



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH SNĚHOVÉ FRÉZY PRO MALOTRAKTOR

PROPOSAL OF SNOW BLOWER FOR SMALL TRACTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

František Samson

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **František Samson**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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:

Návrh sněhové frézy pro malotraktor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Sněhové frézy pro malotraktor jsou strojní zařízení, které jsou využívány pro úklid sněhu v neprůmyslovém odvětví. Využívají se jako mechanizovaná náhrada ručního úklidu sněhu. V tomto případě se bude jednat o návrh hydraulické sněhové frézy jako přídavné zařízení pro malotraktor.

Technické parametry:

Výkon malotraktoru je 3,5 kW, rozchod kol je 600 mm.

Cíle bakalářské práce:

Stručný popis funkce sněhové frézy.

Podrobná rešerše jednotlivých komponent zařízení.

Pevnostní výpočet vybraných komponent.

Výkresová dokumentace koncepčního návrhu.

Seznam doporučené literatury:

ZAKIROV, M F. The research of resistance to snow cutting and moving with an auger of a small-sized rotary-auger snowplow. Online. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020, roč. 786, č. 1. ISSN 1757-8981.

MOSIAGIN, Nikita. Mechanical design of snowblower for utility and all-terrain vehicles. 2023.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

BIGOŠ, Peter, Jozef KUĽKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je stručně popsána funkce sněhových fréz a jejich rozdělení do dvou hlavních kategorií. Jsou popsány nejdůležitější komponenty těchto zařízení a je krátce pojednáno o jejich historii. Je popsán originální koncept sněhové frézy konstruované pro motor určený pro stavebnicový malotraktor terra vari. Následují pevnostní výpočty vybraných komponent a jako příloha je obsažena výkresová dokumentace koncepčního návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

sněhová fréza, malotraktor, sníh, šnekovnice, odklizení sněhu

ABSTRACT

This bachelor thesis briefly describes the function of snow blowers and their division into two main categories. The most important components of these devices are described and their history is briefly discussed. An original concept of a snow blower designed for a terra vari modular small tractor engine is described. Strength calculations of selected components follow and a drawing of the conceptual design is included as an appendix.

KEYWORDS

snow blower, small tractor, snow, auger, snow removal

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SAMSON, František. *Návrh sněhové frézy pro malotraktor*. Online, bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2024. Vedoucí práce Lukáš Zeizinger. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace>.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Lukáše Zeizingera a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 24. května 2024

.....
František Samson

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych vyjádřil svůj dík Ing. Lukáši Zeizingerovi, Ph.D., za jeho vedení této práce a jeho nepostradatelné rady při konstruování a psaní. Také bych rád poděkoval své přítelkyni za velkou podporu a kontrolu práce po gramatické stránce. Nakonec chci poděkovat své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

OBSAH

Úvod.....	10
1. Rozdělení.....	11
1.1 Podle konstrukce.....	11
1.1.1 Jednostupňové frézy.....	11
1.1.2 Dvoustupňové frézy.....	12
1.1.3 Třístupňové frézy.....	12
1.2 Podle způsobu řízení.....	13
1.2.1 Železniční rotační sněhová fréza.....	13
1.2.2 Automobilové sněhové frézy.....	15
1.2.3 Přídavné sněhové frézy.....	17
1.2.4 Ruční sněhové frézy.....	17
1.2.5 Manuální sněhová fréza.....	20
1.2.6 Autonomní sněhové frézy.....	20
2. Součástky sněhových fréz.....	21
2.1 Šnekovnice.....	21
2.2 Oběžné kolo.....	21
2.3 Akcelerační kolo.....	23
3. Historie.....	24
4. Bezpečnost.....	25
5. Konstrukční návrh sněhové frézy.....	26
5.1 Pohonná jednotka.....	26
5.2 Konstrukční rozvaha.....	26
5.2.1 Přední část.....	27
5.2.2 Prostřední část.....	29
5.2.3 Zadní část.....	30
5.3 Výpočty řemenových převodů.....	32
5.3.1 Určení průřezu klínového řemene.....	33
5.3.2 Určení průměru řemenic.....	33
5.3.3 Ověření rychlosti řemene.....	34
5.3.4 Ověření osové vzdálenosti.....	35
5.3.5 určení délky řemene.....	35
5.4 Výpočty ložisek.....	37
5.5 Výpočet těsného pera.....	45
Závěr.....	49

