



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

STROJ PRO LETNÍ ÚDRŽBU KRAJNIC A PŘÍKOPŮ

MACHINE FOR SUMMER MAINTENANCE THE ROAD SIDES AND DITCHES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ANTONÍN MARTINÁT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Antonín Martinát

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Stroj pro letní údržbu krajnic a příkopů

v anglickém jazyce:

Machine for summer maintenance the road sides and ditches

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte a vypracujte koncepci strojního zařízení pro údržbu příkopu. Navržené strojní zařízení musí být schopné kontinuálně odstraňovat z příkopu naplavenou zeminu s rostlinným porostem, především travnatého typu. Zařízení je určeno jako přídavné zařízení připojitelné na vybraný typ stavebního stroje nebo traktoru.

Technické parametry:

- Jmenovitý výkon zemního stroje: do 100kW.
- Typ pohonu přídavného zařízení: hydrostatický.
- Tlak hydraulického agregátu: dle parametrů voleného stroje.

Cíle bakalářské práce:

Vypracujte:

- rešeršní přehled používaného zařízení v této oblasti strojů
- koncepci vlastního návrhu strojního zařízení
- výpočtové řešení rozměrových a funkčních parametrů strojního zařízení
- kontrolní pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů

Nakreslete:

- sestavu strojního zařízení
- detailní části strojního zařízení dle pokynu vedoucího práce

Seznam odborné literatury:

VANĚK, A.: Moderní strojní technika a technologie zemních prací, Academia Praha, 2003

JERÁBEK, K. a kol.: Stroje pro zemní práce – silniční stroje, Ostrava, 1996

VANĚK, A.: Strojní zařízení pro stavební práce, 2. přeprac. vyd., Praha: Sobotáles, 1999, 301 s., ISBN: 80-85920-61-1

LIFT H.; HANSEL M.:Hydrauliksysteme in der Bau- und Kommunaltechnik, ed. Vogel Verlag Und Druck, 1991, s. 352, ISBN-10: 3-8023-0445-4, ISBN-13: 978-3-8023-0445-3

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan



ABSTRAKT

Tato práce se zabývá zařízením pro údržbu krajnic a příkopů. Nejprve je zde řešerše, ve které jsou uvedeny stroje a zařízení, které se k této činnosti používají. Poté následuje konstrukční část, obsahující návrh zvoleného řešení. Vybrané konstrukční uzly jsou výpočtově zkontrolovány.

K práci je přiložena výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

frézovací hlava, příkop, krajnice, letní údržba

ABSTRACT

The aim of this work is to design a machine for summer maintenance of the road sides and ditches. There is a research about the machine at the beginning, followed by a construction part, which includes some calculations of the chosen solution.

The work is accompanied by drawings.

KEYWORDS

milling head, ditch, road sides, summer maintenance



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MARTINÁT, A. *Stroj pro letní údržbu krajnic a příkopů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 39s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. května 2015

.....

Antonín Martinát



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce. Dále chci poděkovat své rodině a nejbližším za morální a finanční podporu během studia.



OBSAH

Úvod	9
1 Krajnice a příkopy	10
1.1 Voda na silnici	10
1.2 Krajnice.....	10
1.3 Příkopy.....	10
2 Stroje a zařízení pro letní údržbu vozovek	11
2.1 Stroje pro údržbu krajnic a příkopů	11
2.1.1 Frézy na krajnice a příkopy	11
2.1.2 Rypadla na krajnice a příkopy	12
2.2 Stroje na sekání a mulčování	13
2.2.1 Stranové sekání a mulčování	13
2.2.2 Příkopová ramena	13
2.2.3 Podsvodidlové sekačky	13
2.2.4 Sekačky na dálkové ovládání	13
2.3 Stroje na úklid a čištění	13
2.3.1 Zametání	14
2.3.2 Sběr trávy, odpadků	14
2.3.3 Kropící stroje	14
2.3.4 Čištění směrových sloupků, svodidel, dopravního značení a tunelů	14
2.4 Další stroje	15
3 Koncepce vlastního návrhu strojního zařízení.....	16
3.1 Výběr stroje a technické řešení příkopové frézy	16
3.1.1 Schéma a popis koncepce příkopové frézy.....	17
3.1.2 Volba hydromotoru	17
3.2 Výpočtové řešení rozměrových a funkčních parametrů strojního zařízení	18
3.2.1 Výpočet funkčních parametrů	18
3.2.2 Výpočet řemenového převodu.....	19
3.2.3 Výpočet rypného odporu	22
3.3 Kontrolní pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů	23
3.3.1 Hnací část – hřídel, řemenice, uložení.....	23
3.3.2 Hnaná část – osa, řemenice, nosná roura, uložení, frézovací hlava	26
Závěr.....	32
Seznam použitých zkratek a symbolů	35
Seznam příloh.....	39



ÚVOD

Téma bakalářské práce je mně blízké, protože jsem najezdil mnoho kilometrů na kole, tedy na dopravním prostředku, který je na krajnici téměř pořád. V bakalářské práci, kterou právě čtete, najdete níže nejprve informace o místě, tj. o krajnici a příkopě. Jsou zde také uvedeny činnosti, které je potřeba dělat, aby silnice a cesty byly bezpečné. Následují přehledy strojního zařízení, které se používají k údržbě krajnic a příkopů. Práce je zakončena vlastním řešením přídatného strojního zařízení, které je schopné kontinuálně odstraňovat z příkopu naplavenou zeminu s rostlinným porostem, především travnatého typu.



1 KRAJNICE A PŘÍKOPY

Aktuální zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu) v § 2 definuje: „*Krajnice je část povrchu pozemní komunikace ležící mezi okrajem přilehlého jízdního pruhu a hranou koruny pozemní komunikace, skládá se zpravidla ze zpevněné a nezpevněné části.*“ [1]

1.1 VODA NA SILNICI

Při projektování, stavění a údržbě silnic je důležité vybudovat a udržovat odvodňovací zařízení. Voda se do silničního tělesa dostane při vysokém stavu podzemní hladiny (tzv. spodní vody), průsakem z okolního území, pronikáním srážkové vody nebo vzlínáním podzemní vody. Aby se eliminovaly negativní účinky vody, zejména poškození silničního tělesa a snížení bezpečnosti, je potřeba odvodňovat. Pod zemí se odvodňuje trativody a kanalizací, povrchově pak příkopy a propustkami. [2]

1.2 KRAJNICE

Nezpevněnou část krajnice tvoří zemina, která je zhutněná. Povrch krajnice může tvořit např. štěrk, drť nebo písek. Kvůli zabezpečení odtoku vody z povrchu vozovky je potřeba zajistit, aby nezpevněná část krajnice výškově navazovala na zpevněnou část.

Při provozu dochází díky znečišťování k narůstání krajnic, tj. k jejich zvyšování nad úroveň vozovky. Vzniká tak val, zabraňující odtékání srážkové vody, který je potřeba pravidelně odstraňovat. [3]

1.3 PŘÍKOPY

Příkopy sbírají povrchovou vodu a odvádějí ji. Je potřeba, aby měly dostatečný průtočný profil, potřebnou hloubku a spád. Údržba příkopů spočívá jednak v čištění od listí, větví, suché trávy, štěrku, drtě a hlíny, jednak v upravování dna i svahů. [2]



2 STROJE A ZAŘÍZENÍ PRO LETNÍ ÚDRŽBU VOZOVEK

K úpravě příkopů, krajnic a vozovek se používají buď samostatné stroje, nebo přídavná zařízení. Přídavná zařízení se ke stavebnímu stroji nebo traktoru mohou připojit třemi způsoby:

- pomocí předního třibodového závěsu
- pomocí zadního třibodového závěsu
- pomocí upínací desky DIN 76060

Samostatné stroje mohou být jednoúčelové nebo víceúčelové. [4]

2.1 STROJE PRO ÚDRŽBU KRAJNIC A PŘÍKOPŮ

Pro údržbu krajnic a příkopů se používají stroje, jejichž pracovní orgán pracuje buď kontinuálně (frézy), nebo cyklicky (rypadla). [4]

2.1.1 FRÉZY NA KRAJNICE A PŘÍKOPY

Při frézování krajnic tvoří kontinuální pracovní orgán frézovací šnek. Ten seřezává krajnici a zároveň materiál odsouvá k podávacímu zařízení. Podávací zařízení materiál nakládá na dopravník. Dále materiál může pokračovat třemi způsoby. První možností je, že je nakládán na nákladní auto jedoucí před strojem. Druhou možností je naložení na nákladní auto jedoucí za strojem. Třetí řešení spočívá v nasměrování dopravníku za příkop a odhozu materiálu do volného prostranství. Stroj může být vybaven na svém konci zametacím zařízením. [4]



