKF z pravé strany na jednořadém válečkovém ložisku NUP 2211 ECML, které bude minimálně zatíženo pouze radiální silou. Z druhé strany na jednořadém kuličkovém ložisku 6412, které bude přenášet největší část radiálního zatížení. Axiální síly by neměli na hřídel působit, přesto se může stát, že zde nějaké vzniknou a právě všechny tyto síly bude také přenášet jednořadé kuličkové ložisko 6412.

NUP 2211 ECML[14]

Velký průměr	$D = 100mm$
Malý průměr	$d = 55mm$
Šířka	$B = 25mm$
Dynamická únosnost	$C = 114kN$
Statická únosnost	$C_0 = 118kN$
Potřebná únosnost podle výpočtu	$C = 64717N$
Trvanlivost dle výpočtu	$L_h = 52809hod$



Obr. 30 - 3D model - NUP 2211 ECML

- ⇒ Ložisko vyhovuje.
- ⇒ Výpočty v příloze č. 2

6412[15]

Velký průměr

$$D = 150\text{mm}$$

Malý průměr

$$d = 60\text{mm}$$

Šířka

$$B = 35\text{mm}$$

Dynamická únosnost

$$C = 108\text{kN}$$

Statická únosnost

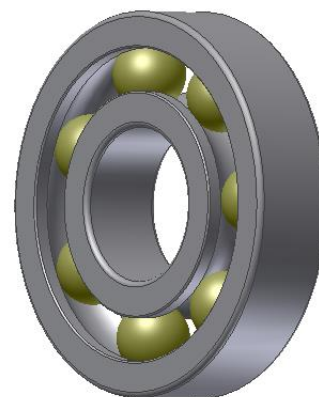
$$C_0 = 69,5\text{kN}$$

Potřebná únosnost podle výpočtu

$$C = 92758\text{N}$$

Trvanlivost dle výpočtu

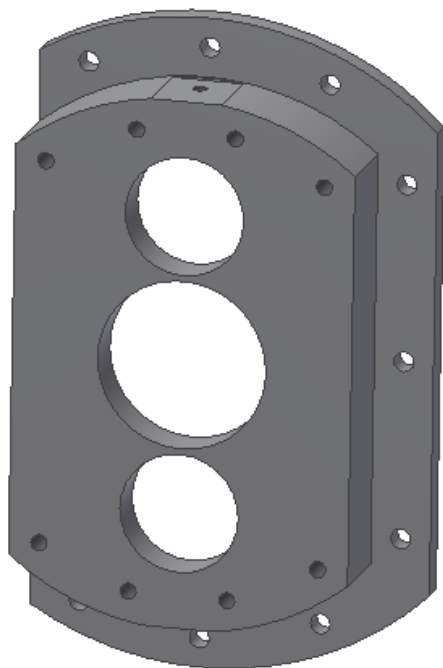
$$L_h = 13342\text{hod}$$



Obr. 31 - 3D model - 6412

- ⇒ Ložisko vyhovuje
- ⇒ Výpočty v příloze č. 2

6.3 Převodová skříň

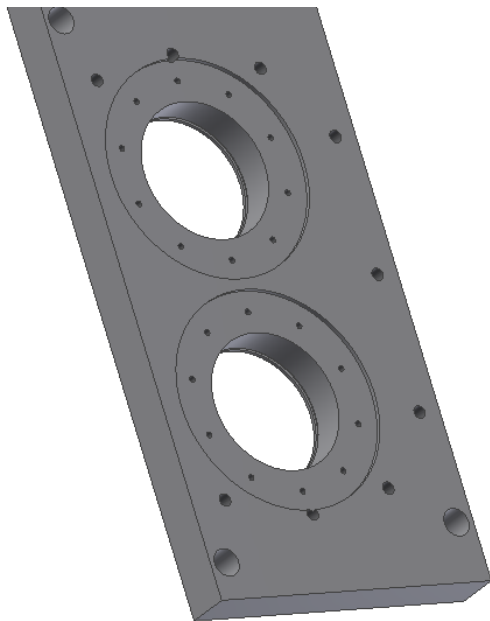


Obr. 32 - 3D model - Převodová skříň

Tvar a uspořádání otvorů je vytvořen na základě rozměrů potřebných na zakrytí převodů. Velký otvor uprostřed slouží k prostrčení ozubeného kola 1, menší kruhová díra nad ním a pod ním jsou prostor pro uložení válečkového ložiska NUP 2211 ECML, díry jsou průchozí kvůli snazší výrobě. Absence přírubové části na levé straně při pohledu na Obr. 32 je zapříčiněna nedostatečným prostorem a je tedy seříznuta podél stěny, která kopíruje hranici, kam může převodová skříň zasahovat.

Neprůchozí závitové díry M16 slouží k uchycení příruby, na které je připevněn kuželočelní převodový motor, k převodové skříni. Průchozí díry pro šrouby M16 na přírubové části slouží pro zajištění pevného spojení mezi nosnou deskou a převodovou skříni. Dole a nahoře je umístěna díra jako vypouštěcí respektive nalévací otvor oleje.

6.4 Spodní kryt/nosná deska



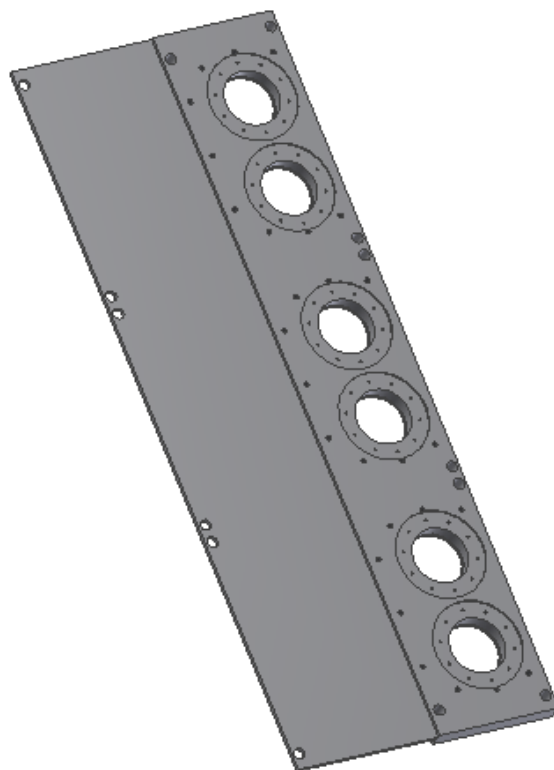
Obr. 33 - 3D model - Spodní kryt - detail strany přivrácené k hřebenu, spodní část

Celkový systém pohonu bude obsahovat tři motory, tedy i tři přídavné převodovky. Spodní kryt by se měl podle této úvahy objevit v sestavě také třikrát, ale byla zvolena varianta spodního krytu pro všechny tři převodové skříně najednou, neboli jednu velkou spodní část.

Na Obr. 33 je vykreslen detail spodního krytu zobrazující jednu ze tří množin děr pro uchycení jedné převodové skříně a k ní příslušných víček. Větší díry na krajích slouží k uchycení spodního krytu do rámu nosné desky, který je spojen již s kabinou a slouží k přenosu zatížení na pohonnou jednotku.

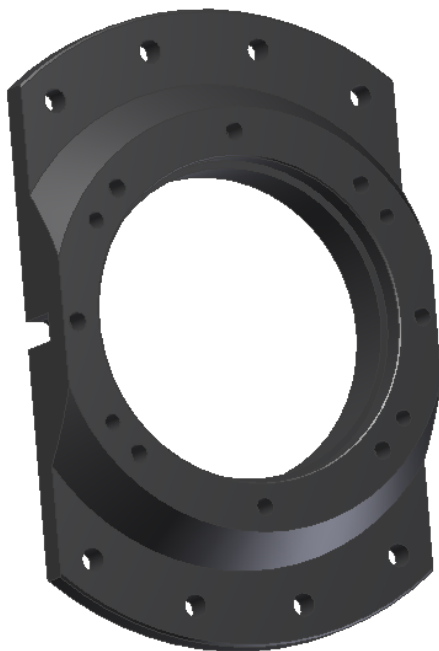
Dva velké otvory o průměru 150mm jsou připraveny pro jednořadé kuličkové ložiska 6412, drážka uvnitř slouží k umístění vnitřního pojistného kroužku pro zajištění tohoto ložiska. Mimo jiné, velké otvory dovolují prostrčení ozubeného kola², tedy usnadnění montáže či více variant jejího provedení. V zahloubení se nachází deset závitových děr M8 pro imbusové šrouby připevňující víčko ložiska. Devět průchozích závitových děr M16 zajišťuje spojení mezi převodovou skříní a spodním krytem.

Dvanáct milimetrů silná nosná deska přivařena na spodní kryt dotváří prostor pro uchycení pohodné jednotky (Obr. 34). Díky tomuto spojení se využije spodního krytu i jako části nosné desky. Obě části jsou z dobře svařitelného materiálu I1523.1.



Obr. 34 – 3D model – Spojení spodního krytu a nosné desky

6.5 Příruba a víčko



Obr. 35 - 3D model – Příruba

Příruba

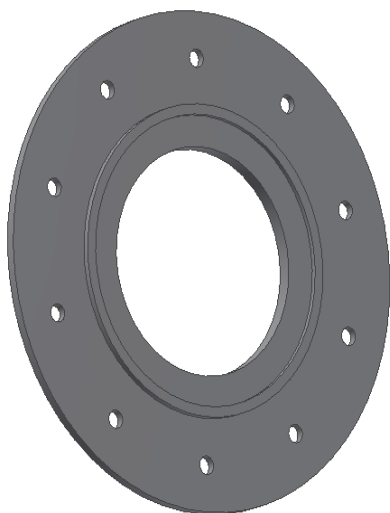
Hlavní účel je ustavení kuželočelního převodového motoru vůči převodové skříně, tak aby do sebe kola správně zabírala. K motoru je připevněna pomocí osmy zapuštěných šroubů a zajištěna čtyřmi kolíky pro udržení správného natočení motoru. Osazení ve vnitřní prostoru slouží taktéž k jeho ustavení.

Osm průchozích děr pro šrouby na velkém průměru je určeno k připevnění příruby k převodové skříně. Seříznutí z boků kopíruje tvar přiléhající plochy převodové skříně.

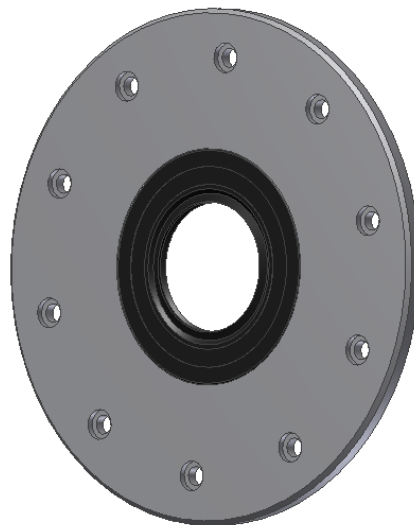
Víčko

Drží ložisko proti axiálnímu posunutí směrem ke stožáru. Kruhový výstupek zajišťuje, aby se nedotýkali rotační části ložiska se statickým víčkem (Obr. 36). Deset děr se zahloubením (viditelných na Obr. 37) po obvodu víčka jsou pro upevnění na spodní krytu.

Do víčka je vsazeno hřídelové těsnění „simering“ HMSA10 V[16] od firmy SKF, není upevněno proti posuvu, protože zde nenastávají axiální posuvy síly a není zde tlakový olej, absence osazení pro zajištění těsnění usnadňuje výrobu. Vmáčknutí do rozměrově správné díry postačí pro držení hřídelového těsnění na svém místě (Obr. 37).

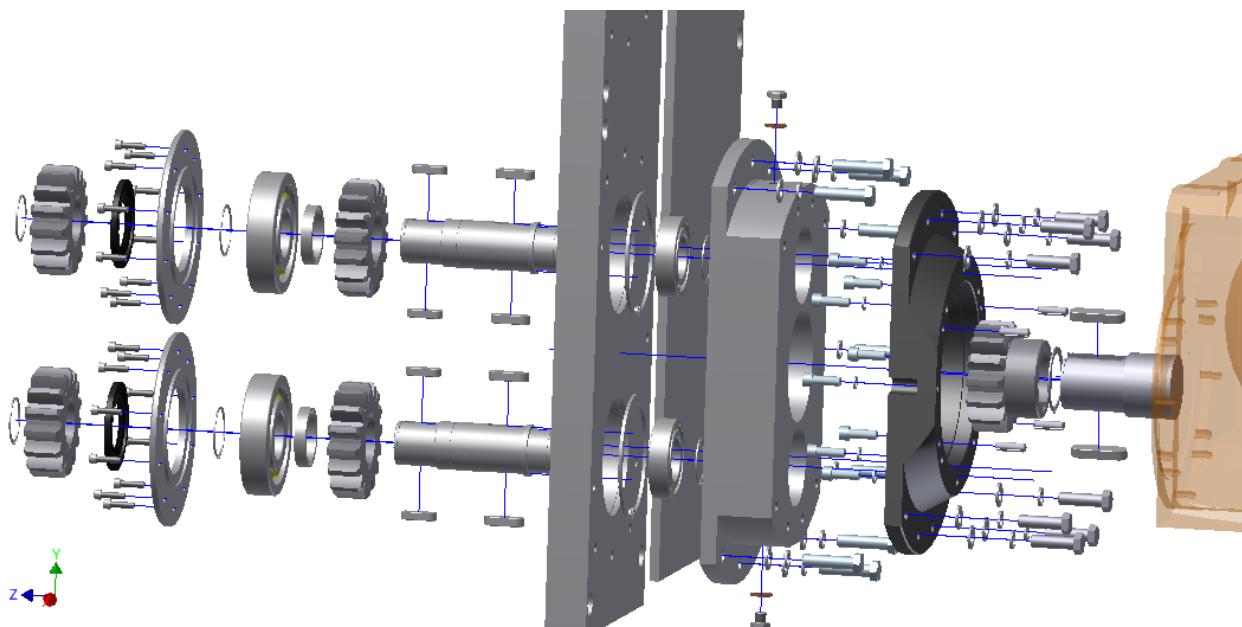


Obr. 36 - 3D model - Víčko ze strany přiléhající ke spodnímu krytu



Obr. 37 - 3D model - Víčko se vsazeným hřídelovým těsněním

6.6 Sestavení a montáž

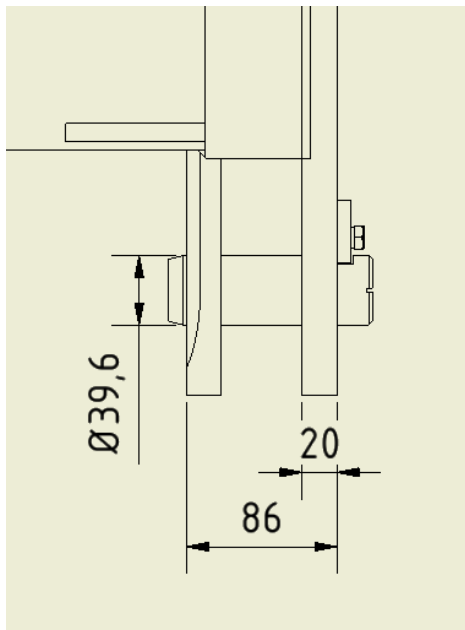


Obr. 38 - 3D model - Rozstřel sestavy jedné přídavné převodovky s přidaným kuželočelním převodovým motorem