Úvod

Sněhová fréza nebo sněhový odmetač je stroj používaný k odklizení velkých nánosů sněhu z nejrůznějších míst, jako je příjezdová cesta, chodník, zahrada, vozovka, železniční trať, kluziště nebo vzletová a přistávací dráha. Sněhové frézy obvykle odřezávají sníh pomocí rotujícího šneku. Může využívat buď elektrickou energii (napájení z vedení nebo baterie), nebo benzínový či naftový motor, který kusy sněhu pak z odklizené oblasti odhazuje na jiné místo nebo do nákladního auta k odvozu. To je rozdíl od činnosti sněhových pluhů, které sníh tlačí dopředu nebo do stran. Ukázalo se, že sněhové frézy jsou v odklizení sněhu účinnější než sněhové pluhy v silniční i železniční dopravě, zejména pokud je sněhu velká vrstva. Je tomu tak proto, že při odstraňování není sníh vytlačován do stran, kde často nemusí být místo, ale sníh rozmělněný rotační frézou je velkým obloukem odhazován do stran od trati [1]. Obvykle se sníh odhazuje na jednu stranu. Typ používané sněhové frézy se liší podle odklizené plochy (silnice, železnice, zahrada), typu povrchu (zpevněný povrch, nerovný a měkký terén) a druhu odklizeného sněhu (čerstvý sníh, těžký uježděný sníh). V závislosti na konstrukci lze sněhové frézy použít i pro odklizení jiných věcí, například vody.

Sněhové frézy jsou různé velikosti, od velmi malých pro domácí podmínky, které jsou schopny odstranit pouze několik centimetrů lehkého sněhu v dráze 450 až 500 mm, až po velmi velké, namontované na těžkých vozidlech zimní služby a schopné přemístit 6 m široké nebo širší pásy těžkého sněhu až do hloubky 1,8 m.

Mezi výrobce sněžných fréz patří například česká společnost Vari, německý Stihl, japonská Honda, švédská Stiga, nebo americké MTD a Cub Cadet. Na obrázku číslo jedna níže je zobrazena typická sněhová fréza používaná na zahradách nebo v horských oblastech. Jedná se o dvoustupňovou frézu s ručním ovládním, benzínovým motorem a kolovým pojezdem vyráběná americkou firmou Toro (viz obr. 1).



Obr. 1 Dvoustupňová benzínová sněhová fréza Power Max 826 OAE s průměrem 66 cm [2]

1. ROZDĚLENÍ

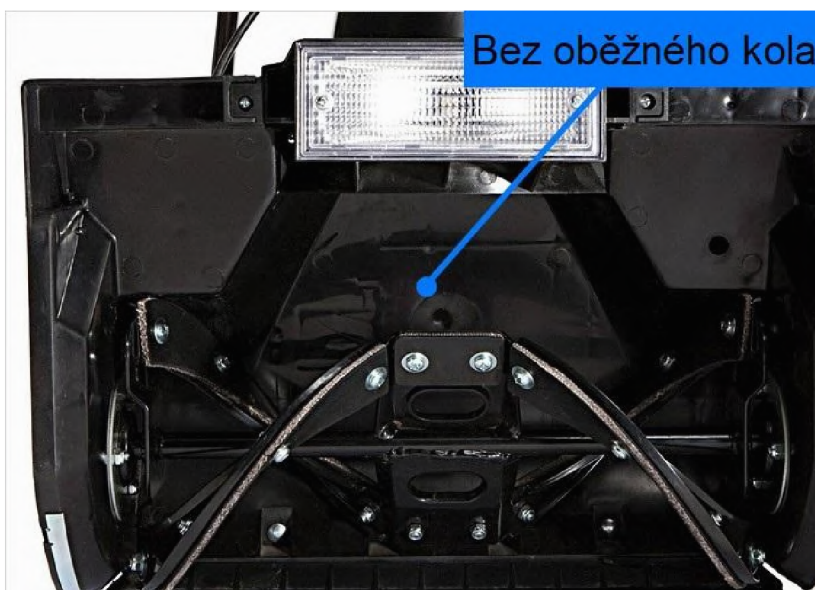
Dvě asi nejdůležitější kategorie rozdělení sněhových fréz jsou konstrukce a řízení. Podle konstrukce se dělí na jednostupňové, dvoustupňové a třístupňové a podle řízení se dělí na několik kategorií podle toho jakým způsobem je uživatel řídí, nebo k jakému druhu stroje jsou frézy připojeny. Podle těchto kritérií se dají kategorizovat všechny sněhové frézy včetně té, která je konstruována v této práci. Nejvýkonnější frézy jsou železniční a nejméně výkonné jsou domácí jednostupňová frézy s elektrickým pohonem.