Obr. 1 Fréza na krajnice DÜCKER SBF 900 [5]



Při frézování příkopů se nepoužívá frézovací šnek, ale frézovací hlava. V praxi se používají dvě konstrukční řešení. Buď je osa rotace frézovací hlavy axiální, nebo radiální vzhledem k pohybu stroje. Označení radiální frézy se v tomto případě používá i při mírném úhlu natočení. Natočení se provádí kvůli změně profilu příkopu a také kvůli odhozu materiálu. Frézovací hlava je upevněna na příkopovém rameni. Pohyb ramene je hydraulický. Některé frézy neslouží pouze k renovaci příkopů, zvládnou i příkop vytvořit. [6]

Při údržbě příkopů, především lichoběžníkového tvaru, se používá jako pracovní orgán kontinuálně pracující válečkový řetěz, opatřený rozrývacími noži a vyhazovacími škrabkami. Mechanismus je podobně jako frézovací hlava připevněn na příkopovém rameni, které je ovládáno hydraulicky. Pohon řetězu může být hydraulický nebo mechanický. [4]

2.1.2 RYPADLA NA KRAJNICE A PŘÍKOPY

Rypadla se používají při strhávání nezpevněných částí krajnic, dále při profilaci příkopů nebo hloubení nových příkopů. [7]

MULAG HS 2400

Jedná se o speciální příkopové rypadlo na automobilním podvozku. Práce rypadla probíhá tak, že se nejprve upevní vhodná lžice (je jiná pro seřezávání krajnic a jiná pro hloubení nebo čištění příkopů). Příkopová lžice se dá přizpůsobit požadovanému profilu příkopu. Kabina obsluhy se vysune nad krajnici, respektive příkop. Tím je zaručen lepší výhled na práci. Seřezávání, čištění či hloubení probíhá tažením lopaty, tj. pohybem celého stroje. Po zaplnění objemu lopaty se stroj zastaví a vyprázdní lopatu do vlastní korby, která má objem $3,5m^3$. Korba umožňuje pomocí hydraulického systému zvednutí a vysypání vytěžené zeminy do nákladního auta. Pro představu uvádím, že např. třinápravový sklápěč Tatra Jamal má objem korby $12m^3$. [7] [8] [9] [10]



Obr. 2 MULAG HS 2400 při seřezávání krajnice [10]



Velkou skupinu strojů, kterými lze čistit, profilovat či vytvářet příkop a krajnici, tvoří rypadla uložená na kolovém, pásovém nebo automobilovém podvozku. [11]

Kolový podvozek a otočný svršek spolu kombinují schopnost dobré manipulace a rychlého pojezdu. Vyžadují k provozu ovšem zpevněnou komunikaci. Pásový podvozek je vhodný do těžkého terénu. Zaručuje velkou stabilitu. Největší výhodou automobilového podvozku je rychlá přeprava na místo výkonu práce. [11]

Dále se k vytváření nebo úpravě příkopů a krajnic používají rypadlo-nakladače. Jejich konstrukce může být buď s pevným rámem nebo s kloubovým rámem. Druhá zmíněná varianta umožňuje horizontální i vertikální natáčení. Stroj je proto vhodný do náročnějších podmínek. [11]

2.2 STROJE NA SEKÁNÍ A MULČOVÁNÍ

Zatravnění je přirozenou ochranou příkopů. Zabrání se tím vymílání dna a sesuvů svahů. Kvůli odtoku vody je však potřeba, aby tráva nepřesahovala výšku 10cm. K letním povinnostem proto patří pravidelné sečení nebo mulčování zeleně okolo silnic. Zeleň nezahrnuje jen trávu, ale i různé keřové a stromové nálety. [2] [12]

2.2.1 STRANOVÉ SEKÁNÍ A MULČOVÁNÍ

Zařízení používaná v této oblasti se využívají pro sekání nebo mulčování zeleně těsně vedle silnice. Mohou být vybavena bočním posuvem, možností náklonu nebo systémem, který se automaticky vyhne překážkám, zejména sloupkům a značkám. [13]

2.2.2 PŘÍKOPOVÁ RAMENA

Příkopové rameno může být umístěno na přední části stroje, mezi nápravami nebo na zadní části stroje. Na konci ramene se nachází žací hlava. Důležitým údajem je délka bočního dosahu (běžně 3 ÷ 8m). Žací hlava se dá naklánět, zpravidla v rozsahu 180 ÷ 245°. [12]

2.2.3 PODSVODIDLOVÉ SEKAČKY

K sekání okolo patníků, dopravních značek a pod svodidly se používá zařízení, jehož pracovní nástroj tvoří dvě rotační žací hlavy. Zařízení je vybaveno senzory, které detekují kontakt s překážkou. Ta je potom automaticky obsekána kolem dokola. Tento systém řešení nezanechává kolem překážek téměř žádnou zbytkovou trávu. [14]

2.2.4 SEKAČKY NA DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ

Sekačky na dálkové ovládání se používají pro sečení míst, která jsou hůře přístupná nebo nedostupná pro běžné žací stroje. Mohou mít kolový nebo pásový podvozek. Svahová dostupnost bývá běžně přes 40°. [11]

2.3 STROJE NA ÚKLID A ČIŠTĚNÍ

Nečistoty zhoršují stav povrchu komunikace z hlediska potřeb dopravy, hygieny a estetiky. Úklid a čištění se provádí podle potřeby, ale vždy při výskytu hrubého znečištění. [3]



2.3.1 ZAMETÁNÍ

Silniční zametače se dají dělit podle více vlastností. Jednou z možností je dělení podle způsobu nakládání se smetky. Buď silniční zametač pouze smetá nečistoty z povrchu vozovky nebo je vybaven zařízením pro sběr smetků. [4]

Kartáče nemusejí být jen rotační, používají se i tlačené kartáče. Ty mají výhodu v tom, že od nich neodlétávají části zametaného materiálu a také jsou méně prašné. [15]

Další možností je využití agresivních kartáčů. Ty jsou schopny odstranit plevele mezi dlažbou, kolem cest nebo chodníků. [16]

2.3.2 SBĚR TRÁVY, ODPADKŮ

Ke sběru zejména posekané zeleně okolo silnic se používají sběrná příkopová ramena. Odpad se nakládá zpravidla na přívěs sběrného stroje. [10]



Obr. 3 Sběr odpadků [10]

2.3.3 KROPÍCÍ STROJE

Voda, která je pod tlakem stříkána na povrch vozovky, jednak smývá pevné částice nečistot, ale také v horkých letních dnech způsobuje osvěžení vzduchu. [4]

2.3.4 ČIŠTĚNÍ SMĚROVÝCH SLOUPKŮ, SVODIDEL, DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ A TUNELŮ

Hlavními příčinami nečistot jsou pyl, výfukové plyny a prach. Čištění probíhá zpravidla na jaře, kdy není takové nebezpečí zastříkání blátem. Kvůli složitějším pohybům při mytí je typická pro přídatná zařízení vysoká flexibilita. Zařízení obsahuje rotační kartáče, trysky a dávkovač mycího saponátu. Tlakové mytí se používá buď samostatně nebo jako doplněk k čištění kartáči. [2] [10]



Obr. 4 Čištění dopravní značky [10]

2.4 DALŠÍ STROJE

Údržba kolem krajů silnic výše uvedenými úkony ještě nekončí. Dále je zapotřebí, aby na silnicích bylo viditelné vodorovné značení. K tomuto účelu se používají malé, ručně vedené stroje, střední a velké samojízdné značkovací stroje nebo velké nákladní značkovací automobily. [17]

Technika se využívá i při ořezávání stromů, keřů a živých plotů okolo silnic. Používají se příkopová ramena zakončena protiběžnou lištou na dřeviny nebo hlavicí, která používá pro ořezávání několik kotoučových pil v řadě vedle sebe. [18] [10]

Speciální stroje se používají k údržbě krajnic a příkopů kolem vodních toků. Nachází se zde totiž mnoho vzácných druhů zvířat. Posečená tráva a rákosí se otočným ramenem shromáždí. K naložení se používá speciální lopata připomínající koš. Ta může být také opatřena na svém spodním okraji žací lištou. Lopatou se dají i vybírat předměty z vodních toků bez nabírání vody či zeminy. [10] [19]



3 KONCEPCE VLASTNÍHO NÁVRHU STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

3.1 VÝBĚR STROJE A TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PŘÍKOPOVÉ FRÉZY

K čištění příkopů použiji radiální frézovací hlavu. Jako pracovní stroj volím traktor Zetor Proxima Plus 100, jehož vybrané technické údaje jsou vypsány v Tab. 1. Frézovací hlava se zavěsí na hydraulicky ovládané příkopové rameno. Příkopové rameno se upevní na přední tříbodový závěs. Podle mého názoru je toto řešení nejkomfortnější. Řidič vidí práci před sebou a nemusí se otáčet.