Navržený postup složení přídavné převodovky.:

- 1) Vložení per na hřídel vystupující z kuželočelního převodového motoru, nasazení ozubeného kola1 a zajištění pojistným kroužkem. Skolíkování a přišroubování příruby k motoru, styčné plochy potříit těsnícím tmelem.
- 2) Umístit kolíky a připevnit převodovou skříň ke spodnímu krytu předem svařenému s nosnou deskou. Styčné plochy potříit těsnícím tmelem.
- 3) Osazení hřídele těsnými pery, válečkovým ložiskem, kolem2 a popřípadě rozpěrným kroužkem. Při osazování druhé hřídele do jedné přídavné převodovky nastrčit ozubené kolo2 opačně než v předešlém případě. Prostrčit takto osazenou hřídel skrz díru ve spodním krytu a lehce zamáčknout válečkové ložisko do protilehlého otvoru v převodové skříni.
- 4) Vsadit vnitřní pojistný kroužek do spodního krytu.
- 5) Vložit kuličkové ložisko a zaaretovat jeho pozici vůči hřídeli pojistným kroužkem a dotlačit přes hřídel ložiska na požadovaná místa, tak aby se kuličkové ložisko opřelo o vnitřní pojistný kroužek ve spodním krytu.
- 6) Zavíčkovat ložisko, vmáčknout těsnění do víčka. Nasadit poslední ozubené kolo (kolo3) na hřídel a zajistit pojistným kroužkem.
- 7) Nastrčit ozubené kolo1, upevněné podle bodu 1), do převodové skříně mezi dvě kola2 a přichytit přírubu šrouby, dotáhnout pouze na 30N/m. Styčné plochy potříit těsnícím tmelem.
- 8) Postup 1)-7) opakovat pro každou přídavnou převodovku nebo jednotlivé body ztvojit a zkompletovat celou pohonnou jednotku najednou.
- 9) Systém vyzkoušet bez zátěže „naprázdno“, nechat kolo1 najít svou pozici, aby se přenášelo na všechna ozubená kola zabírající do hřebenu stejné zatížení. Poté dotáhnout šrouby příruby na 60N/m, zatížit a znovu vyzkoušet. Systém se vyrovná a následuje dotažení šroubů na konečné hodnoty.

6.7 Kontrola uchycení kabiny/klece



Obr. 39 - Úchyt klece

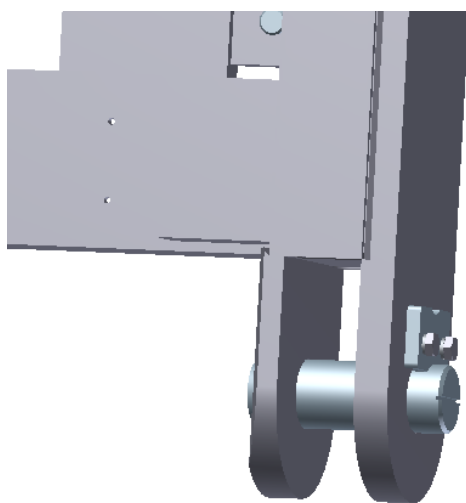
Kontrola čepu na smyk, jelikož se jedná o tlustý krátký kolík, postačí jednoduchý výpočet podělení poloviny působící síly průřezem čepu.

Síla působící na kolík (F) je odvozena jako $\frac{3}{4}$ přenášené zátěže (7360kg), protože klec je zavěšena na dvou takovýchto čepích, ale poměr nebude 1:1 kvůli možné excentricitě rozložení přepravované hmoty. Potom tedy:

$$F = \frac{3}{4} \cdot m \cdot g$$

$$F = \frac{3}{4} \cdot 7360 \cdot 9,81$$

$$F = 54151,2N$$



Obr. 40 - 3D model - Úchyt klece

$$\tau_s = \frac{\frac{F}{2}}{S_k} = \frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi d_k^2}{4}}$$

$$\tau_s = \frac{27075,6}{\frac{\pi \cdot 0,0396^2}{4}}$$

$$\tau_s = 21983550,54Pa \approx 22MPa$$

τ_s smykové napětí

F zatěžovací síla

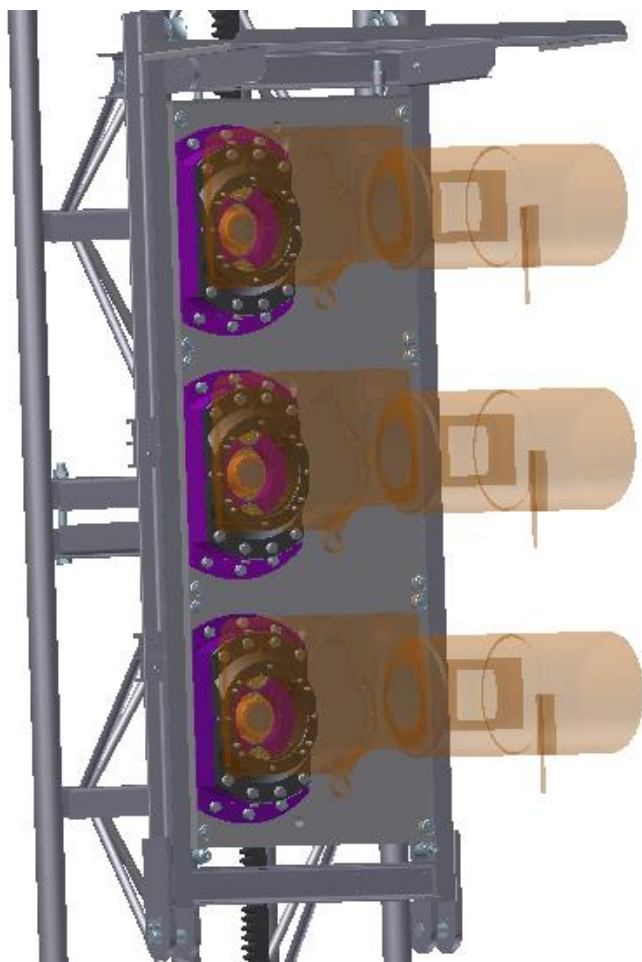
S_k průřez kontrolovaného čepu

d_k průměr kontrolovaného čepu

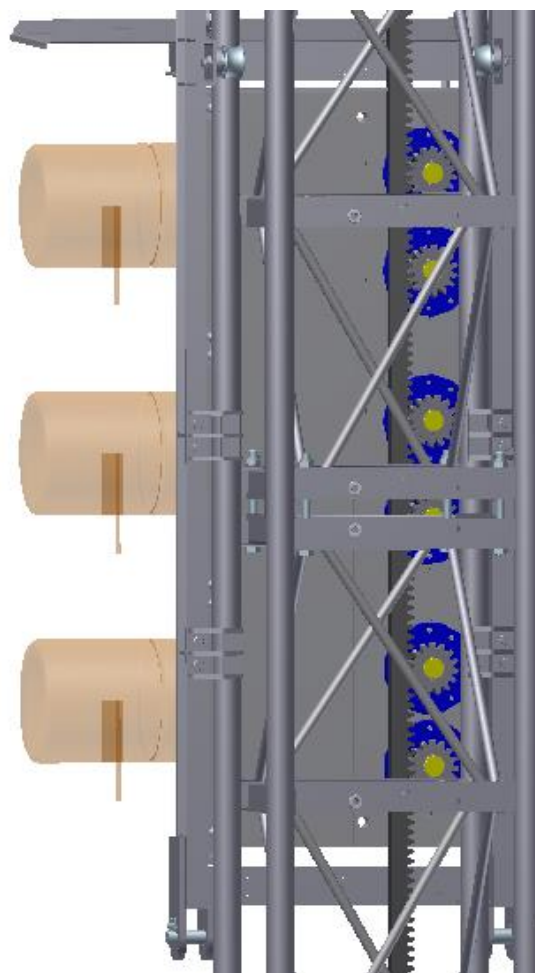
[17]

Mez kluzu pro materiál čepu (12060) je 345MPa až 380MPa, dovolené napětí v ohybu 150MPa a dovolené napětí v tlaku 175MPa. Z toho vyplývá, že závěs kabiny je dostatečně dimenzovaný pro tuto zátěž.

6.8 Celkový vzhled pohonné jednotky



Obr. 42 – Přední pohled na pohonnou jednotku s nosným rámem připevněnou na stožár



Obr. 41 – Zadní pohled na pohonnou jednotku s nosným rámem připevněnou na stožár

Na Obr. 41 a Obr. 42 vidíme 3D model celku se stožárem a nosným rámem bez kabiny. Model stožáru, motoru (kuželočelní převodový motor SK9052.1 získaný prostřednictvím NORDu) a nosného rámu byl převzat z materiálů poskytnutých firmou STROS (v příloze č. 3 CD), přičemž původní velikost nosného rámu nebyla dostačující, je proto prodloužen ve vertikálním směru. Převzetí bylo provedeno v závislosti na zachování stávajících rozměrových charakteristik systému stavebního výtahu.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh pohonné jednotky stavebního výtahu, respektive návrh přídavné převodovky, která slouží k pohlcení radiální síly působící na výstupní pastorky a k zamezení zatížení výstupní hřídele kuželového převodového motoru na ohyb.

Zpočátku se zabývá rešerší v oblasti stavebních výtahů. Věnuje se v krátkosti jednotlivým částem, jejich důležitým vlastnostem a dílům.

Jsou zde ukázány potřebné vztahy pro výpočty týkající se konkrétního návrhu. Dále se přistupuje ke konceptu jednotlivých řešení a vybrání vhodné uspořádání. Ve zbytku práce se řeší konkrétní návrh přídavné převodovky podle zvoleného schématu.

Soustava pěti ozubených kol zajišťuje přenos krouticího momentu motoru k hřebenu a realizaci přeměny rotačního pohybu na posuvný. Dvě ozubená kola zabírají do hřebenu a jsou uložena společně s dalšími dvěma ozubenými koly na hřídeli upevněné v převodové skříni a spodním krytu pomocí ložisek.

Je třeba dodržet speciální postup montáže pro uvedení systému do provozu. Mezikolo si nachází tzv. svou polohu, tak aby se zatížení rovnoměrně rozložilo do obou výstupních pastorků respektive do šesti.

8 Literatura

- [1] Historie firmy STROS, Sedlčanské strojírny a.s. [online]. [10. 5. 2014]
Dostupná na WWW: <http://www.stros.cz/cs/index.php/o-firme.html>
- [2] Rozdělení stavebních výtahů [online]. [10. 10. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.stros.cz/cz/>
- [3] Pracovní plošiny [online]. [10. 10. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.stros.cz/cz/produkty/pracovni-plosiny/>
- [4] Speciální výtahy [online]. [19. 10. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.stros.cz/cs/index.php/specialni-vytahy.html>
- [5] Provedení klecí [online]. [19. 10. 2013]
Dostupné na WWW: http://www.stros.cz/cs/images/stories/osobonakladni-vytahy/versions_of_nov.pdf
- [6] Pohon lidskou silou [online]. [3. 11. 2013]
Dostupné na WWW: <http://agartha.cz/html/vytahy/historie/celkova.php>
- [7] Lanové pohony [online]. [7. 11. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.msv-vytahy.cz/stroje-vytahy.php>
- [8] Hydraulické výtahy [online]. [9. 11. 2013]
Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDtah>
- [9] Pohybový šroub [online]. [15. 11. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.techmagazin.cz/689>
- [10] Elektromotor výtahu [online]. [16. 11. 2013]
Dostupné na WWW: <http://www.techpark.sk/technika-4-2009/nova-generace-bezprevodovych-vytahovych-stroju-nl-24.html>
- [11] KRÁTKÝ J., KRÓNEROVÁ E., HOSNEDL S., *Obecné strojní části 2: Základní a složené převodové mechanismy*. Plzeň: ZČU, 2011
- [12] ŠEBEK J., *Zadání bakalářské práce*. Sedlčany: STROS, 19. 8. 2013
- [13] Katalog NORD [online]. [3. 3. 2014]
Dostupné na WWW: http://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/geared_motors/helical_bevel_geared_motors/pdp_helical_bevel_geared_motors_1527.jsp
- [14] Katalogový list ložiska NUP 2211 ECML [online]. [16. 4. 2014]
Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/single-row/index.html?prodid=1400642211&imperial=false>
- [15] Katalogový list ložiska 6412 [online]. [16. 4. 2014]
Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?prodid=1010020412&imperial=false>
- [16] Katalogový list hřídelového těsnění [online]. [16. 4. 2014]
Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/seals/industrial-seals/power-transmission-seals/radial-shaft-seals-pt/index.html?prodid=704606314&imperial=false>
- [17] HOSNEDL S., KRÁTKÝ J., *Příručka strojního inženýra: Obecné strojní části*. Praha: Computer press, 2000

9 Ostatní zdroje

Prohlídka výtahového systému ve firmě STROS, Sedlčanské strojírný a.s. – využité především ve statích 2.2.1 a 2.2.2.