1.1 PODLE KONSTRUKCE

Sněhové frézy lze podle konstrukce a způsobu nabírání a odhozu sněhu rozdělit do tří tříd: jednostupňové, dvoustupňové a třístupňové. Jednostupňové sněhové frézy používají k nabírání a odhazování sněhu jen jeden komponent - samotnou šnekovnici. Dvoustupňové a třístupňové ještě obsahují oběžné a akcelerační kola, která zlepšují efektivitu práce, rychlost nabírání a vzdálenost odhození sněhu. V následujícím rozdělení budou porovnány ruční sněhové frézy těchto různých konstrukcí.

1.1.1 JEDNOSTUPŇOVÉ FRÉZY

U jednostupňové sněhové frézy šnek vhání sníh do stroje a odvádí jej výtlačným žlabem. Obě tyto činnosti zajišťuje jeden šnek bez oběžného kola (viz obr. 2). Šnek se dotýká země, takže jsou vhodné pro práci na zpevněném a rovném podkladu. Jsou vhodné pro odklizení čerstvě napadaného, ale i ušlapaného sněhu v menších vrstvách, který není potřeba odhodit do velké dálky. Jednostupňové sněhové frézy jsou menší, lehčí, snadněji použitelné a méně výkonné. Obvykle jsou poháněny dvoutaktním nebo čtyřtaktním benzínovým motorem nebo elektromotorem. Ideální využití je ve městě pro odklizení sněhu z příjezdových cest a chodníků. Tyto frézy mívají šneky široké 45 až 55 cm, dokáží odstranit vrstvu sněhu do třiceti centimetrů a sníh odhazují do vzdálenosti zhruba 12 metrů. [20]



Obr. 2 Jednostupňová sněhová fréza [3]

1.1.2 DVOUSTUPŇOVÉ FRÉZY

Mechanismus dvoustupňové sněhové frézy je složen ze šneku, který frézuje sníh nebo led a zároveň ho vtlačuje do stroje a přivádí jej do vysokorychlostního oběžného kola (viz obr. 3), které způsobuje turbínovým efektem nasávání sněhu ven z výtlačného žlabu do větší vzdálenosti než jednostupňový mechanismus. Tyto frézy mívají několikerýchlostní pojezdy, takže se dá rychlost frézy nastavit podle typu sněhu a kvality povrchu. Deflektor frézy se dá nastavit tak, aby byl sníh odhazován potřebným směrem. Dvoustupňové sněhové frézy zvládají větší hloubku sněhu než jednostupňové a ušlapaný nebo zmrzlý sníh. Protože se jejich šneky nedotýkají země, lze je používat na nerovném terénu a pro obecně těžké podmínky, například v horských oblastech. Nejčastěji bývají vybaveny čtyřtaktním benzínovým motorem, ale také mohou být poháněny akumulátorovým elektromotorem. Lépe vybavené frézy také často mívají světlo pro jednodušší práci v noci a ve špatných viditelnostních podmínkách. Tyto frézy mívají šneky široké 60 až 80 cm, dokáží odstranit vrstvu sněhu do padesáti centimetrů a sníh odhazují do vzdálenosti zhruba 14 metrů. [21]



Obr. 3 Dvoustupňová sněhová fréza s výraznějším oběžným kolem [3]

1.1.3 TŘÍSTUPŇOVÉ FRÉZY

Třístupňové frézy, také známé jako vícestupňové, se od dvoustupňových liší tím, že mají uprostřed šneku ještě další kolo, takzvané akcelerační kolo, které vhání sníh hlouběji do systému k oběžnému kolu (viz obr. 4). V první fázi dvojice segmentů ozubeného šneku umístěná na vnější části krytu šneku tlačí sníh směrem do středu do druhé fáze, kde se nachází střední segment ozubeného šneku, který sníh akceleruje do třetí fáze – k turbíně, která vyhazuje sníh skrz výtlačný žlab vysokou rychlostí daleko od stroje ve zvoleném směru [13]. Díky akceleratoru zvládnou tyto frézy nabrat větší množství sněhu za menší dobu a následně sníh odhodit na větší vzdálenost než dvoustupňové frézy. Tento druh fréz bývá kombinován se silnějšími motory a je schopen odstranit sníh až o 30% rychleji než dvoustupňové frézy.