Tab. 1 Zetor Proxima Plus 100 - technické údaje [20]

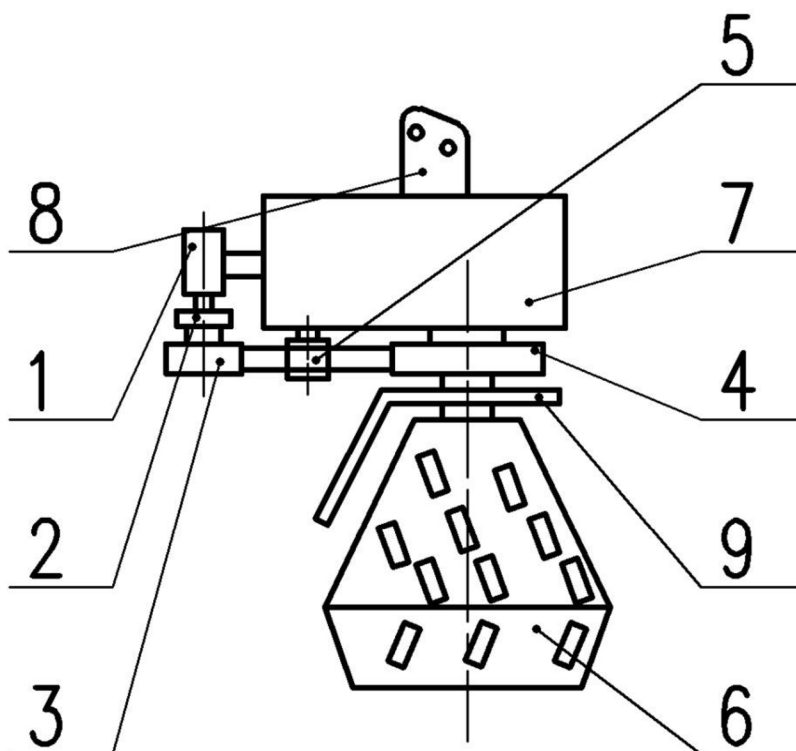
Výkon traktoru	70,3kW
Tříbodový závěs	Kategorie II
Pracovní tlak	19MPa
Dodávka čerpadla	50 l/min



Obr. 4 Traktor Zetor Proxima Plus 100 [20]



3.1.1 SCHÉMA A POPIS KONCEPCE PŘÍKOPOVÉ FRÉZY



Obr. 5 Schéma

Krouticí moment je z hydromotoru (1) přenášen na hnací řemenici (3). Výstupní hřídel hydromotoru nemůže být namáhána na ohyb, ale pouze na krut. Proto je do sestavy zařazena pevná nepružná spojka (2) a hnací řemenice je uložena odděleně mezi dvěma ložisky.

Řemenový převod má dvě funkce. První je redukce otáček. Druhá funkce je pojistná. Kdyby se frézovací hlava o něco velkého zasekla, protočí se řemen v řemenici a zařízení zůstane nepoškozeno. Napínání řemenového převodu je řešeno pomocí napínací kladky (5).

Hnaná řemenice (4) je uložena na ose. Krouticí moment se z ní přenáší na frézovací hlavu (6) přes přírubu.

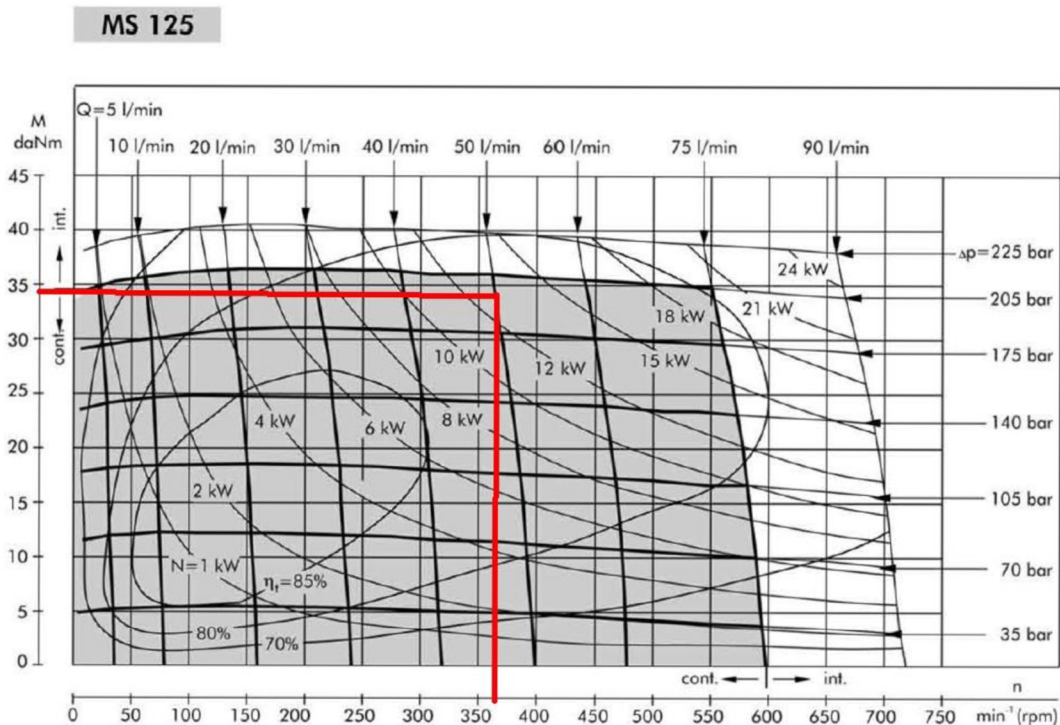
Vše je uchyceno ke svařovanému rámu (7), jenž se přes upínací zařízení (8) spojí s příkopovým ramenem.

Kryt (9) usměřňuje odlétající materiál za příkop a zabraňuje velkému zanesení celého zařízení.

3.1.2 VOLBA HYDROMOTORU

Volím orbitální hydromotor s označením MS 125 [21]. Z grafu, viz Obr. 6 odečítám:

- Krouticí moment $M_K = 340 Nm$
- Provozní otáčky $n_1 = 360 min^{-1}$



Obr. 6 Charakteristika orbitálního hydromotoru MS 125 [21]

3.2 VÝPOČTOVÉ ŘEŠENÍ ROZMĚROVÝCH A FUNKČNÍCH PARAMETRŮ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

Radiální příkopové frézy mají větší rozměry než frézy axiální. Kvůli velikosti volím výstupní otáčky $n_2 = 200 \text{ min}^{-1}$.

3.2.1 VÝPOČET FUNKČNÍCH PARAMETRŮ

PŘEVODOVÝ POMĚR:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

$$i = \frac{360}{200} = 1,8$$

ÚHLOVÉ RYCHLOSTI ŘEMENIC:

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 \quad (2)$$

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 360}{60} = 37,7 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot n_2 \quad (3)$$

$$\omega_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 200}{60} = 20,9 \text{ rad/s}$$

**VÝKON ZAŘÍZENÍ**

$$P = M_K \cdot \omega_1 \quad (4)$$

$$P = 340 \cdot 37,7 = 12818W$$

3.2.2 VÝPOČET ŘEMENOVÉHO PŘEVODU

Podle otáček hnané řemenice a přenášeného výkonu volím na základě grafu ze Strojnických tabulek [22 str. 537] řemen typu C. Dále volím doporučený výpočtový průměr hnací řemenice $D_1 = 280mm$ [22 str. 535].