Konzultace ve firmě STROS, Sedlčanské strojírný a.s.

Podkladové materiály poskytnuté firmou STROS, Sedlčanské strojírný a.s. – Příloha č. 3 CD

Poznatky získané při studiu

10 Zdroje obrázků

[1] Dostupné z: <http://www.stros.cz/cs/index.php/osobonakladni-vytahy.html> (10. 10. 2013)

[2] Dostupné z:

http://www.stros.cz/cs/images/stories/osobonakladni-vytahy/versions_of_nov.pdf
(3. 11. 2013)

[3] Dostupné z: <http://www.stros.cz/cs/index.php/nakladni-vytahy/23-nv-2040.html>
(10. 10. 2013)

[4] Dostupné z: <http://www.stros.cz/cs/index.php/pracovni-ploiny.html> (10. 10. 2013)

[5] Dostupné z: <http://www.stros.cz/cs/index.php/specialni-vytahy.html> (19. 10. 2013)

[6] Dostupné z: <http://www.stros.cz/cs/index.php/specialni-vytahy/57.html> (19. 10. 2013)

[7] Dostupné z: http://www.t-cz.com/stozar-prihradovy-48-365-3000-zar_d6452.html
(19. 10. 2013)

[8] Dostupné z: <http://agartha.cz/html/vytahy/historie/celkova.php> (3. 11. 2013)

[9] Dostupné z:

http://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/motors/motors_detail_1529.jsp
(9. 11. 2013)

[10] Dostupné z:

<http://www.pbocko.szm.com/projects/publications/2000/osobne%20vytahy.pdf>
(9. 11. 2013)

[11] Dostupné z: <http://www.techmagazin.cz/689> (15. 11. 2013)

[12] Dostupné z: <http://www.tttuma.cz/katalog/chiaravalli> (15. 11. 2013)

11 Seznam obrázků

Obr. 1 – Osobo-nákladní výtah [1].....	- 11 -
Obr. 2 - Schéma osobo-nákladního výtahu [2]	- 11 -
Obr. 3 - Nákladní výtah [3]	- 12 -
Obr. 4 – Schéma dvou-stožárové pracovní plošiny [4].....	- 12 -
Obr. 5 - Schéma jedno-stožárové pracovní plošiny [4].....	- 12 -
Obr. 6 - Speciální průmyslový výtah - elektrárna Hodonín [5]	- 13 -
Obr. 7 - Komínový výtah – Varšava [6].....	- 13 -
Obr. 8 - Trojboký stožár [7]	- 14 -
Obr. 9 - Čtyřboký stožár s hřebenem	- 14 -
Obr. 10 - Kabina/Klec typu NOV [2].....	- 15 -
Obr. 11 - Dvoudílné dveře s vyklápěcí rampou [2].....	- 16 -
Obr. 12 Dvoudílné dveře s můstkem [2]	- 16 -
Obr. 13 - Středověký výtah poháněný lidskou silou [8]	- 17 -
Obr. 14 – Elektromotor [9].....	- 17 -
Obr. 15 - Schémata lanem tažených výtahů	- 18 -
Obr. 16 - Příklad uspořádání hydraulického výtahu [10].....	- 18 -
Obr. 17 - Příklad pohybového šroubu a matice[11]	- 19 -
Obr. 18 – Spoluzabírající pastorek a hřeben[12].....	- 19 -
Obr. 19 - Schéma pohonné jednotky	- 20 -
Obr. 20 - Záběr korigovaného soukolí	- 23 -
Obr. 21 - Funkční schéma navrhovaného systému	- 27 -
Obr. 22 - Silové rozložení	- 28 -
Obr. 23 - Schéma A - rozložení pohonné jednotky.....	- 32 -
Obr. 24 - Schéma B - rozložení pohonné jednotky	- 33 -
Obr. 25 - Schéma C - rozložení pohonné jednotky + označení ozubených kol	- 34 -
Obr. 26 - Ozubené kolo1 – 3D model	- 35 -
Obr. 27 - Ozubené kolo2 – 2D	- 36 -
Obr. 28 - Ozubené kolo3 - 3D model.....	- 36 -
Obr. 29 – 3D model - Hřídel přídatné převodovky	- 37 -
Obr. 30 - 3D model - NUP 2211 ECML	- 37 -
Obr. 31 - 3D model - 6412	- 38 -
Obr. 32 - 3D model - Převodová skříň	- 38 -
Obr. 33 - 3D model - Spodní kryt - detail strany přivrácené k hřebenu, spodní část.....	- 39 -

Obr. 34 – 3D model – Spojení spodního krytu a nosné desky	- 39 -
Obr. 35 - 3D model – Příruba.....	- 40 -
Obr. 36 - 3D model - Víčko ze strany přiléhající ke spodnímu krytu.....	- 40 -
Obr. 37 - 3D model - Víčko se vsazeným hřídelovým těsněním	- 40 -
Obr. 38 - 3D model - Rozstřed sestavy jedné přídavné převodovky s přidaným kuželočným převodovým motorem	- 41 -
Obr. 39 - Úchyt klece	- 42 -
Obr. 40 - 3D model - Úchyt klece	- 42 -
Obr. 41 – Přední pohled na pohonnou jednotku s nosným rámem připevněnou na stožár .	- 43 -
Obr. 42 – Zadní pohled na pohonnou jednotku s nosným rámem připevněnou na stožár ..	- 43 -

12 Seznam příloh

Příloha č. 1 – CAD 3D modely navrhované pohonné jednotky

Příloha č. 2 – Výstup z výpočetního programu PREF

Příloha č. 3 – Materiály poskytnuté firmou STROS, Sedlčanské strojírný a.s. (CD)

13 Výkresová dokumentace

Druh výkresu	Název	Číslo výkresu	Formát
Výkres sestavy	Pohonná jednotka	KKS-BP-01	A1
Výkres sestavy	Kusovník	KKS-BP-01	A4
Výrobní výkres	Ozubené kolo 2	KKS-BP-02	A3
Výrobní výkres	Hřídel	KKS-BP-03	A3
Výrobní výkres	Víčko	KKS-BP-04	A3
Výrobní výkres	Příruba	KKS-BP-05	A3
Výrobní výkres	Převodová skříň	KKS-BP-06	A3

Použitý software:

Microsoft Office Word 2010

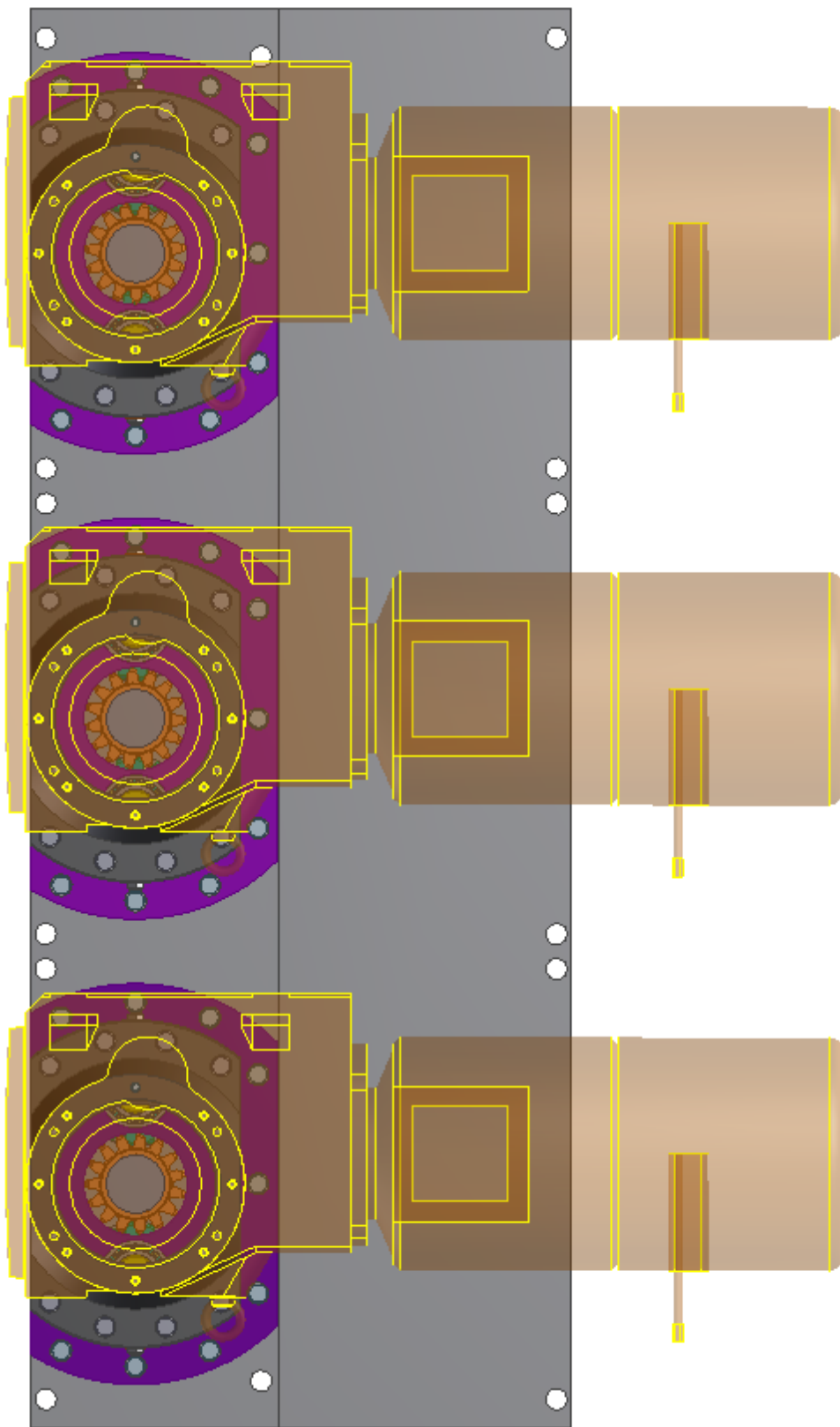
Autodesk Inventor Professional 2011

Autodesk AutoCAD 2011

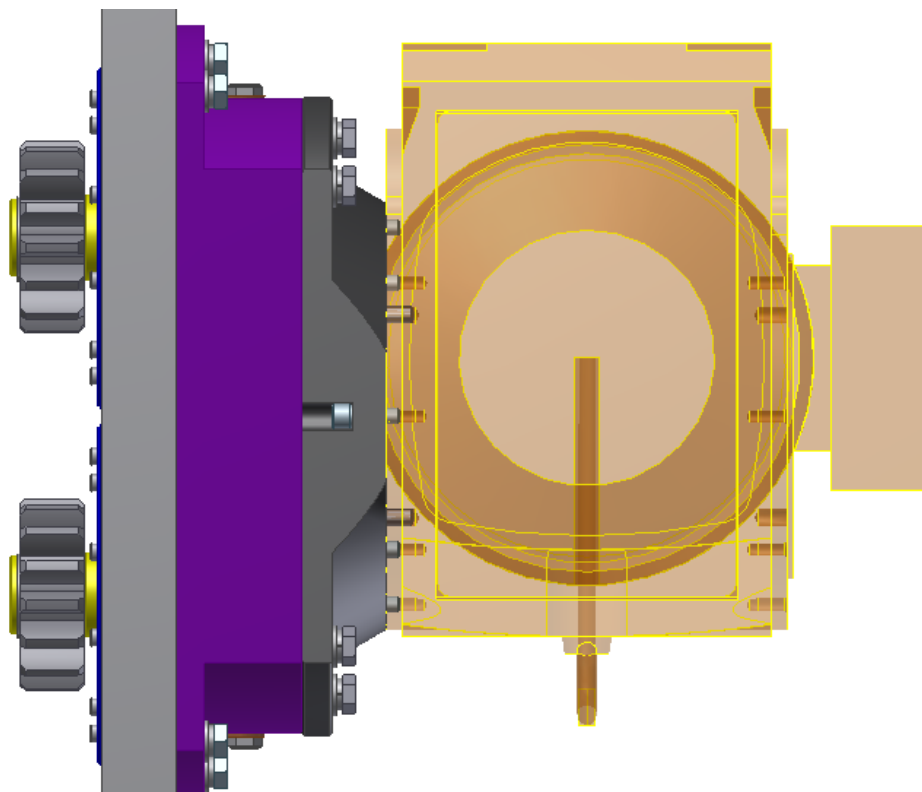
Adobe Acrobat XI

PŘÍLOHA č. 1

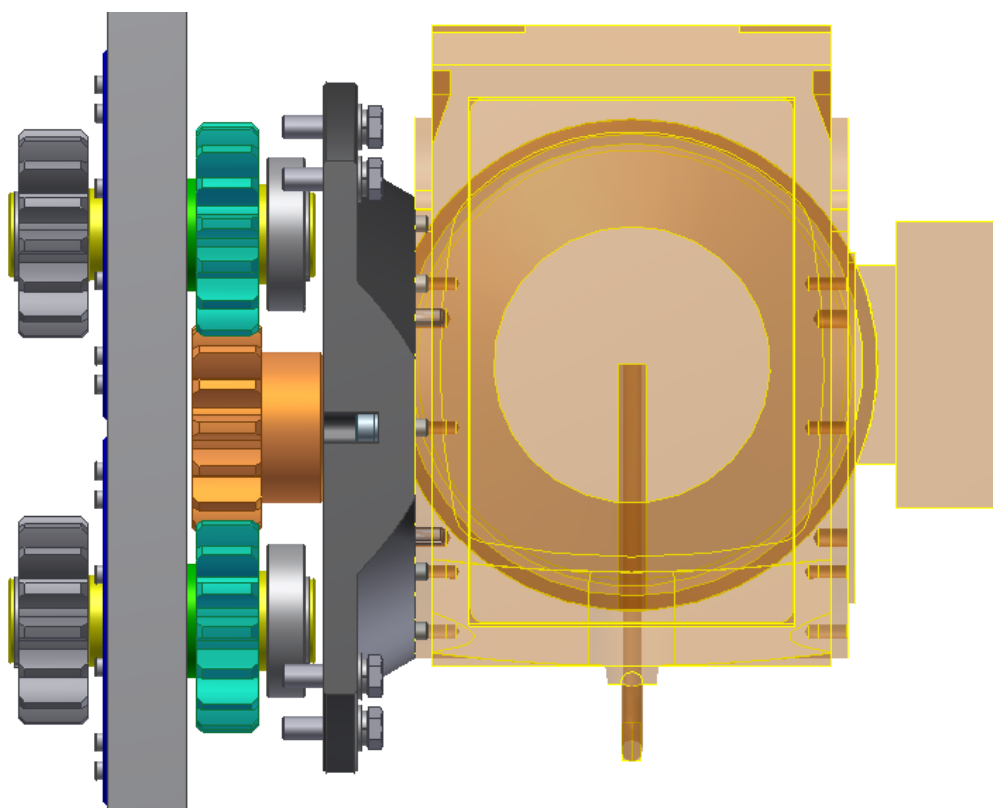
CAD 3D modely navrhované pohonné jednotky