To je z části způsobeno tím, že dokáží sníh odstranit při prvním přejezdu [14]. S větší účinností ale přichází také větší mechanická složitost, závadovost a cena. Tyto frézy mívají šneky široké 65 až 85 cm, dokáží odstranit vrstvu sněhu do šedesáti centimetrů a sníh odhazují do vzdálenosti přes 14 metrů. [22]



Obr. 4 Třístupňová sněhová fréza s výraznějším akcelerátorem [22]

1.2 PODLE ZPŮSOBU ŘÍZENÍ

Podle řízení se dělí na několik kategorií podle toho jakým způsobem je uživatel řídí nebo k jakému druhu stroje jsou frézy připojeny. Uživatel je může řídit přímo pomocí řídítek nebo volantu nebo mohou být řízeny dálkově nebo pomocí umělé inteligence. Frézy mohou být samostatné stroje, nebo musí být připojeny k vozidlu, které bude zajišťovat pohon a pohyb. Také existují frézy, které jsou vyráběny jako pevná součást některých vozidel, ale tyto frézy se v dnešní době moc nepoužívají z důvodu praktičnosti a složitosti výroby.

1.2.1 ŽELEZNIČNÍ ROTAČNÍ SNĚHOVÁ FRÉZA

Rotační sněhová fréza je železniční zařízení na odstraňování sněhu s velkou kruhovou sadou nožů na předním konci, které se otáčejí a prořezávají sníh na trati před sebou (viz obr. 5). Předchůdcem rotačního sněhového pluhu byl klínový sněhový pluh. Průměr kruhové sady nožů bývá zhruba stejný jako je šířka vlaku, tedy 280 až 300 centimetrů. [23]

Klínový sněhový pluh byl tradiční mechanizovanou metodou odklizení sněhu ze železničních tratí. Ta odhrnovala sníh z kolejí a odkláněly ho do stran. Touto metodou nelze snadno

odklízet hlubší závěje. Sněhu je příliš mnoho na to, aby se dal přemístit. Pro tento účel byl vynalezen rotační sněhový pluh.

Rotační pluhy se často nasazují v případě, že je sníh příliš hluboký nebo ztvrdlý pro klasické pluhy. Schopnost pracovat pomalu, protože k rozbíjení sněhu není zapotřebí hybnost vlaku, je často výhodou v horských oblastech, kde by vykolejení ve vysoké rychlosti mohlo mít katastrofální následky. Mnohé rotační pluhy nejsou samohybné, takže je za ně připojena jedna nebo více lokomotiv, které tlačí pluh po trati. Motor v karoserii pluhu otáčí velkou kruhovou sestavou v přední části pluhu. Nože na tomto kole prořezávají sníh a vytlačují ho kanálem těsně za diskem do výstupního žlabu nad soustavou nožů.

Žlab lze nastavit tak, aby sníh odhazoval na levou nebo pravou stranu kolejí. Obsluha sedí v kabině nad a za soustavou nožů a ovládá rychlost nožů a směr výstupu ze žlabu. S rostoucím rozšířením diesellových lokomotiv byly do kabiny přidány ovladače vícenásobných souprav, takže tlačné lokomotivy lze ovládat z pluhu.

Rotační sněhové pluhy jsou drahé kvůli vysokým nákladům na jejich údržbu, které železnici vznikají bez ohledu na to, zda jsou v daném roce potřeba. Většina železnic proto rotační pluhy vyřadila a raději používá různé typy pluhů s pevnou radlicí, které mají výrazně nižší náklady na údržbu, ve spojení s buldozery, které lze používat celoročně na projekty údržby komunikací. Kromě toho, protože rotační pluhy zanechávají ve sněhové pokrývce otevřený zářez, kterým pluhy s pevnými radlicemi nemohou sníh vytlačit, musí být po použití rotačních pluhů použity pro všechny další významné sněhové srážky, dokud sněhová pokrývka neroztaje. Vzhledem k tomu, že provoz rotačních fréz, které potřebují k pohonu nožů určitou formu paliva, je také nákladnější než provoz pluhů s pevnými radlicemi, jsou nyní obecně považovány za nástroj poslední záchrany pro železnice, které je vlastní.

Několik zbývajících rotačních pluhů v Severní Americe je buď ve vlastnictví muzejních železnic, nebo jsou drženy v záloze pro oblasti se špatnou dostupností silnic a častými silnými sněhovými srážkami. Největší zbývajcí flotila rotačních pluhů tvoří šest pluhů společnosti Union Pacific Railroad, které jsou vyhrazeny pro průsmyk Donner Pass. V Japonsku jsou rotační sněžné pluhy hojně využívány v mnoha horských průsmycích.