VÝPOČTOVÝ PRŮMĚR HANÉ ŘEMENICE dle [22 str. 544]

$$D_2 = i \cdot D_1 \quad (5)$$

$$D_2 = 1,8 \cdot 280 = 500mm \text{ (zaokrouhleno viz [22 str. 535])}$$

OBVODOVÁ RYCHLOST ŘEMENE

$$v_o = D_1 \cdot \pi \cdot n_1 \quad (6)$$

$$v_o = \frac{280 \cdot \pi \cdot 360}{1000 \cdot 60} = 5,28 m/s$$

OBVODOVÁ SÍLA

$$F_o = \frac{2 \cdot M_K}{D_1} \quad (7)$$

$$F_o = \frac{2 \cdot 340 \cdot 1000}{280} = 2429N$$

KROUTICÍ MOMENT NA HANÉ ŘEMENICI

$$M_{K2} = \frac{F_o \cdot D_2}{2} \quad (8)$$

$$M_{K2} = \frac{2429 \cdot 500}{2 \cdot 1000} = 607Nm$$

PRACOVNÍ PŘEDPĚTÍ ŘEMENE dle [22 str. 544]

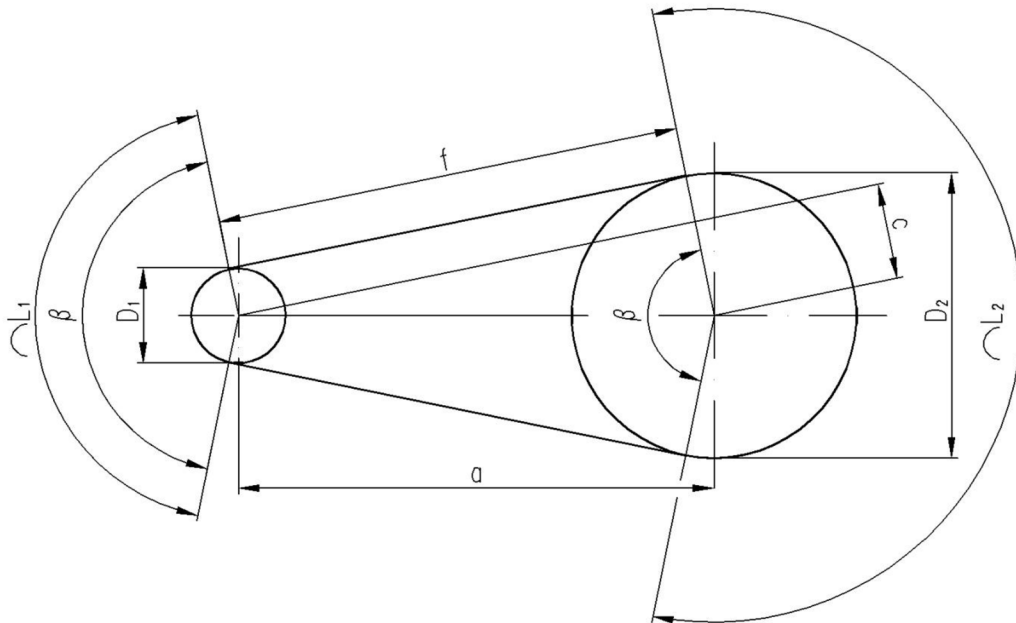
$$F_U = 1,8 \cdot F_o \quad (9)$$

$$F_U = 1,8 \cdot 2429 = 4372N$$



STANOVENÍ VÝPOČTOVÉ DÉLKY ŘEMENE

Nejprve jsem spočítal předběžnou osovou vzdálenost řemenic. Pak jsem vypočítal po částech (viz Obr. 7) délku řemene.



Obr. 7 Výpočet délky řemene

OSOVÁ VZDÁLENOST ŘEMENIC dle [22 str. 544]

$$0,7 \cdot (D_1 + D_2) < a < 2 \cdot (D_1 + D_2) \quad (10)$$

$$0,7 \cdot (280 + 500) < a < 2 \cdot (280 + 500)$$

$$546\text{mm} < a < 1560\text{mm}$$

Volím $a = 1000\text{mm}$.

DÉLKA ŘEMENE dle [22 str. 544]

$$L = L_1 + L_2 + 2 \cdot f \quad (11)$$

$$L = 409 + 840,5 + 2 \cdot 993,9 = 3237,3\text{mm}$$

Kde pro výpočet délky řemene jsem vycházel z geometrických vztahů Obr. 7.

$$c = \frac{D_2 - D_1}{2} \quad (12)$$

$$c = \frac{500 - 280}{2} = 110\text{mm}$$



$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{c}{a} \quad (13)$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{110}{1000} \rightarrow \beta = 167,37^\circ$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{f}{a} \rightarrow f = a \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad (14)$$

$$f = 1000 \cdot \sin \frac{167,37}{2} = 993,9 \text{ mm}$$

$$L_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{360} \cdot \beta \quad (15)$$

$$L_1 = \frac{\pi \cdot 280}{360} \cdot 167,37 = 409 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{\pi \cdot D_2}{360} \cdot (360 - \beta) \quad (16)$$

$$L_2 = \frac{\pi \cdot 500}{360} \cdot (360 - 167,37) = 840,5 \text{ mm}$$

kde

c, f, L_1, L_2 [mm] jsou rozměry viz Obr. 7

β [°] je úhel viz Obr. 7

L [mm] je předběžná délka řemene

Dle [22 str. 531] volím normalizovanou výpočtovou délku řemene $L_p = 3150 \text{ mm}$.

K napínání řemene využiji napínací kladku. S ohledem na tento způsob řešení a také na to, že jsem zvolil kratší délku řemene, než byla vypočtena, upravuji osovou vzdálenost řemenic na $a_s = 950 \text{ mm}$. Podmínka (10) je nadále splněna.

Jmenovitý výkon převodu s jedním řemenem N_o je uveden v tabulce viz [22 stránky 538-539]. Pro otáčky n_1 ale tabulka nemá hodnoty. Využil jsem lineární aproximace a vypočítal $N_o = 5340 \text{ W}$.

STANOVENÍ POČTU ŘEMENŮ dle [22 stránky 538-541]

$$Z = \frac{P}{N_p} \quad (17)$$

$$Z = \frac{12818}{3625} = 3,5$$

kde

N_p [W] je výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu



$$N_p = N_o \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_p} \quad (18)$$

$$N_p = 5340 \cdot \frac{0,98 \cdot 0,97}{1,4} = 3625W$$

kde

C_α [1] je součinitel úhlu opásání

C_L [1] je součinitel vlivu délky řemene

C_p [1] je součinitel dynamičnosti a pracovního režimu

Z výpočtu (18) plyne, že je potřeba použít 4 řemeny.

3.2.3 VÝPOČET RYPNÉHO ODPORU

Jedná se o odpor materiálu proti vnikání břitu nože. [23]

MAXIMÁLNÍ PRACOVNÍ SÍLA

$$F_p = \frac{2 \cdot M_{K2}}{D_{max}} \quad (19)$$

$$F_p = \frac{2 \cdot 607 \cdot 1000}{1420} = 855N$$

kde

D_{max} [mm] je největší navržený průměr frézovací hlavy

POSUV FRÉZOVACÍ HLAVY NA ZUB

Na obvodu frézovací hlavy navrhují počet zubů $z_H = 10$. Pracovní pojezdovou rychlost pracovního stroje navrhují $v_{ps} = 3 \text{ km/h}$.

$$s_z = \frac{v_{ps}}{z_H \cdot n_2} \quad (20)$$

$$s_z = \frac{3 \cdot 60}{3,6 \cdot 10 \cdot 200} = 0,025m$$

RYPNÝ ODPOR

Standardní hloubku řezu volím $H = 0,05m$. Součinitel odporu pro pevně usazenou zeminu je dle [23] $p_{od} = 3,2 \cdot 10^5 Pa$.

$$R_o = p_{od} \cdot H \cdot s_z \quad (21)$$

$$R_o = 3,2 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 0,025 = 400N$$



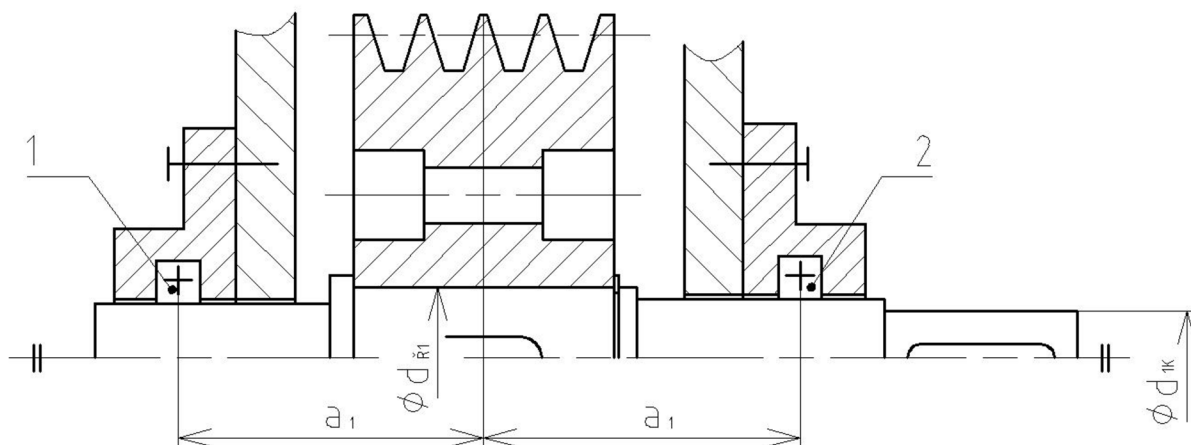
Rypný odpor je menší než maximální pracovní síla. Výkon hydromotoru je dostatečný.

3.3 KONTROLNÍ PEVNOSTNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

Důležité konstrukční uzly jsou hnací a hnaná část. Rozměry jednotlivých komponent jsem volil při vytváření 3D modelu v Inventoru. Níže provedené výpočty jsou převážně kontrolní.