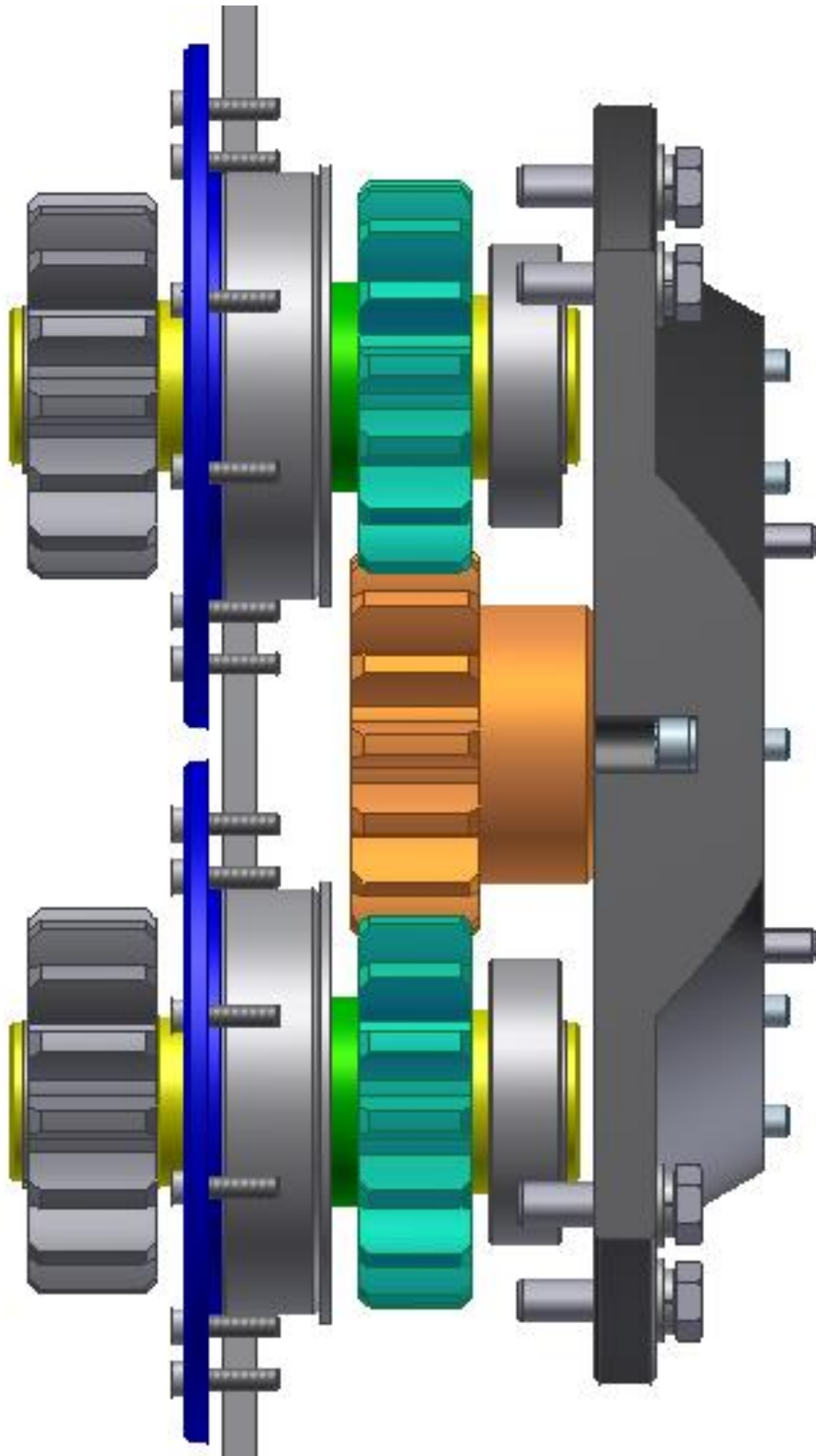
Obrázek 1 – Celek pohonu složený ze tří pohonných jednotek



Obrázek 2 – Boční přiblížený pohled na jednu pohonnou jednotku



Obrázek 3 - Boční pohled na pohonnou jednotku při skrytí převodové skříně



Obrázek 4 - Přibližný boční pohled na pohonnou jednotku při skrytí převodové skříně, motoru a spodní části (krytu)

PŘÍLOHA č. 2

Výstup z výpočetního programu PREF

Nazev : Stavebni vytah

Stroj : Prevodovka

Autor : Svagr

05/15/14

SVAGR.dhl

List : 1

Blok + souhmoti :zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 1
Souhmoti : 1.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I
1 I 15241.70 .00 .00 .00
I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 1.0 pocet rezu : 4
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I
1 I -90.00 55.00 .00
2 I -28.00 60.00 .00
3 I 73.50 65.00 .00
4 I 80.00 55.00 .00
I

z-tova sour. praveho konce hrid. : 105.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 1.0 pocet zaberu : 2
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I
1 3.04 I -60.00 180.00
2 2.01 I 62.50 -90.00
I

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 1.0 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.
I
1 6412 I .00 .0 olej ra()
2 NUP2211 I 86.00 .0 olej r
I

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 2

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 1.0 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 1.00

rez	h r i d e l Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mista I ozn. ZYM/OZM	I l o z i s k a I oznaceni typ loziska uloz.
1	-90.0	55.0	.0	I	
2	-60.0	55.0	.0	I 3.04 valc.vne.	
3	-28.0	60.0	.0	I	
4	.0	60.0	.0	I	6412 r.kul.jr. ra()
5	62.5	60.0	.0	I 2.01 valc.vne.	
6	73.5	65.0	.0	I	
7	80.0	55.0	.0	I	
8	86.0	55.0	.0	I	NUP2211 r.val.jr. r
9	105.0	.0	.0	I	

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 1.00	pocet ZYM : 2
Zakl. zatezne m. : 1	I Zakl. zatezne m. : 2
oznaceni : 3.	I oznaceni : 2.
celni kolo s vnejsim ozubenim	I celni kolo s vnejsim ozubenim
pocet zubu : 15. [-]	I pocet zubu : 16. [-]
norm. modul : 8.00 [mm]	I norm. modul : 8.00 [mm]
uhel zaberu zubu: 20.00 [deg]	I uhel zaberu zubu: 20.00 [deg]
uhel sklonu zubu: .00 [deg]	I uhel sklonu zubu: .00 [deg]
sklon zubu :	I sklon zubu :
sirka kola : 45.00 [mm]	I sirka kola : 40.00 [mm]
material : 16220.40	I material : 14220.40
drsnost : 1.60	I drsnost : 1.60
druh korekce : v korekce	I druh korekce : merny skluz
os.vzdal./j. kor: .00 [mm]/[-]	I os.vzdal./j. kor: 125.66 [mm]/[-]
presnost : 7 - 6 - 5 Dh/III	I presnost : 7 - 7 - 5 Dh/III
ucinost : .98 [-]	I ucinost : .98 [-]

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 3

LOZISKA - popis

souhmoti : 1.00		pocet lozisek : 2
lozisko : 1	I lozisko	: 2
-----	-----	-----
oznaceni : 6412	I oznaceni	: NUP2211
vyrobce : ZVL	I vyrobce	: SKF
kulickove jednorade	I valeckove jednorade	
vnitrni prumer : 60. [mm]	I vnitrni prumer	: 55. [mm]
vnejsi prumer : 150. [mm]	I vnejsi prumer	: 100. [mm]
sirka : 35. [mm]	I sirka	: 25. [mm]
unosnost dyn. : 110000. [N]	I unosnost dyn.	: 114000. [N]
unosnost stat. : 70800. [N]	I unosnost stat.	: 118000. [N]
mezni otacky : 5600. [1/min]	I mezni otacky	: 7500. [1/min]
typ vule : normalni	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	
	I	

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 1.00		pocet ZMZ : 2
Z a d a n e h o d n o t y	I	
oznaceni typ mst.zs	Mk I	otacky doba behu
	[Nm] I	[1/min] [hod]
-----	-----	-----
3.04 valc.vne. 1.01	740.0 I	217.0 8000.0
.....I		
2.01 valc.vne. 1.01	-740.0 I	
-----	-----	-----

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 4

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 1.00 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 1.00 pocet ZZM : 2

z a d a n e		h o d n o t y		I	v y p o c t e n e		h o d n o t y	
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa	
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]	
3.04	valc.vne.	1.01	740.0	I	12333.3	4489.0		.0
2.01	valc.vne.	1.01	-740.0	I	-11562.5	4208.4		.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. misto	I	3.	I	2.	I
-----I-----I-----I					
obv.rych.[m/s]	I	1.88	I	2.01	I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2

l o z i s k o		I		v y p o c t e n e		h o d n o t y		
oznaceni	typ	mst.zs	I	Fx	Fy	Fr	Fa	
			I	[N]	[N]	[N]	[N]	
6412	r. kul.jr.	1.01	I	-4461.2	19788.0	20284.7		.0
NUP2211	r. val.jr.	1.01	I	11534.8	-11663.1	16403.6		.0

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 5

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 1.00 pocet ZMZ : 2
p r e v o d. prvkyI v y p o c t e n e h o d n o t y

ozn.	typ	ms.zs I	pruhyb ux[mm]	pruhyb uy[mm]	pruhyb uo[mm]	natoceni fio[rad]	natoceni fik[rad]
3.04	valc.vne.	1.01I	.765E-02	-.172E-01	.188E-01	.386E-03	.000E+00
2.01	valc.vne.	1.01I	-.134E-02	.198E-02	.239E-02	.804E-04	.975E-03

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2
l o z i s k o I v y p o c t e n e h o d n o t y

oznaceni	typ	mst.zs I	natoceni fio [rad]
6412	r. kul.jr.	1.01I	.1885E-03
NUP2211	r. val.jr.	1.01I	.1126E-03

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 6

maximalni NAPETI

Souhmoti : 1.00
I v y p o c t e n e h o d n o t y
mst. zs.I c. rezu souradnice napeti
[-] [-] I [-] z[mm] sigr[Mpa]

1	1 I	3	-28.0	58.0
---	-----	---	-------	------

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 1.00

* velicina : m.st. stav poradi hodnota *
* *
* pruhyb uo v ZZM [mm] : 1 1 1 .188E-01 *
* natoceni fio v ZZM [rad] : 1 1 1 .386E-03 *
* natoceni fio v lozisku [rad] : 1 1 1 .189E-03 *
* napeti [MPa] : 1 1 3 58.0 *

Nazev : Stavebni vytah

Stroj : Prevodovka

Autor : Svagr

05/15/14

SVAGR.dhl

List : 7

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6412A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.53 [-]
Trvanlivost loziska : 12248. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 95441. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 18.67 [-]

Staticka kontrola loziska 6412A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 3.49 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska NUP2211
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 6.15 [-]
Trvanlivost loziska : 49197. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 66107. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 25.00 [-]

Staticka kontrola loziska NUP2211
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 7.19 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 8

```

*****
*          o z u b e n a   k o l a   c e l n i          *
*
*
*
*   razitko pro kolo   3
*   =====
*
*-----*
* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)                i          celni          *
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)              i          prime          *
* pocet zubu                             i      z      i          15          *
*      i modul                            i      m      i          8.00          *
* nastroj i uhel profilu                   i  alfa  i          20  0  0          *
*      i profil                            i          CSN 014607          *
*      i vyska hlavy nastroje               i  hxf  i  1.25.m = 10.00          *
* uhel sklonu bocni krivky zubu           i  beta  i          0  0  0          *
* smysl stoupani bocni krivky zubu        i      -      i          -          *
* jednotkove posunuti                     i      x      i          .0000          *
* jednotkova zmena tloustky zubu          i      xt  i          *
* stupen presnosti          st sev 641-77  i          7 - 6 - 5 Dh/III          *
*      i tloustka zubu na tetive            i          i          11.10  -.037          *
*      i          i          i          -.090          *
*      i vyska hlavy zubu nad tetivou      i          i          5.98          *
* kontr. i pres          2 zuby             i      W      i          37.11  -.035          *
* rozmer i          i          i          -.085          *
*      i pres valeyky  0  11.93           i      M      i          131.62  -.131          *
*      i          i          i          -.212          *
* modul celni                             i      mt  i          8.00000          *
* prumer zakladni kruznice                 i      db  i          112.76          *
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii  betab  i          0  0  0          *
*      i          i          *
*      i          i          *
* betaw15 =  0  0  0          dw15 =  116.74  i          i          *
*-----*
*          spoluzabirajici kolo          *
*-----*
* cislo vykresu i      pocet zubu      i      vzdalenost os  aw  i      uhel os          *
*      i          ---          i      152.00 + .032  i          0          *
*      i          i          i          - .032  i          *
*-----*
*
*   prumery ozubeneho kola 3      [mm]
*   =====
*      roztecný          120.00          mezni obvodove hazeni          .045
*      patni            100.00
*      hlavovy          136.00
*
*   zadana sirka          45.00  mm
*
*
*   vzdalenost hlavove roviny od merici zakladny zadana          100.00 mm
*   vzdalenost os = vzdalenost osy pastorku od merici zakladny.
*****

```


Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 10

```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   korekce v
*
*           pastorek 3           hreben 4
*
*   pocet zubu kol           15           ---
*   normalny modul [mm]           8.00
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg] ( )           0 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   vzdal.osy past.od rozt.primky hreb. [mm] 60.0000
*   sirka kol [mm]           45.00           40.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .0000
*   prumer hlavove kruznice [mm] 136.00
*   prumer roztecne kruznice [mm] 120.00
*   prumer patni kruznice [mm] 100.00           !pod zakladni*
*   prumer zakladni kruznice [mm] 112.76
*
*   trvani evolventy           1.7311
*   trvani kroku           .0000
*   celkove trvani zaberu           1.7311
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           .1875
*   doporuцена dolni mez           .3750
*   skutecne jednotkove posunuti           .0000
*   doporuцена horni mez           .6000
*   smluvni horni mez           .6500
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           2
*   rozmer pres zuby [mm]           37.11
*
*   konstantni tloustka zubu [mm]           11.10           12.57
*   konstantni vyska zubu [mm]           5.98           8.00
*
*   prumer mericiho valecku [mm]           11.93           14.00
*   mira pres valecky [mm]           131.62           2.20
*   pozn:(pro hreben je zde mirou pres valecky (kulicky) vzdalenost
*   od hlavove roviny hrebene. kladna - valecek (kulicka) precniva.)
*
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           0 0 0
*   dw15           116.7410
*   beta w 0           0 0 0
*   dw 0           112.7631
*
* * * * *

```

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 11

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 3          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry          *
*  =====          *
*
*  pocet zubu          15          ----          *
*  normalny modul          [mm]          8.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          .00          *
*  jednotkove posunuti          .000          .000          *
*  sirka          [mm]          45.00          40.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16220.4          12051.9          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          POV.KAL.MEZ          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          880.          640.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          635.          390.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          605.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1140.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          285.          200.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          600.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          1.20          *
*  presnost soukoli          7 - 6 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 3          *
*  .....          *
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]          *
*  zakladni smysl toceni          *
*  740.00          217.00          8000.00          *
*  opacny smysl toceni          *
*
*  vysledne hodnoty          *
*  =====          *
*
*          kolo 3          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni          *
*  moment [Nm]          *
*  ohyb          740.0          *
*  dotyk          740.0          *
*  obvodova rychlost [m/s]          *
*  ohyb          1.363          *
*  dotyk          1.363          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :          *
*  .....          *****          *
*          ohyb          *          6.68          6.13          *
*          dotyk          *          1.48          2.23          *
*          *****          *
*****

```


Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 15

```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   korekce na merne skluzy
*
*           kolo 2           kolo 1
*
*   pocet zubu kol           16           15
*   normalny modul [mm]           8.00
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg](k1 )           0 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   osova vzdalenost [mm]           125.6600
*   sirka kol [mm]           40.00           45.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .0789           .1387
*   prumery hlavovych kruznic [mm]           145.10           138.06
*   prumery roztecnych kruznic [mm]           128.00           120.00
*   prumery patnich kruznic [mm]           109.26           102.22!pod zakladni
*   prumery zakladnich kruznic [mm]           120.28           112.76
*
*   trvani evolventy           1.4127
*   trvani kroku           .0000
*   celkove trvani zaberu           1.4127
*
*   meze souctu jednotkovych posunuti
*   smluvni dolni mez           .3375
*   doporuцена dolni mez           .7250
*   skutecny soucet jedn. posunuti           .2175
*   doporuцена horni mez           1.0000
*   smluvni horni mez           1.0917
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           .1500           .1875
*   doporuцена dolni mez           .3500           .3750
*   skutecne jednotkove posunuti           .0789           .1387
*   doporuцена horni mez           .6000           .6000
*   smluvni horni mez           .6600           .6500
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           3           2
*   rozmer pres zuby [mm]           61.27           37.87
*
*   konstantni tloustka zubu [mm]           11.50           11.81
*   konstantni vyska zubu [mm]           6.46           6.88
*
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           0 0 0           0 0 0
*   dw15           124.5237           116.7410
*   beta w 0           0 0 0           0 0 0
*   dw 0           120.2807           112.7631
*   prumer kruz. pocatku zaberu[mm]           121.14           113.50
* * * * *

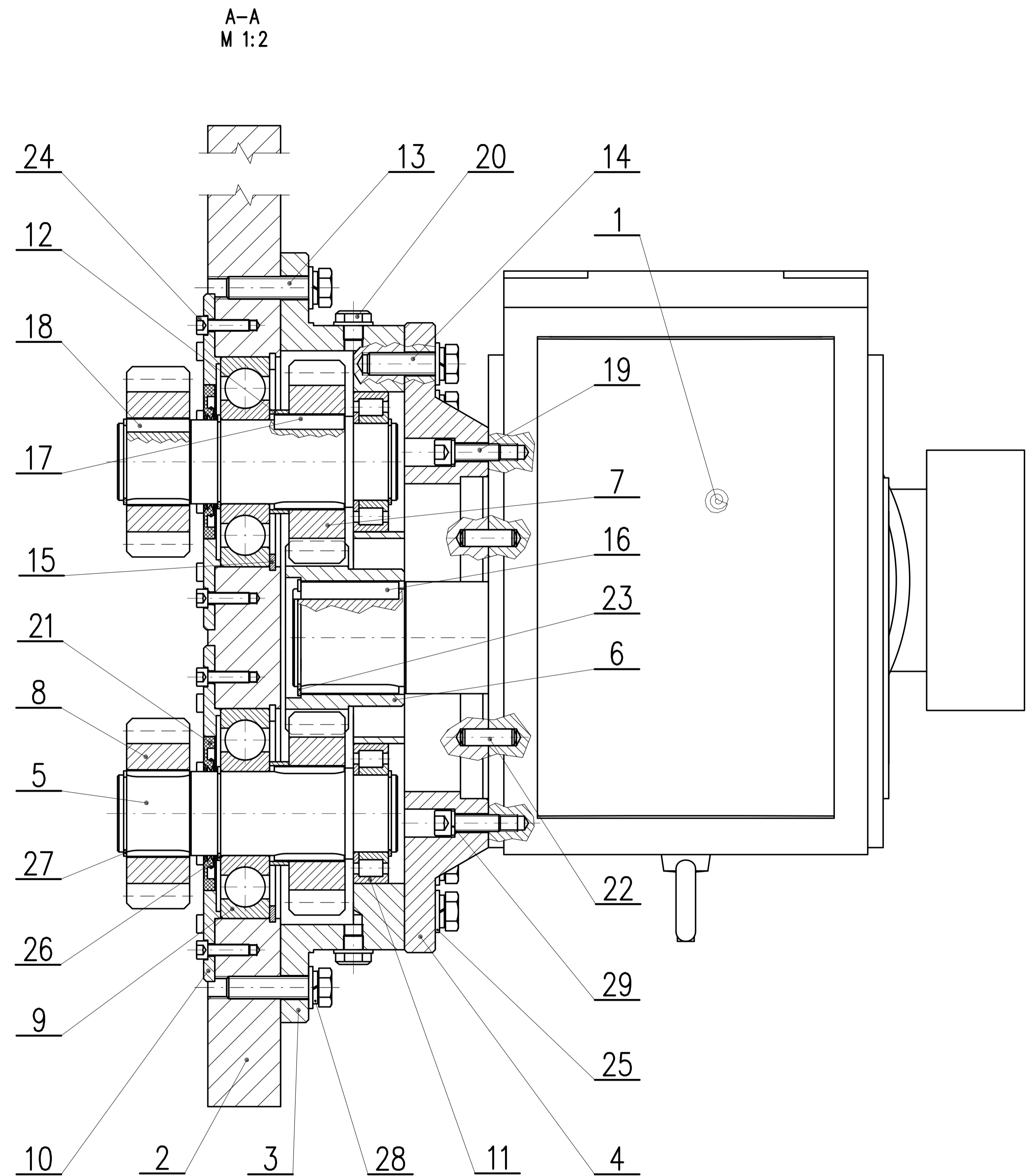
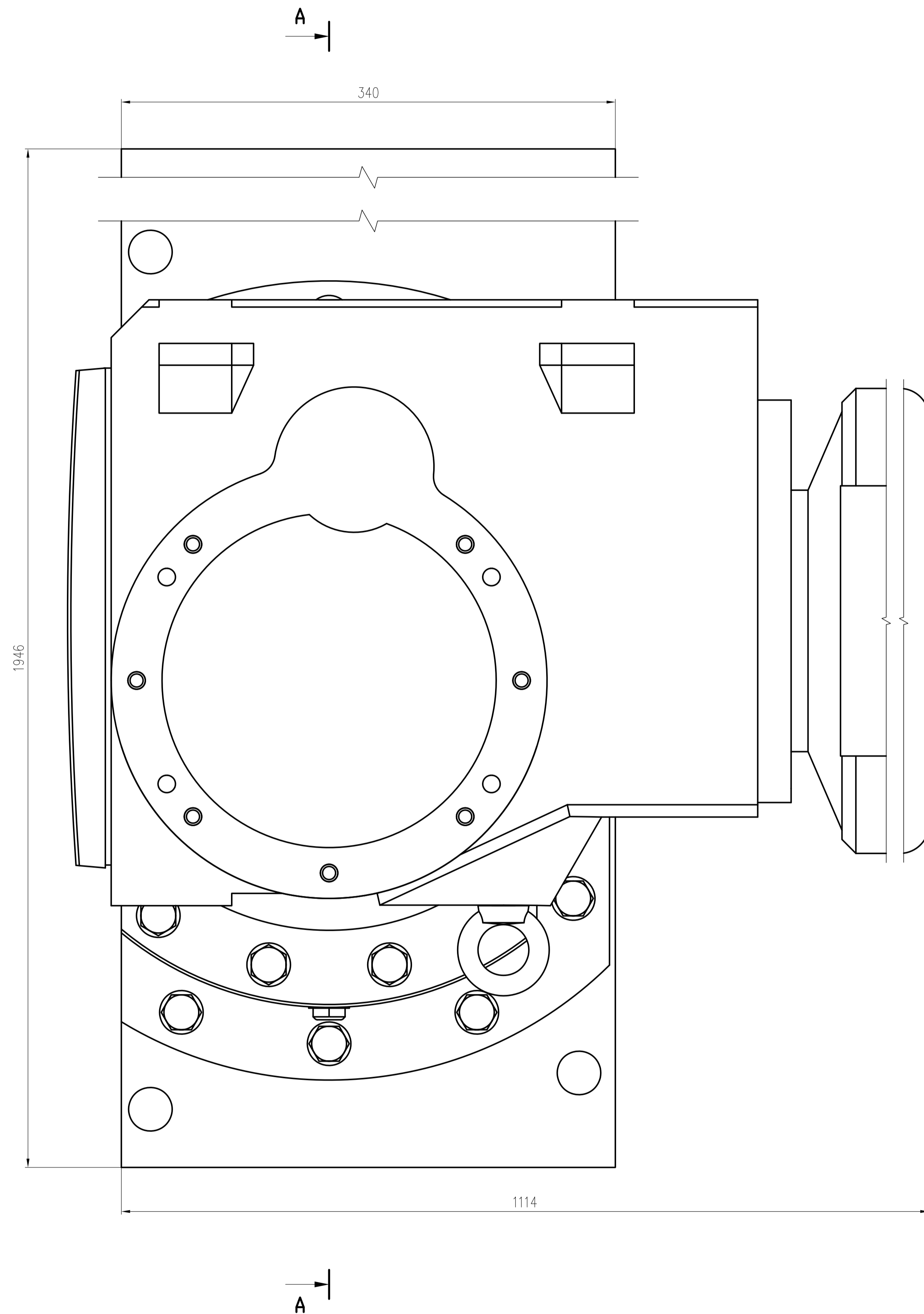
```

Nazev : Stavebni vytah	Stroj : Prevodovka
Autor : Svagr	05/15/14
SVAGR.dhl	List : 16

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 2          kolo 1          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          16          15          *
*  normalny modul          [mm]          8.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          .00          *
*  jednotkove posunuti          .079          .139          *
*  sirka          [mm]          40.00          45.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          14220.4          16220.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          785.          880.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          588.          635.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          250.          285.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 2
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]          *
*  zakladni smysl toceni          *
*  -740.00          217.00          8000.00          *
*  opacny smysl toceni          *
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 2          kolo 1          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]          *
*  ohyb          740.0          693.8          *
*  dotyk          740.0          693.8          *
*  obvodova rychlost [m/s]          *
*  ohyb          1.454          1.454          *
*  dotyk          1.454          1.454          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....          *****          *
*  ohyb          *          5.70          6.54          *          *
*  dotyk          *          1.22          1.21          *          *
*          *****          *
*
*****