3.3.1 HNACÍ ČÁST – HŘÍDEL, ŘEMENICE, ULOŽENÍ

Uložení hnací části se skládá z hřídele, hnací řemenice, rámu, dvou ložiskových domků, dvou per a pojistného kroužku viz Obr. 8.



Obr. 8 Schéma uložení hnací části

ZATÍŽENÍ HNACÍHO HŘÍDELE

Na hřídel působí kroučící moment od hydromotoru, dále radiální síla přenášená řemenovým převodem a v axiálním směru počítám s tíhovou silou. Hmotnost hnací hřídele je dle Inventoru $m_{H1} = 7\text{kg}$ a hmotnost hnací řemenice je $m_{\text{ř}1} = 35\text{kg}$.

$$m_{C1} = m_{H1} + m_{\text{ř}1} \quad (22)$$

$$m_{C1} = 35 + 7 = 42\text{kg}$$

TÍHOVÁ SÍLA HNACÍ ČÁSTI

$$F_{G1} = m_{C1} \cdot g \quad (23)$$

$$F_{G1} = 42 \cdot 9,81 = 412\text{N}$$

SÍLA ZATĚŽUJÍCÍ LOŽISKO 1 A 2



$$F_{R1} = \frac{F_o}{2} \quad (24)$$

$$F_{R1} = \frac{2429}{2} = 1215N$$

MINIMÁLNÍ PRŮMĚR NA KONCI HŘÍDELE

Dovolené napětí v krutu pro materiál hřídele (volím ocel 11 500) je dle [22] $\tau_{KD} = 55MPa$.

$$d_{min1} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{KD}}} \quad (25)$$

$$d_{min1} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 340 \cdot 1000}{\pi \cdot 55}} = 31,6mm$$

Z konstrukčních důvodů volím vyšší normalizovaný konec hřídele dle [22 str. 176] $d_{1K} = 40mm$.

KONTROLA LOŽISEK 1 A 2

Volím dva stejné ložiskové domky dle [24] s označením LEF (UCF) 210, které obsahují ložiska s označením LE (UC) 210.

STATICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA 1 A 2

Součinitele jsou dle [25] $X_{01} = 0,6$ a $Y_{01} = 0,5$

$$F_{ES1} = X_{01} \cdot F_{R1} + Y_{01} \cdot F_{G1} \quad (26)$$

$$F_{ES1} = 0,6 \cdot 1215 + 0,5 \cdot 412 = 935N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ES1} < C_{01}$ ($935N < 21000N$)

DYNAMICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA 1 A 2

Součinitele jsou dle [25] $X_1 = 0,56$; $Y_1 = 2,3$ a $V_1 = 1,2$

$$F_{ED1} = V_1 \cdot X_1 \cdot F_{R1} + Y_1 \cdot F_{G1} \quad (27)$$

$$F_{ED1} = 1,2 \cdot 0,56 \cdot 1215 + 2,3 \cdot 412 = 1764N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ED1} < C_1$ ($1764N < 35100N$)

ŽIVOTNOST LOŽISKA V PROVOZNÍCH HODINÁCH

$$L_{h1} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot \left(\frac{C_1}{F_{ED1}} \right)^3 \quad (28)$$

$$L_{h1} = \frac{10^6}{60 \cdot 360} \cdot \left(\frac{35100}{1764} \right)^3 = 3,6 \cdot 10^5 h$$



KONTROLA HŘÍDELE NA KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Vzdálenost $a_1 = 129,25\text{mm}$ je konstrukčně navržena.

$$M_{o1max} = F_{R1} \cdot a_1 \quad (29)$$

$$M_{o1max} = 1215 \cdot 129,25 = 157039\text{N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{K1} = \frac{32 \cdot M_{o1max}}{\pi \cdot d_{R1}^3} \quad (30)$$

$$\sigma_{K1} = \frac{16 \cdot 157039}{\pi \cdot 60^3} = 3,7\text{MPa}$$

$$\tau_{K1} = \frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot d_{R1}^3} \quad (31)$$

$$\tau_{K1} = \frac{16 \cdot 340 \cdot 1000}{\pi \cdot 60^3} = 8\text{MPa}$$

$$\sigma_{red1} = \sqrt{\sigma_{K1}^2 + 3 \cdot \tau_{K1}^2} \quad (32)$$

$$\sigma_{red1} = \sqrt{3,7^2 + 3 \cdot 8^2} = 14,3\text{MPa}$$

Hřídel vyhovuje neboť $\sigma_{red1} < \sigma_{redD}$ ($14,3\text{MPa} < 50\text{MPa}$).

DOVOLENÝ TLAK NA BOCÍCH DRÁŽEK V NÁBOJI dle [26 str. 1081]

$$p_{DN} = 0,8 \cdot p_0 \quad (33)$$

$$p_{DN} = 0,8 \cdot 150 = 120\text{MPa}$$

kde

p_0 [MPa] je základní hodnota tlaku pro náboj dle [26 str. 1081]

VÝPOČET MINIMÁLNÍ DÉLKY PERA POD SPOJKOU

Dle [22 str. 467] je pro průměr $d_{1K} = 40$ výška pera v náboji $t_{11} = 3,1\text{mm}$ a šířka pera $b_1 = 12\text{mm}$.

$$l_{min1} = \frac{2 \cdot M_K}{d_{1K} \cdot t_{11} \cdot p_{DN}} + b_1 \quad (34)$$

$$l_{min1} = \frac{2 \cdot 340 \cdot 1000}{40 \cdot 3,1 \cdot 120} + 12 = 57,7\text{mm}$$

Dle [22 str. 467] volím normalizované pero s označením

PERO 12e7x8x63 ČSN 02 2562



VÝPOČET MINIMÁLNÍ DÉLKY PERA POD HNACÍ ŘEMENICÍ

Dle [22 str. 467] je pro průměr $d_{\dot{R}1} = 60$ výška pera v náboji $t_{12} = 4,2\text{mm}$ a šířka pera $b_2 = 18\text{mm}$.

$$l_{min2} = \frac{2 \cdot M_K}{d_{\dot{R}1} \cdot t_{12} \cdot p_{DN}} + b_2 \quad (35)$$

$$l_{min2} = \frac{2 \cdot 340 \cdot 1000}{60 \cdot 4,2 \cdot 120} + 18 = 40,5\text{mm}$$

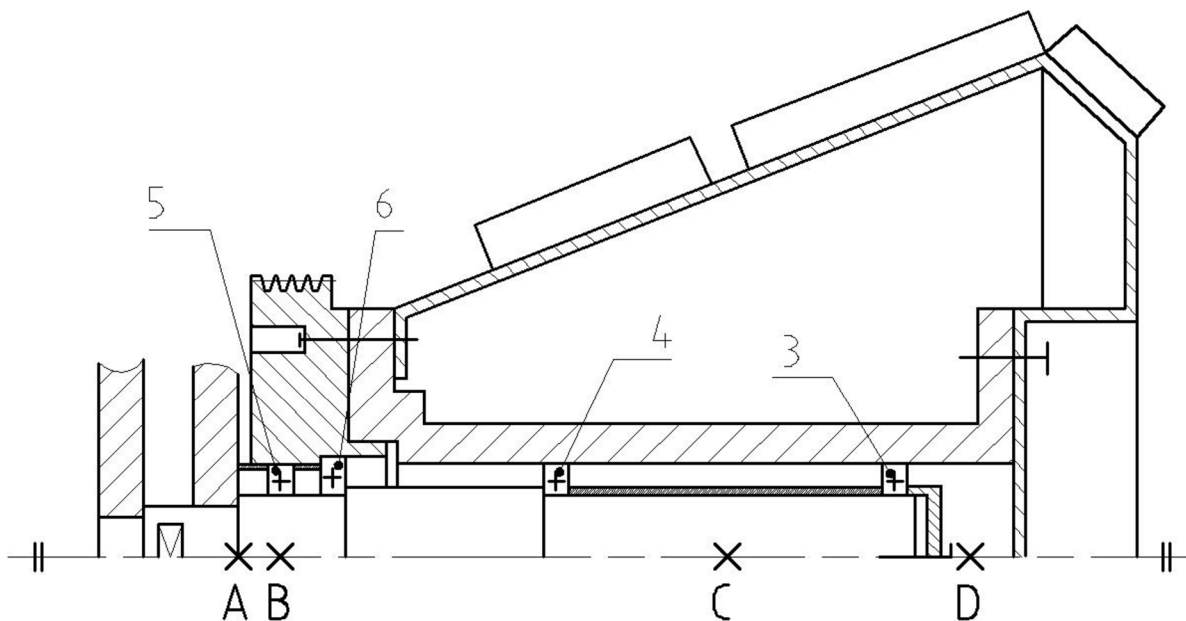
Dle [22 str. 467] volím normalizované pero s označením