```

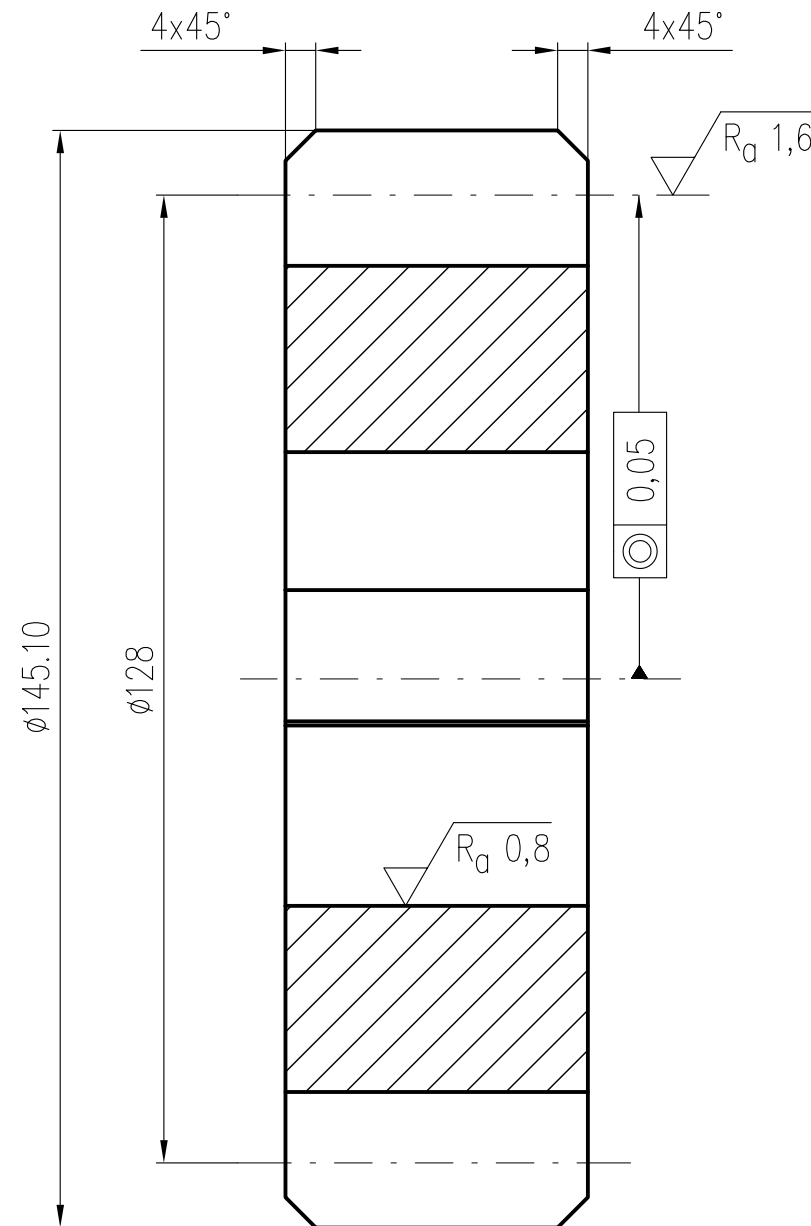
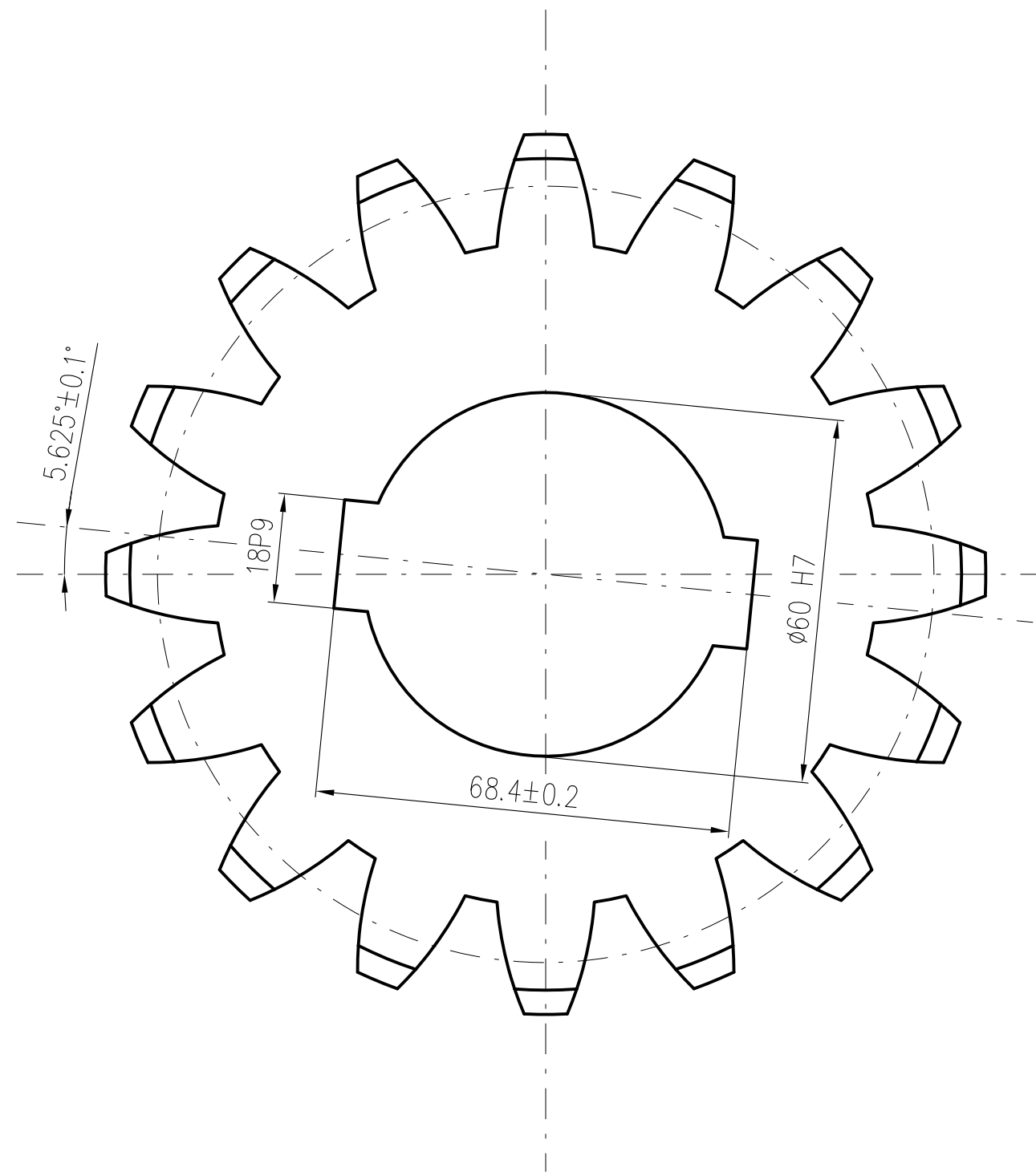
PŘEVODOVÁ SKŘÍŇ POZ. 3 – LEPIT TMELEM
 VÍČKO POZ. 10 – LEPIT TMELEM

Měřítko 1:2	Hmotnost (kg) 590,333	Projevitel ☐	Formát A1
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠVAGR M.	Název POHONNÁ JEDNOTKA	
	Datum 22.5.2014	Číslo dokumentu KKS-BP-01	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	List 1 List 7	

KUSOVNÍK				
POZICE	KS	POPIS SOUČÁSTI	MATERIÁL	HMOTNOST
1	1	PREVODOVY MOTOR SK 9052.1	KOMPOZIT	261 kg
2	1	SPODNI KRYT	11523.1	215,427 kg
3	1	PREVODOVA SKRIN	11523.1	49,205 kg
4	1	PRIRUBA	11523.1	23,972 kg
5	2	HRIDEL	15241.7	4,005 kg
6	1	CEJNI OZUBENE KOLO 1	16220.3	3,602 kg
7	2	CEJNI OZUBENE KOLO 2	14220.4	3,124 kg
8	2	CEJNI OZUBENE KOLO 3	16220.3	3,066 kg
9	2	KULICKOVE LOZISKO 6412	KOMPOZIT	2,716 kg
10	2	VICKO	11500.1	2,288 kg
11	2	VALECKOVE LOZISKO NUP 2211 ECML	KOMPOZIT	0,816 kg
12	2	ROZPERNY KROUZEK	12060	0,143 kg
13	9	SROUB CSN EN 24017 M16 x 65	11343	0,141 kg
14	8	SROUB CSN EN 24017 M16 x 55	11343	0,125 kg
15	2	POJISTNY KROUZEK 150 CSN 02 2931	14220	0,124 kg
16	2	PERO 20h9 x 12 x 70 CSN 02 2562	11600.1	0,123 kg
17	4	PERO 18h9 x 11 x 50 CSN 02 2562	11600.1	0,071 kg
18	4	PERO 16h9 x 10 x 45 CSN 02 2562	11600.1	0,052 kg
19	8	SROUB CSN 02 1143 A M12 x 35	11343	0,049 kg
20	2	VYPUSTNI SROUB M14 x 25	11500	0,040 kg
21	2	HRIDELOVE TESNENI 60X110X8 HMSA10V	KOMPOZIT	0,034 kg
22	8	KOLIK CSN 02 2173 A 12 x 40	11109.4	0,033 kg
23	1	POJISTNY KROUZEK 70 CSN 02 2930	14220	0,023 kg
24	20	SROUB M8 x 30 ISO 4762	11500	0,019 kg
25	17	PODLOZKA 16 CSN EN ISO 7089	11423	0,011 kg
26	2	POJISTNY KROUZEK 60 CSN 02 2930	14220	0,008 kg
27	4	POJISTNY KROUZEK 55 CSN 02 2930	14220	0,007 kg
28	17	PODLOZKA 16 CSN 02 1741	11423	0,006 kg
29	8	PODLOZKA CSN 02 1740 12	11423	0,002 kg

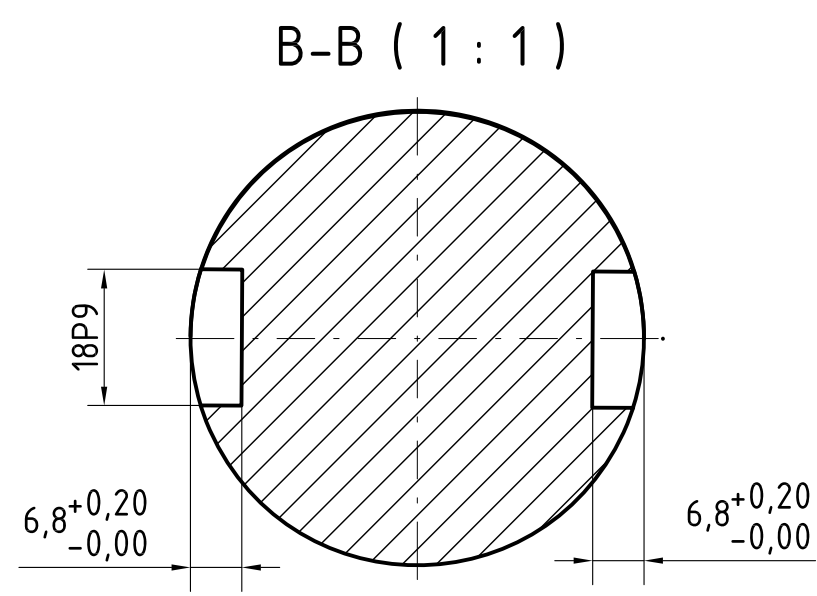
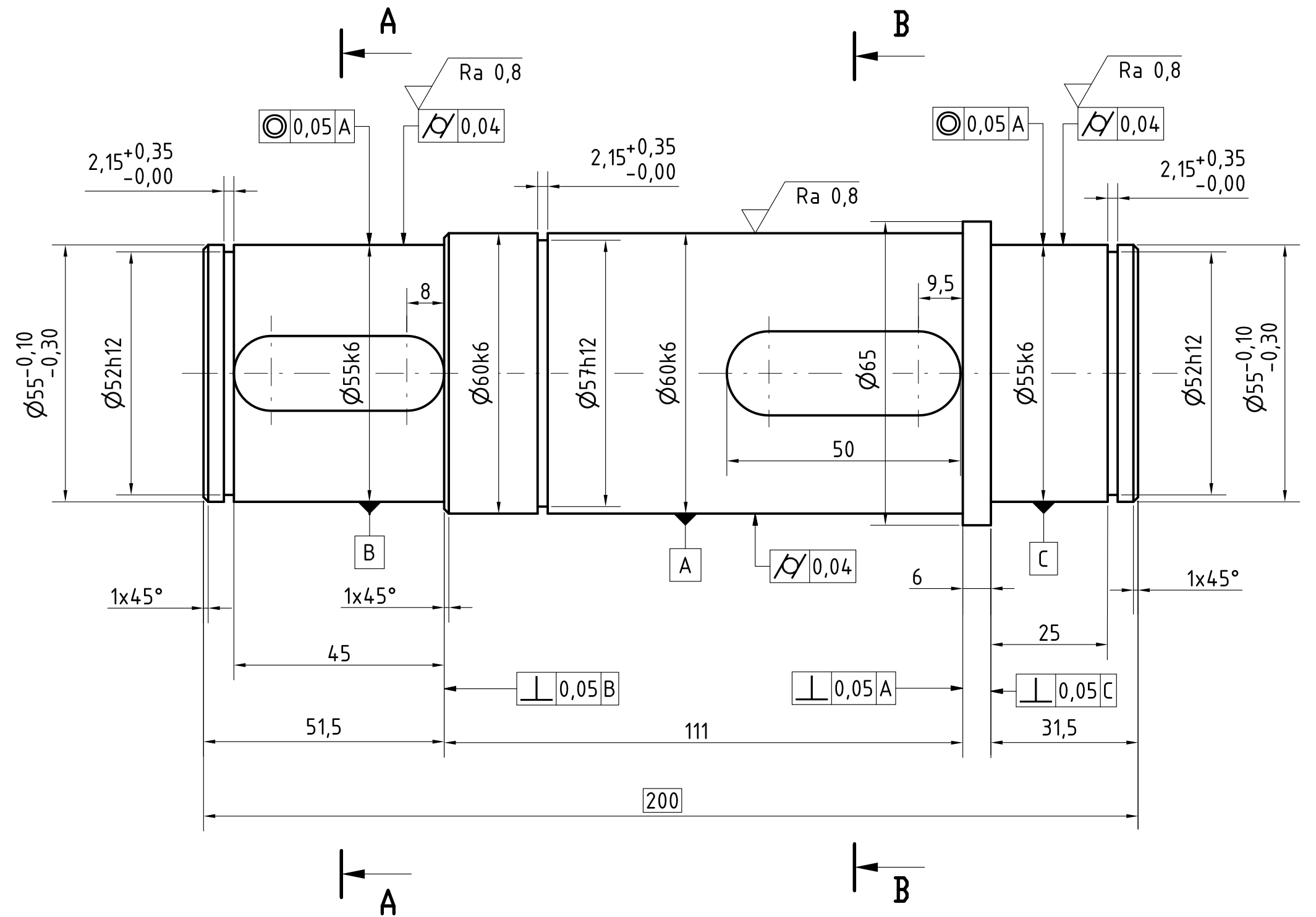
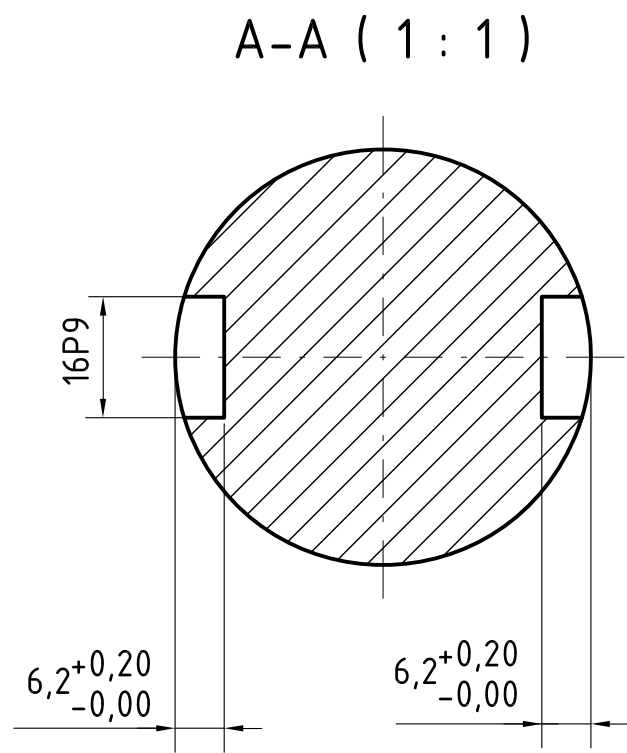
Měřítko 1:2	Hmotnost (kg) 590,333	Promítání 	Formát A4
----------------	--------------------------	--	--------------

 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠVAGR M.	Název POHONNÁ JEDNOTKA
	Datum 22.5.2014	Číslo dokumentu KKS-BP-01
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	List 2 Listů 7
	Datum	
Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY		

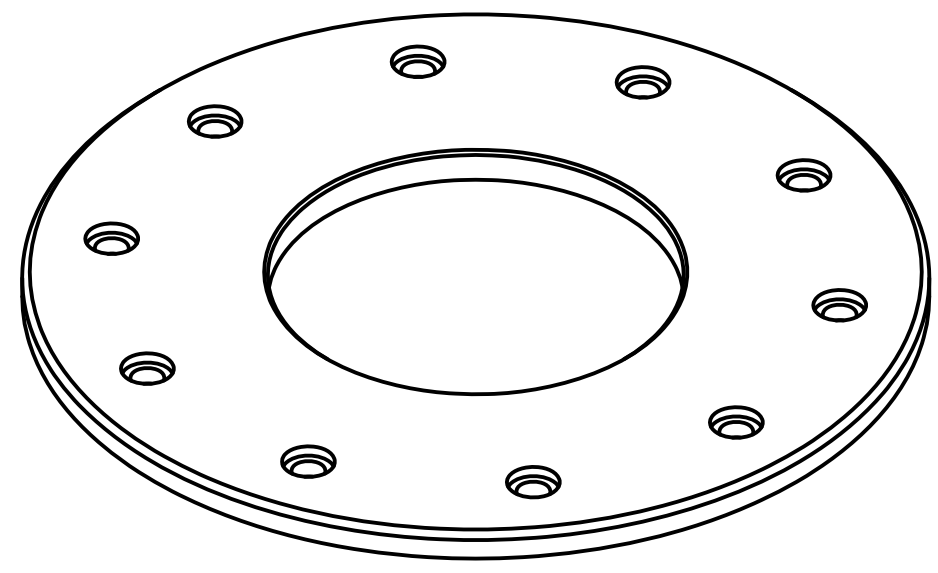
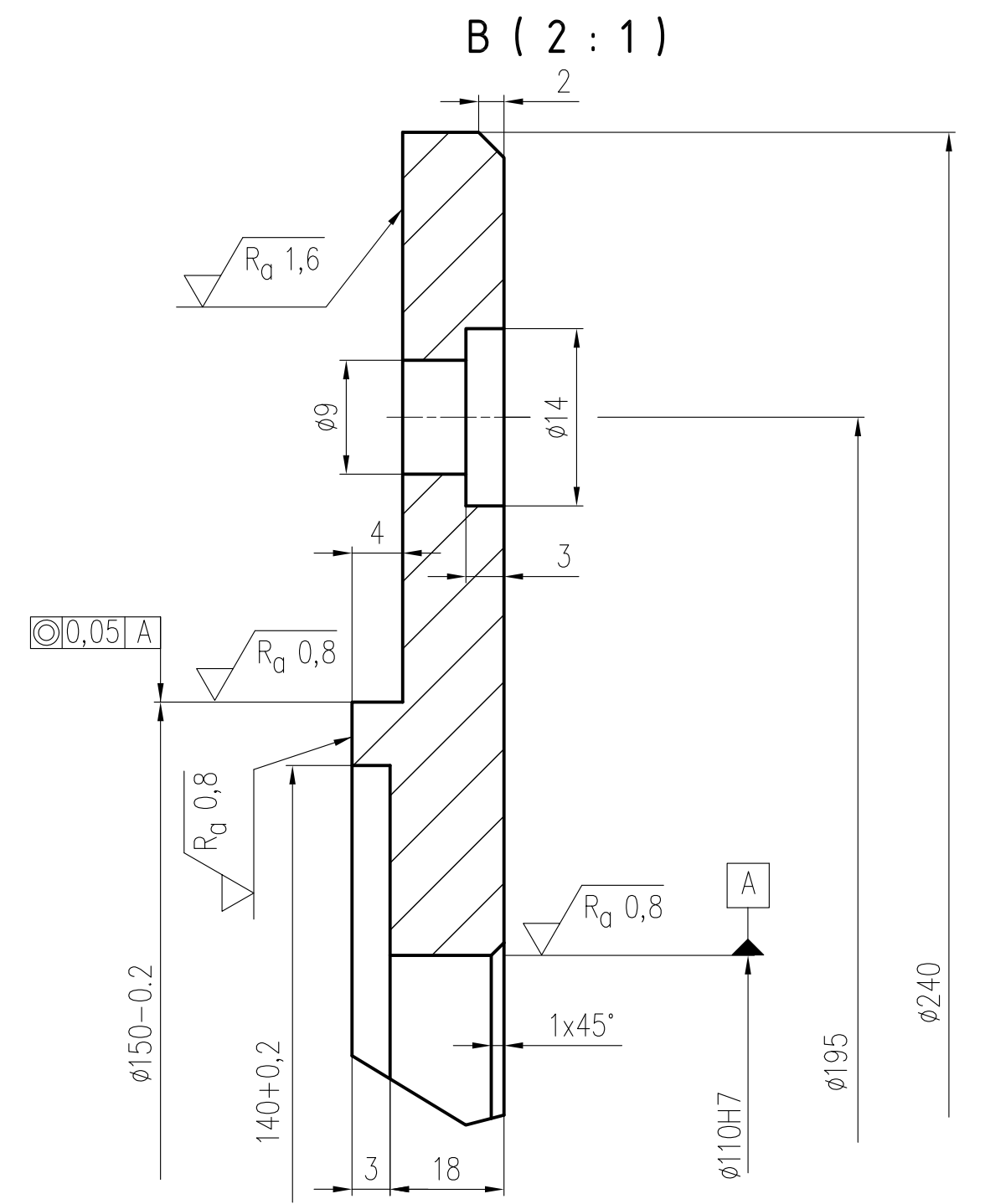
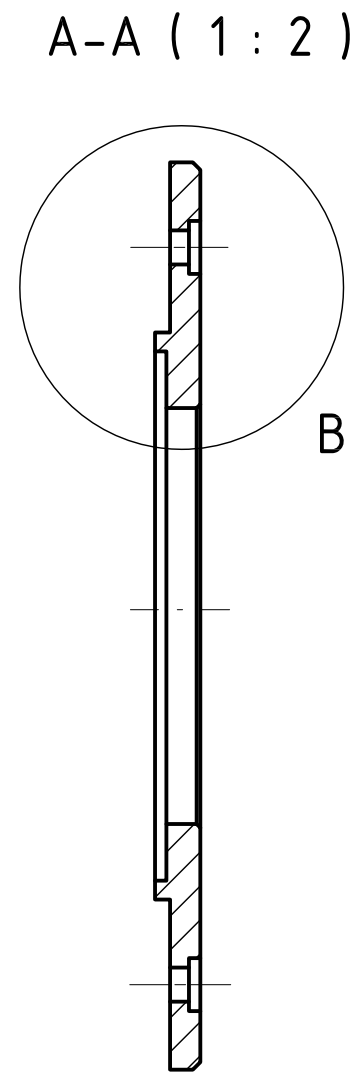
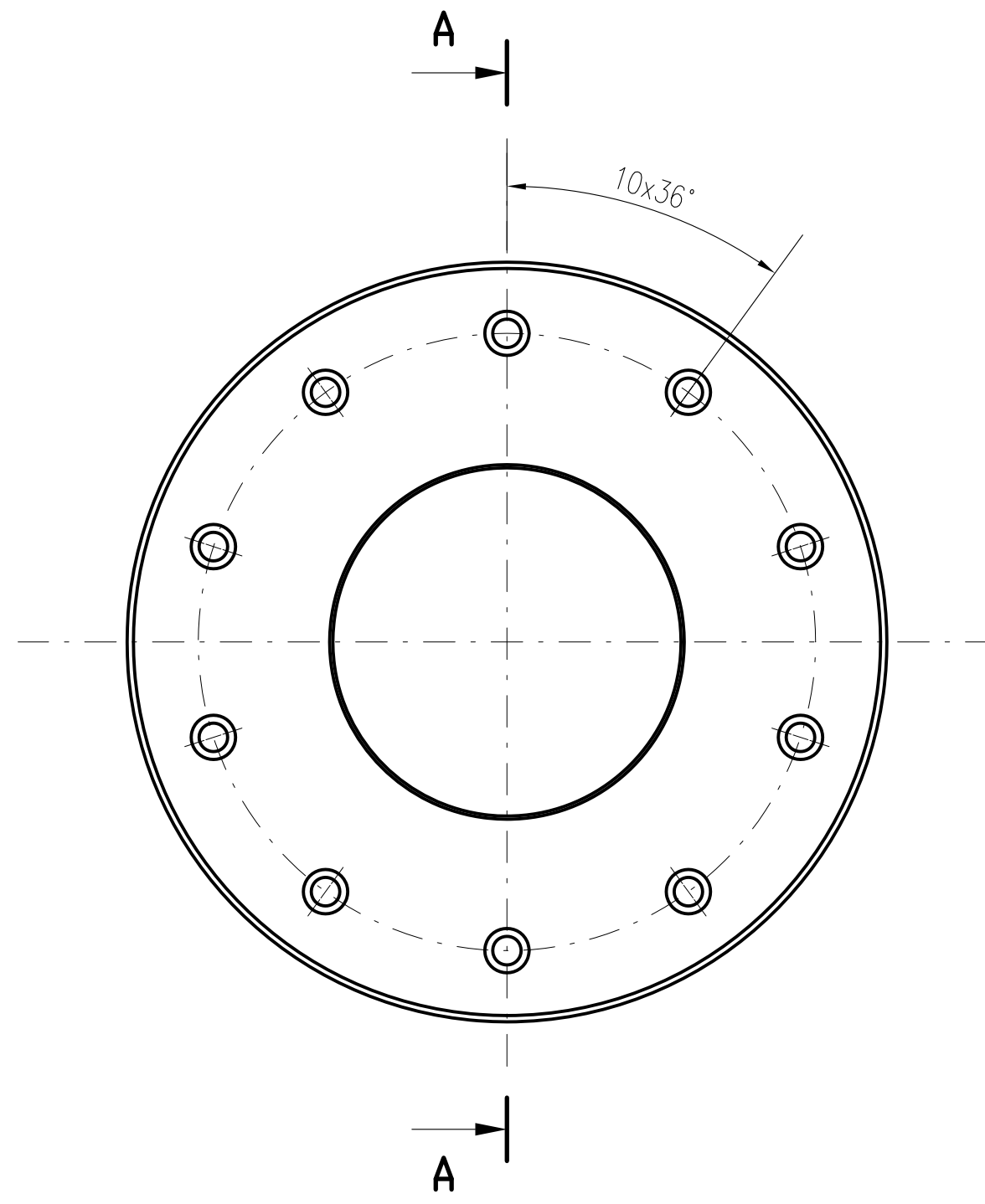