PERO 18e7x11x50 ČSN 02 2562

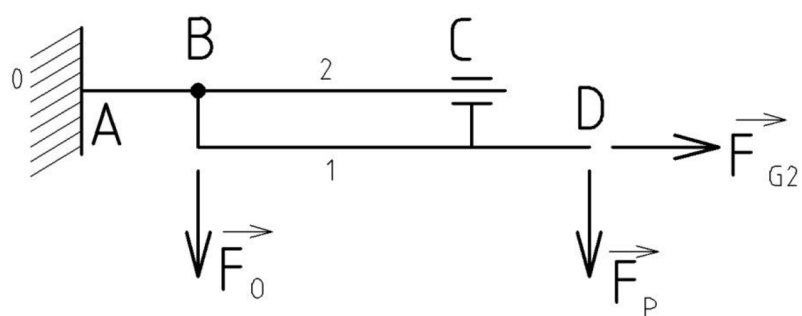
3.3.2 HNANÁ ČÁST – OSA, ŘEMENICE, NOSNÁ ROURA, ULOŽENÍ, FRÉZOVACÍ HLAVA

Hnací část tvoří osa, která je zašroubována do rámu. Na ose se nacházejí čtyři ložiska viz Obr. 9. Ložisko 3, 4 a 5 bude přenášet pouze radiální sílu. Ložisko 6 bude přenášet všechnu axiální sílu (a žádnou radiální). Na ložiscích je uložena hnaná řemenice a nosná příruba. K přírubě je následně přišroubována frézovací hlava.

Při výpočtu ložisek a osy jsem provedl zjednodušení, viz Obr. 10. Reakční sílu působící na ložiska 3 a 4 jsem nahradil jednou silou, která působí uprostřed ložisek.

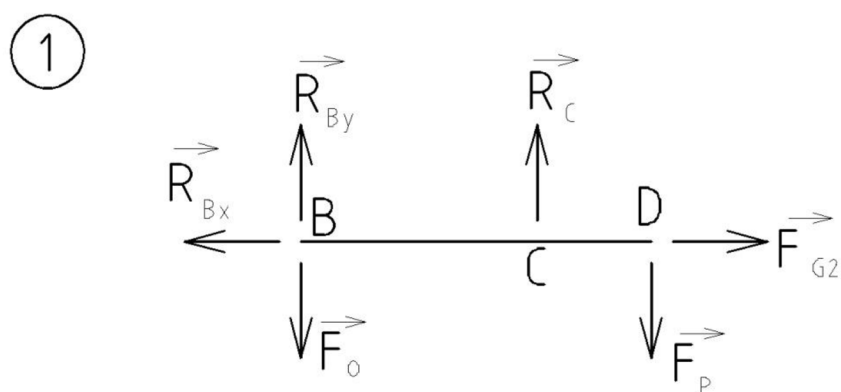


Obr. 9 Schéma uložení hnané části



Obr. 10 Schéma zatížení hnané části

HŘÍDEL 1 dle Obr. 10



Obr. 11 Hnaná část – rotační komponenty

ROVNICE STATICKÉ ROVNOVÁHY

$$x: \quad F_{G2} - R_{Bx} = 0$$

$$y: \quad R_{By} + R_C - F_0 - F_P = 0$$

$$M_B: \quad R_C \cdot \overline{BC} - F_P \cdot \overline{BD} = 0$$

VÝPOČET SIL

Rozměry \overline{BD} a \overline{BC} jsem odměřil z Inventoru.

$$R_C = \frac{F_P \cdot \overline{BD}}{\overline{BC}} \tag{36}$$

$$R_C = \frac{855 \cdot 897}{488} = 1572N$$



$$R_{By} = F_0 - R_C + F_P \quad (37)$$

$$R_{By} = 2429 - 1572 + 855 = 1712N$$

Hmotnost frézovací hlavy je dle Inventoru $m_{FH} = 600kg$, hmotnost hnané řemenice $m_{\check{R}2} = 145kg$ a hmotnost nosné příruby je $m_{NP} = 125kg$.

$$m_{C2} = m_{FH} + m_{\check{R}2} + m_{NP} \quad (38)$$

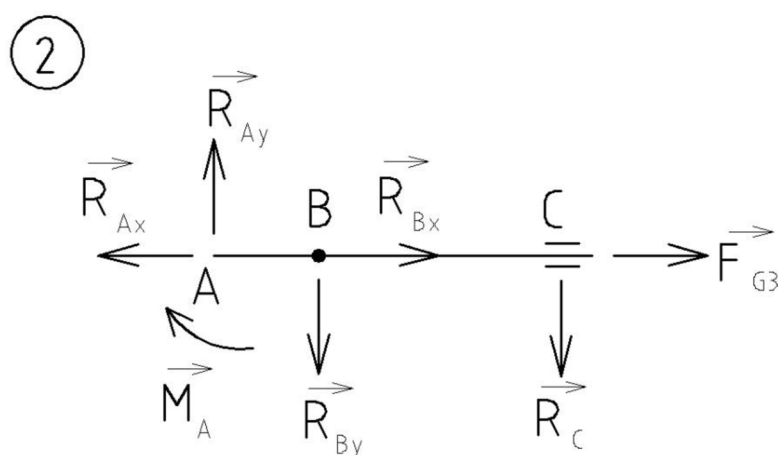
$$m_{C2} = 600 + 145 + 125 = 870kg$$

$$F_{G2} = m_{C2} \cdot g \quad (39)$$

$$F_{G2} = 870 \cdot 9,81 = 8535N$$

$$R_{Bx} = F_{G2} = 8535N$$

OSA dle Obr. 10



Obr. 12 Hnaná část - osa

ROVNICE STATICKÉ ROVNOVÁHY

$$x: \quad R_{Bx} - R_{Ax} + F_{G3} = 0$$

$$y: \quad R_{Ay} - R_{By} - R_C = 0$$

VÝPOČET SIL

Hmotnost výstupní hřídele je dle Inventoru $m_{VH} = 60kg$.

$$F_{G3} = m_{VH} \cdot g$$

$$F_{G2} = 60 \cdot 9,81 = 589N$$

$$R_{Ax} = F_{G3} + R_{Bx} \quad (40)$$

$$R_{Ax} = 589 + 8535 = 9124N$$



$$R_{Ay} = R_{By} + R_C \quad (41)$$

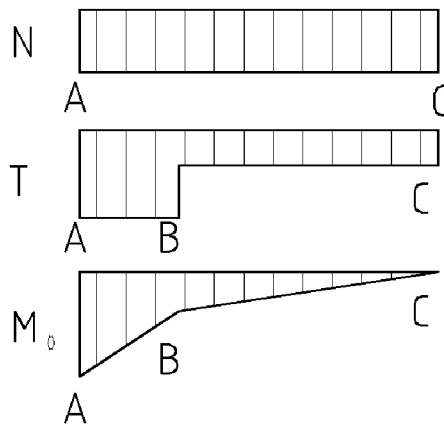
$$R_{Ay} = 1712 + 1572 = 3284N$$

Rozměry \overline{AB} a \overline{AC} jsem odměřil z Inventoru.

$$M_A = R_{By} \cdot \overline{AB} + R_C \cdot \overline{AC} \quad (42)$$

$$M_A = 1712 \cdot 65 + 1572 \cdot 553 = 980596N \cdot mm$$

KONTROLA OSY



Obr. 13 Průběh zatížení osy

$$\sigma_{K2} = \frac{4 \cdot R_{Ax}}{\pi \cdot d_{2min}^2} + \frac{32 \cdot M_A}{\pi \cdot d_{2min}^3} \quad (43)$$

$$\sigma_{K2} = \frac{4 \cdot 9124}{\pi \cdot 100^2} + \frac{32 \cdot 980596}{\pi \cdot 100^3} = 11,15MPa$$

$$\tau_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{4 \cdot R_{Ay}}{\pi \cdot d_{2min}^2} \quad (44)$$

$$\tau_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{4 \cdot 3284}{\pi \cdot 100^2} \approx 0,6MPa$$

$$\sigma_{red2} = \sqrt{\sigma_{K2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2} \quad (45)$$

$$\sigma_{red2} = \sqrt{11,15^2 + 3 \cdot 0,6^2} = 11,2MPa$$

Hřídel vyhovuje neboť $\sigma_{red2} < \sigma_{redD}$ ($11,2MPa < 50MPa$)

**KONTROLA LOŽISEK 3 A 4**

Volím dvě stejná ložiska s označením 6020 ČSN 02 4630 dle [22 str. 476].

STATICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA

Součinitele jsou dle [25] $X_{02} = 0,6$ a $Y_{02} = 0,5$. Axiální síla je $F_{A2} = 0N$.

$$F_{ES2} = X_{02} \cdot \frac{R_C}{2} + Y_{02} \cdot F_{A2} \quad (46)$$

$$F_{ES2} = 0,6 \cdot \frac{1572}{2} = 471,6N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ES2} < C_{02}$ ($471,6N < 41500N$)

DYNAMICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA

Součinitele jsou dle [25] $X_2 = 1$; $Y_2 = 0$ a $V_2 = 1,2$

$$F_{ED2} = V_2 \cdot X_2 \cdot \frac{R_C}{2} + Y_2 \cdot F_{A2} \quad (47)$$

$$F_{ED2} = 1,2 \cdot 1 \cdot \frac{1572}{2} = 943,2N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ED2} < C_2$ ($943,2N < 46500N$)

ŽIVOTNOST LOŽISKA V PROVOZNÍCH HODINÁCH

$$L_{h2} = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \cdot \left(\frac{C_2}{F_{ED2}} \right)^3 \quad (48)$$

$$L_{h2} = \frac{10^6}{60 \cdot 200} \cdot \left(\frac{46500}{943,2} \right)^3 = 9,98 \cdot 10^6 h$$

KONTROLA LOŽISKA 5

Volím ložisko s označením 6020 ČSN 02 4630 dle [22 str. 476].

STATICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA

Součinitele jsou dle [25] $X_{03} = 0,6$ a $Y_{03} = 0,5$. Axiální síla je $F_{A3} = 0N$.

$$F_{ES3} = X_{03} \cdot R_{By} + Y_{03} \cdot F_{A3} \quad (49)$$

$$F_{ES3} = 0,6 \cdot 1712 = 1027,2N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ES3} < C_{03}$ ($1027,2N < 41500N$)

DYNAMICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA

Součinitele jsou dle [25] $X_3 = 1$; $Y_3 = 0$ a $V_3 = 1,2$



$$F_{ED3} = V_3 \cdot X_3 \cdot R_{By} + Y_3 \cdot F_{A3} \quad (50)$$

$$F_{ED3} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1712 = 2054,4N$$

Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ED3} < C_3$ ($2054,4N < 46500N$)

ŽIVOTNOST LOŽISKA V PROVOZNÍCH HODINÁCH

$$L_{h3} = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \cdot \left(\frac{C_3}{F_{ED3}} \right)^3 \quad (51)$$

$$L_{h3} = \frac{10^6}{60 \cdot 200} \cdot \left(\frac{46500}{2054,4} \right)^3 = 9,66 \cdot 10^5 h$$

KONTROLA AXIÁLNÍHO LOŽISKA 6

Volím ložisko s označením 51122 dle [27].

DYNAMICKÉ EKVIVALENTNÍ ZATÍŽENÍ LOŽISKA

Dle [22 str. 510] je $F_{ED4} = R_{Ax} = 9124N$

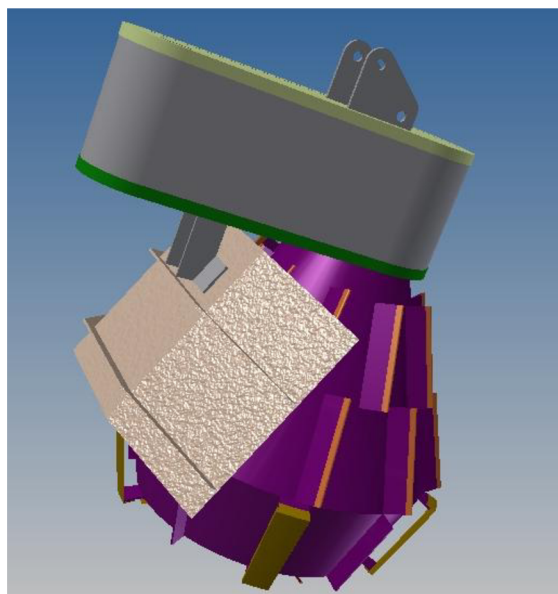
Ložisko vyhovuje, neboť $F_{ED4} < C_4$ ($9124N < 83200N$)

ŽIVOTNOST LOŽISKA V PROVOZNÍCH HODINÁCH

$$L_{h4} = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \cdot \left(\frac{C_4}{F_{ED4}} \right)^3 \quad (52)$$

$$L_{h4} = \frac{10^6}{60 \cdot 200} \cdot \left(\frac{83200}{9124} \right)^3 = 6,3 \cdot 10^4 h$$

3D MODEL



Obr. 14 3D model z Inventoru



ZÁVĚR

V první části této bakalářské práce jsem provedl rešerši. Jsou v ní uvedeny stroje a zařízení, které se používají k letní údržbě krajnic a příkopů. Vždy se jedná buď o samostatný pracovní stroj (jednouúčelový či víceúčelový) nebo přídavné zařízení.

Dále jsem navrhl koncepci vlastního zařízení pro údržbu příkopu, tedy zařízení, které má kontinuálně odstraňovat z příkopu naplavenou zeminu s rostlinným porostem, především travnatého typu. Zařízení je připojitelné na vybraný typ stavebního stroje nebo traktoru. Jako pracovní stroj jsem zvolil traktor Zetor Proxima plus 100. Považuji za nejkomfortnější řešení připojení přídavného zařízení na přední tříbodový závěs. Podle mého názoru jde na frézování nejlépe vidět od obsluhy stroje.

Příkopové frézy mohou být buď axiální nebo radiální. Zvolil jsem radiální řešení. Zařízení se skládá z orbitálního hydromotoru, řemenového převodu, frézovací hlavy a rámu. Vstupní otáčky jsou 360min^{-1} . Kvůli velikosti frézovací hlavy (největší průměr 1450mm a výška 1200mm) jsem navrhl výstupní otáčky na 200min^{-1} . Frézovací hlava má vyměnitelné nože.

V práci jsem vypočítal funkční parametry (převodový poměr, úhlové rychlosti, rypný odpor, zatěžující síly, řemenový převod) a provedl pevnostní kontrolu hřídele (hnaná část) a osy (hnací část), včetně návrhu ložisek a per.

Jako výhodu svého řešení bych viděl konstrukční uspořádání hnací i hnané části, u které jsem myslel i na montáž a případný postup práce při výměně řemenů. Další výhodou je celkové zakrytování zařízení. Jako nevýhodu bych viděl velkou hmotnost (přes 1000kg). Další návrh bych se snažil dostat právě pod tuto limitní hodnotu.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

1. *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (Zákon o silničním provozu)*. 15. vyd. Praha : Armex, 2015. str. 129. ISBN 978-80-87451-37-3.
2. **HVÍZDAL, Václav, Václav, BARTOŠ a Vladimír, JANOUŠEK**. *Údržba silnic a mostů*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1970. str. 143.
3. **REMIŠOVÁ, Eva a KOMAČKA, Josef**. *Údržba ciest a diaľnic*. 1. vyd. Žilina : EDIS, 2004. str. 143. ISBN 80-8070-182-2.
4. **JEŘÁBEK, Karel, a další**. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 1996. str. 464. ISBN 80-7078-389-3.
5. Maschinenfabrik Dücker. *BANKETTFRÄSE SBF 900*. [Online] [Citace: 29. 4 2015.] <http://duecker.imediencms.de/de/produkte/bankettfraese/sbf900.php>.
6. MTM TECH - dodavatel komunální techniky. *Fréza pro renovaci a vytváření příkopů TD 1200*. [Online] 11. 10 2010. [Citace: 27. 4 2015.] <http://www.mtmtech.cz/news5/freza-pro-renovaci-a-vytvareni-prikopu-td-1200.html?lang=en>.
7. Frekomos. *Údržba silničních krajnic a příkopů*. [Online] [Citace: 29. 4 2015.] http://www.frekomos.cz/media/files/mulag_frekomos_web.pdf.
8. Tatra Trucks. *Jamal*. [Online] 2014. [Citace: 29. 4 2015.] <http://www.tatra.cz/nakladni-automobily/produktovy-katalog/jamal/>.
9. přesná profilace příkop a nezpevněných krajnic. *Youtube*. [Online] 2. 4 2010. [Citace: 29. 4 2015.] <https://www.youtube.com/watch?v=girNvgp5qDI>.
10. *MULAG Fahrzeugwerk*. [Online] 2015. [Citace: 11. 5 2015.] <http://www.mulag.de/en/homepage/>.
11. **HRADIL, Martin**. *Studie strojů pro letní údržbu komunikací*. Brno : autor neznámý, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
12. Komunální technika. *Zařízení pro údržbu zeleně kolem cest*. [Online] 9. 7 2013. [Citace: 4. 5 2015.] <http://komunalweb.cz/zarizeni-pro-udrzbu-zelene-kolem-cest/>.
13. Some . *Komunální a svahové mulčovače*. [Online] 2014. [Citace: 4. 5 2015.] <http://www.somejh.cz/komunalni-a-svahove-mulcovace.html>.
14. Mulag. *Sekačka pro vysekávání krajnic kolem patníků MLM 200 pro Unimog U 20*. [Online] [Citace: 4. 5 2015.] <http://www.croy.cz/wp-content/uploads/pdf/5243-croy-mlm200.pdf>.
15. CIME. *Zametací kartáče SweepEx MEGA*. [Online] [Citace: 5. 5 2015.] <http://www.cime.cz/zametaci-kartace-62/zametaci-kartace-sweepex-mega-69s.html>.