ČELNÍ OZUBENÍ	
ZUBY	ROVNÉ
MODUL	8
POČET ZUBŮ	16
ÚHEL ZÁBĚRU	20°
Ø ROZTEČNÉ KRUŽ.	128
VÝŠKA ZUBU	17.92
MÍRA PŘES 3 ZUBY	61.27 $^{+0.050}_{-0.120}$
JEDNOTKOVÉ POSUNUTÍ	0.0789

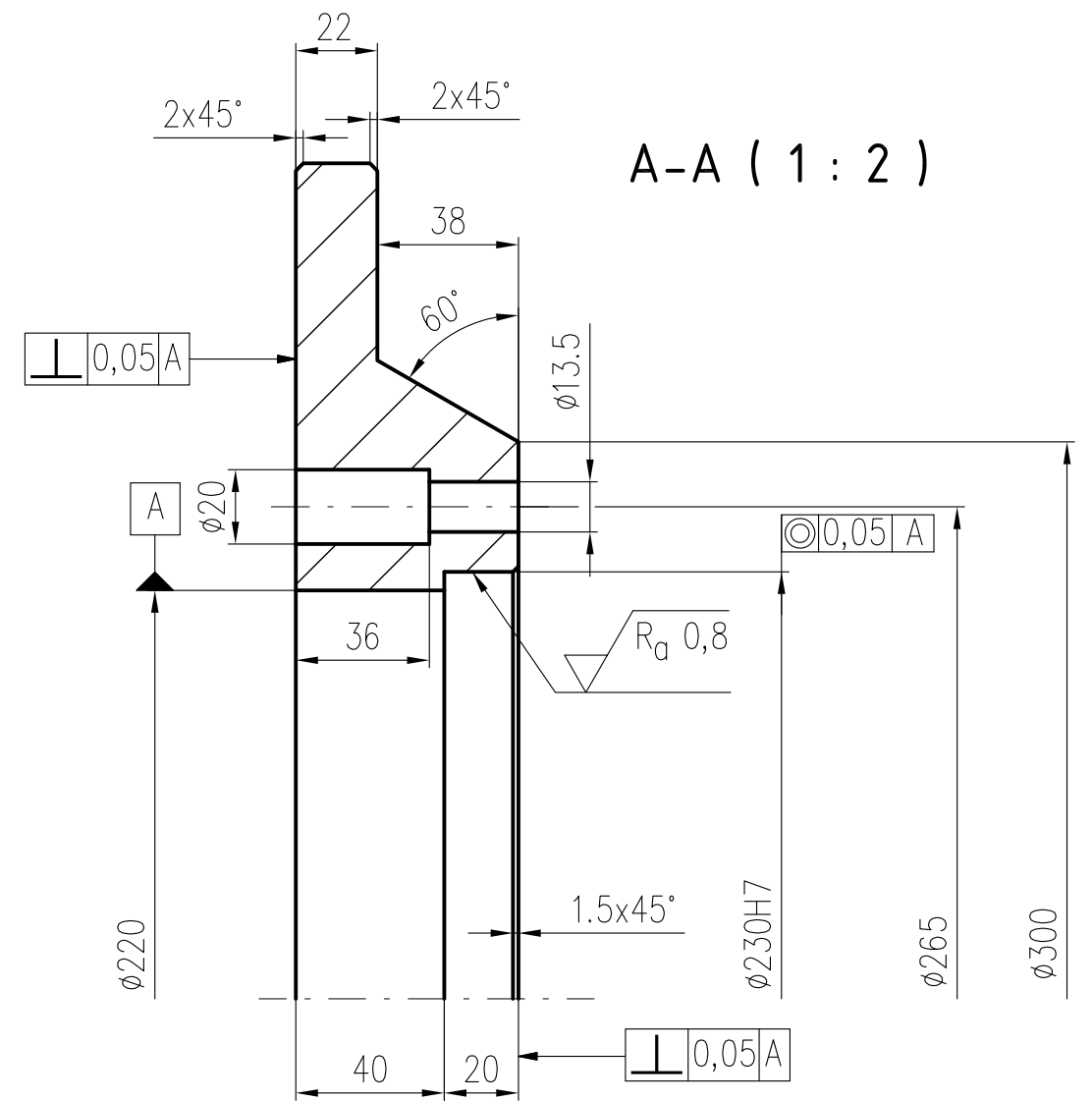
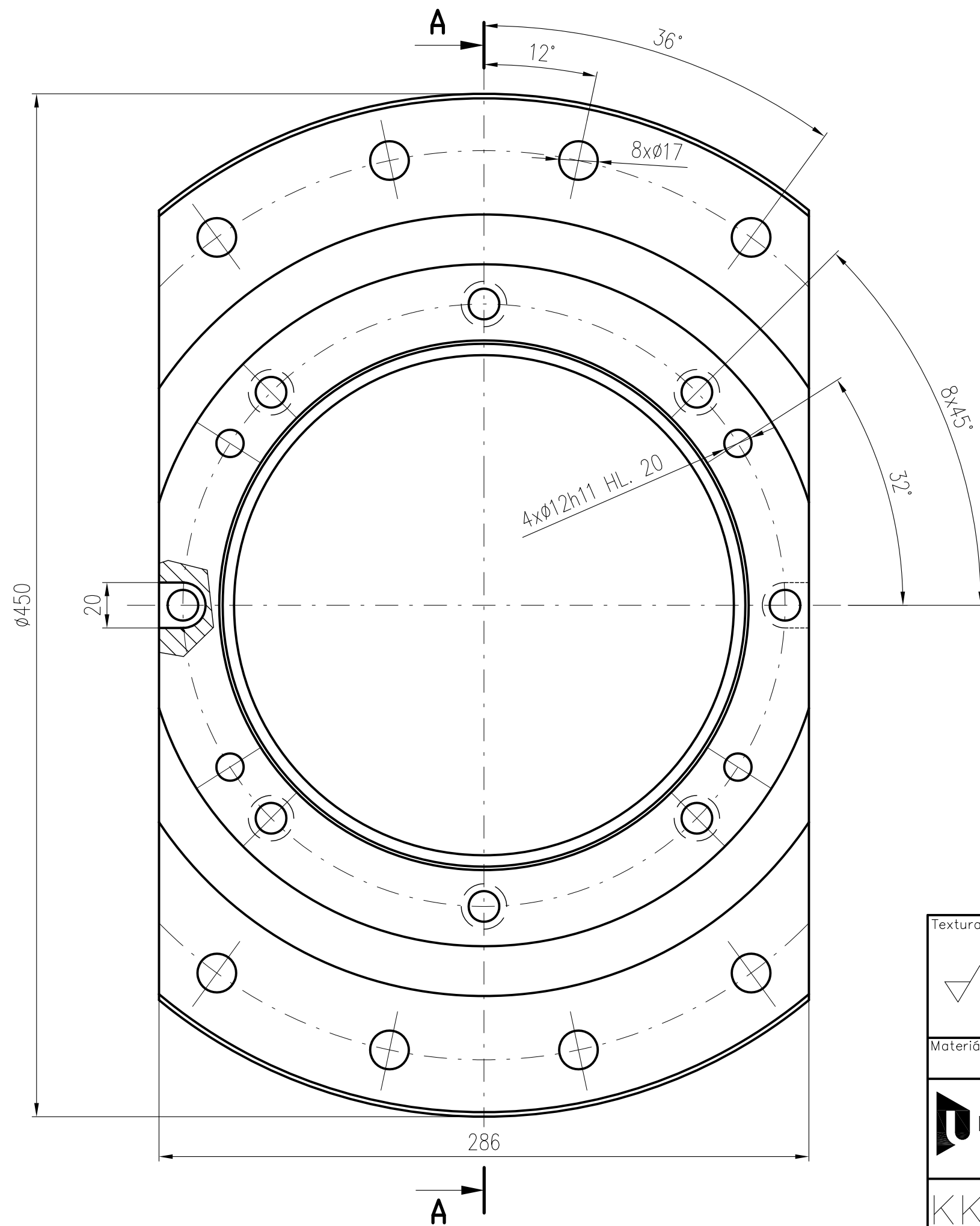
Textura povrchu $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1	Presnost ISO 2768-mK
		Hmotnost (kg) 3,124	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár 14220.4		Promítání	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠVAGR M.	Název OZUBENÉ KOLO 2	
	Datum 22.5.2014	Číslo dokumentu KKS-BP-02	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Formát A3	
	Datum	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	
		List: 3 Listů: 7	




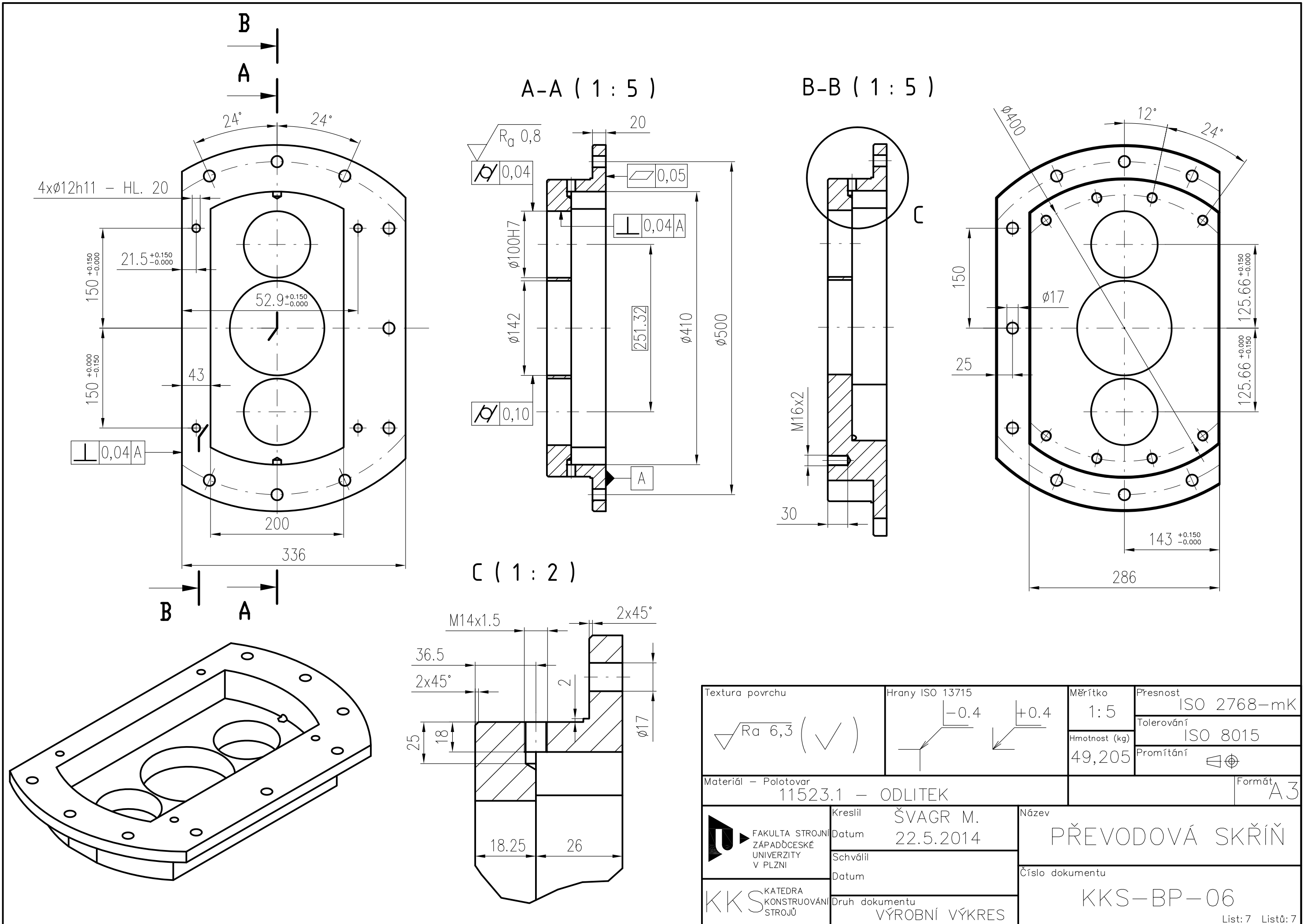
Textura povrchu $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)	Hrany ISO 13715 -0.4 / +0.4	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mK
		Hmotnost (kg) 4,005	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár 15323.1 - KR 65 - 220			Promítání \varnothing
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil ŠVAGR M.	Název HŘÍDEL	
	Datum 22.5.2014	Číslo dokumentu KKS-BP-03	
	Schválil		
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		




Textura povrchu $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)	Hrany ISO 13715 -0.4 / +0.4	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2768-mK
Materiál - Polotovar 11500.1	Kreslil ŠVAGR M.	Hmotnost (kg) 2,288	Tolerování ISO 8015
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Datum 22.5.2014	Formát A3	Promítání ☐ ⊕
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum	Název VÍČKO	Číslo dokumentu KKS-BP-04
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List: 5 Listů: 7



Textura povrchu $\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)	Hrany ISO 13715 -0.4 / +0.4	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2768-mK
		Hmotnost (kg) 23,972	Tolerování ISO 8015
			Promítání ☐ ⊕
Materiál - Polotovár 11523.1		Formát A3	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠVAGR M.	Název PŘÍRUBA	
	Datum 22.5.2014		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Číslo dokumentu KKS-BP-05	
	Datum	VÝROBNÍ VÝKRES	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List: 6 Listů: 7	



Textura povrchu $\sqrt{Ra 6,3} (\checkmark)$	Hrany ISO 13715 -0.4 +0.4	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768-mK
		Hmotnost (kg) 49,205	Tolerování ISO 8015
			Promítání $\square \oplus$
Materiál - Polotovár 11523.1 - ODLITEK		Formát A3	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil ŠVAGR M.	Název PŘEVODOVÁ SKŘÍŇ	
	Datum 22.5.2014		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Číslo dokumentu KKS-BP-06	
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	List: 7 Listů: 7	