16. Eco Technologies. *Agresivní kartáč WKT*. [Online] [Citace: 11. 5 2015.] <http://www.ecotech.at/cz/Produkty/Agresivni-kartac/ECO-WKT>.
17. Hardman UH a. s. - silniční značkovací technika. *Silniční značkovací stroje Hofmann*. [Online] 2015. [Citace: 11. 5 2015.] <http://www.hardmanuh.cz/stroje-hoffmann/>.
18. Rasco. *SRG*. [Online] 2015. [Citace: 11. 5 2015.] <http://rasco.hr/en/proizvodi/srg/>.
19. Herder. *Mowing bucket*. [Online] [Citace: 13. 5 2015.] <http://www.herder.nl/en/range/work-tools/ditch-maintenance/mowing-bucket/>.
20. Zetor. *Traktor Zetor Proxima Plus*. [Online] 2015. [Citace: 5. 5 2015.] <http://www.zetor.cz/traktor-zetor-proxima-plus>.
21. Eurofluid Hydraulik. [Online] [Citace: 24. 5 2015.] http://www.eurofluid.cz/static/_dokumenty/1/0/2/7/2/3432-eu-E2-hydomotor-MS-MSV-MT-MV.pdf.
22. **LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel**. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. doplněné vydání. Úvaly : Albra, 2006. str. 914. ISBN 80-7361-033-7.
23. **ČÍŠECKÝ, Jakub**. *Zařízení pro čištění příkopů komunikací*. Brno : autor neznámý, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
24. Korbel - ložiska. [Online] [Citace: 27. 5 2015.] <http://www.korbel-loziska.cz/>.
25. *Výpočet radiálních kuličkových ložisek*. [Online] [Citace: 26. 5 2015.] http://www.sspu-opava.cz/~dolezi/SPS/2_rocnik/SPS_Vypocet_lozisek.pdf.
26. **SHIGLEY, Joseph Edward, MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard G.** *Konstruování strojních součástí*. 1. vydání. Brno : VUTIUM, 2010. str. 1159. ISBN 978-80-214-2629-0.
27. SKF. *Axiální kuličková ložiska, jednosměrná*. [Online] [Citace: 27. 5 2015.] <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/single-direction/index.html?prodid=1610011120&imperial=false>.
28. **CELJAK, Ivo**. *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací*. České Budějovice : autor neznámý, 2009.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$m_{\check{R}2}$	[kg]	hmotnost hnané řemenice
m_{FH}	[kg]	hmotnost frézovací hlavy
m_{H1}	[kg]	hmotnost hnací hřídele
m_{VH}	[kg]	hmotnost výstupní hřídele
$\overline{AB}, \overline{AC}$	[mm]	vzdálenosti viz Obr. 12
$\overline{BC}, \overline{BD}$	[mm]	vzdálenosti viz Obr. 11
C_{01-3}	[N]	základní statická únosnost ložiska
C_{1-4}	[N]	základní dynamická únosnost ložiska
C_L	[1]	součinitel vlivu délky řemene
C_p	[1]	součinitel dynamičnosti a pracovního režimu
C_α	[1]	součinitel úhlu opásání
D_1	[mm]	výpočtový průměr hnací řemenice
D_2	[mm]	výpočtový průměr hnané řemenice
D_{max}	[mm]	největší navržený průměr frézovací hlavy
F_{A3}	[N]	axiální síla působící na ložisko 3
F_{ED1-4}	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska
F_{ES1-3}	[N]	statické ekvivalentní zatížení ložiska
F_{G1}	[N]	tíhová síla hnací části
F_{G2}	[N]	tíhová síla rotačních komponent na hnané části
F_{G3}	[N]	tíhová síla od komponent na hnané části
F_P	[N]	maximální pracovní síla
F_{R1}	[N]	síla zatěžující ložisko 1 a 2
F_U	[N]	síla k předpětí řemene
F_o	[N]	obvodová síla



L_1	[mm]	výpočtový rozměr viz Obr. 7
L_2	[mm]	výpočtový rozměr viz Obr. 7
L_{h1-4}	[h]	životnost ložiska v provozních hodinách
L_p	[mm]	výpočtová délka řemene
M_A	[N·m]	ohybový moment osy ve vetknutí
M_K	[N·m]	krouticí moment od hydromotoru
M_{K2}	[N·m]	krouticí moment na hnané řemenici
M_{o1max}	[N·mm]	maximální ohybový moment na hnané hřídeli
N_o	[W]	jmenovitý výkon řemenu s jedním řemenem
N_p	[W]	výkon přenášený jedním řemenem v podmínkách provozu
R_{Ax}	[N]	reakční síla bodu A v ose x
R_{Ay}	[N]	reakční síla bodu A v ose y
R_{Bx}	[N]	reakční síla bodu B v ose x
R_{By}	[N]	reakční síla bodu B v ose y
R_C	[N]	reakční síla bodu C v ose y
R_o	[N]	rypný odpor
V_{1-3}	[1]	rotační součinitel ložiska
X_{o1-4}	[1]	součinitel pro výpočet ložisek
Y_{o1-4}	[1]	součinitel pro výpočet ložisek
a_1	[mm]	vzdálenost středu ložiska 1 od středu hnané řemenice
a_s	[mm]	skutečná osová vzdálenost řemenic
b_{1-2}	[mm]	šířka pera
d_{1K}	[mm]	přůměr hřídele na konci (pod spojkou)
d_{2min}	[mm]	nejmenší průměr osy
$d_{ř1}$	[mm]	přůměr díry hnané řemenice



d_{min1}	[mm]	nejmenší možný průměr konce hnací hřídele
l_{min1-2}	[mm]	minimální délka pera
m_{R1}	[kg]	hmotnost hnací řemenice
m_{C1}	[kg]	hmotnost hnací řemenice a hnací hřídele
m_{C2}	[kg]	hmotnost rotačních komponent na hnané části
m_{NP}	[kg]	hmotnost nosné příruby
n_1	[min ⁻¹]	vstupní otáčky (otáčky hydromotoru)
n_2	[min ⁻¹]	výstupní otáčky (otáčky frézovací hlavy)
p_0	[MPa]	Základní hodnota tlaku pro náboj
p_{DN}	[MPa]	dovolený tlak na bocích drážek v náboji
p_{od}	[Pa]	součinitel odporu pro pevně usazenou zeminu
s_z	[m]	posuv frézovací hlavy na zub
t_{11-2}	[mm]	výška pera v náboji
v_o	[m·s ⁻¹]	obvodová rychlost řemene
v_{ps}	[km·h ⁻¹]	pojezdová rychlost pracovního stroje
z_H	[1]	počet zubů frézovací hlavy
σ_{K1}	[MPa]	normálové napětí v hřídeli
σ_{K2}	[MPa]	normálové napětí v ose
σ_{red1}	[MPa]	redukované napětí v hřídeli
σ_{red2}	[MPa]	redukované napětí v ose
σ_{redD}	[MPa]	dovolené redukované napětí pro ocel 11 500
τ_2	[MPa]	tečné napětí v ose
τ_{K1}	[MPa]	tečné napětí v hřídeli
τ_{KD}	[MPa]	dovolené napětí v krutu pro ocel 11 500
ω_1	[rad·s ⁻¹]	úhlová rychlost hnací řemenice
ω_2	[rad·s ⁻¹]	úhlová rychlost hnané řemenice



H	[m]	standardní hloubka řezu
L	[mm]	předběžná délka řemene
P	[W]	výkon zařízení
Z	[1]	počet potřebných řemenů
a	[mm]	osová vzdálenost řemenic
c	[mm]	pomocný rozměr viz Obr. 7
f	[mm]	výpočtový rozměr viz Obr. 7
g	[m·s ⁻²]	tíhové zrychlení
i	[1]	převodový poměr
β	[°]	úhel viz Obr. 7



SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

1 – BP15 – 00	-	PŘÍKOPOVÁ FRÉZA	-	výkres sestavy
3 – BP15 – 07	-	HNACÍ ŘEMENICE	-	výrobní výkres
3 – BP15 – 05	-	HNACÍ HRÍDEL	-	výrobní výkres