Obr. 5 Železniční sněhová fréza Henschel z roku 1942 [1]

PROUDOVÝ POHON

Místo klasické sněhové frézy se na železnicích může používat pro odklizení sněhu i speciální vlaková souprava vybavená proudovým motorem. Tyto motory a další plynové turbíny se používají k rozsáhlému pohánění a rozpouštění sněhu na kolejích a letištních plochách. Tyto stroje byly poprvé použity v Rusku a Kanadě v 60. letech 20. století a později je v USA zavedl Bostonský dopravní úřad. Například v Kanadském Halifaxu se používal CN 616-49 pro odklizení sněhu z nádraží a nakladišť (viz obr. 6).

Proudový motor sníh rozpouští i odfoukává, čímž odklízí koleje rychleji než jiné metody. Tato metoda sice nabízí podstatně větší výkon v relativně lehkém stroji, ale je mnohem dražší než tradiční metody odstraňování sněhu. V Rusku je vysoká cena částečně kompenzovaná využitím vysloužilých vojenských proudových motorů, jako je Klimov VK-1.



Obr. 6 Vlaková souprava s proudovým motorem CN 616-49 [4]

1.2.2 AUTOMOBILOVÉ SNĚHOVÉ FRÉZY

Fungují na stejném principu jako železniční sněhové frézy, jen je tato fréza postavena na podvozku většinou vojenských nákladních automobilů. Tyto frézy jsou málo používané ze stejného důvodu jako vlakové: vysoké náklady pro něco, co se dá dělat levnějšími způsoby, zejména přídatnými sněhovými frézami. Stejně jako u železničních fréz, existují také verze s proudovým pohonem.

Mezi tyto stroje se řadí například sovětská řada sněžných fréz SOV - D. Tyto frézy byly vlastněny armádou a primárně bývaly používány pro odklizení sněhu z vojenských objektů, ale také se mohly používat pro civilní účely, nebo byly vlastněny civilními útvary. Byly to dvoustupňové frézy s velkými výkony a dobrou schopností odstraňovat sníh. Jejich základní údaje jsem sepsal v dalších odstavcích a také v tabulce číslo jedna (viz tab. 1).

Stejně jako všechny ostatní automobilové frézy je sněhová fréza D-262 navržena pro odstraňování sněhu z městských ulic, náměstí, přejezdů, dálnic, letišť a dalších veřejných i neveřejných prostranství. Také se používá k odstraňování sněhových nánosů vytvořených jinými druhy sněhových pluhů. Tato fréza je vybavena vlastní pohonnou jednotkou a je namontována na podvozku trojnápravového terénního automobilu ZiL-151. Motor 2D-6 je používán k pohonu pracovní i pohyblivé části. [15]

Sněhová fréza D-470 byla také postavena na podvozku ZIL-157 (viz *obr. 7*). Sériová výroba začala v roce 1958 a do roku 1966 byl vyroben tisíc těchto strojů. Nevýhodou, zvláště při zimní údržbě letištních ploch je skutečnost, že fréza není schopna odstraňovat sníh až od betonu, kvůli opotřebením šneku frézy a samotného betonu nebo asfaltu. Jako náhrada za tuto frézu byla od roku 1985 do výzbroje Československé lidové armády zavedena sněhová fréza SOV- DE-210A, postavená na základě nákladního automobilu ZIL-131. [16][17]

Také byla používána sněhová fréza SOV - D-902, která byla postavena na bázi nákladního automobilu Ural-375E. [18]



Obr. 7 Vozidlo zimní údržby ČSLA SOV - D-470 [5]

Tab. 1 Základní údaje sovětských sněhových fréz [15][16][17][18]

vozidlo	výkon frézy	šířka záběru	vzdálenost odhození sněhu	max. vrstva sněhu	hmotnost vozidla	průměr šneků	rychlost šneku	průměr oběžného kola	rychlost oběžného kola
D-262	500 t/hod	2,65 m	20 m	1,2 m	10,15 t	500 mm	318,8 ot/min	-	-
D-470	625 t/hod	2,52 m	25 m	1,2 m	8,82 t	450 mm	318 ot/min	975 mm	425 ot/min
D-902	1 200 t/hod	2,81 m	37 až 64 m	1,5 m	15,2 t	-	-	-	-
DE-21 0A	1 000 t/hod	2,56 m	40 m	1,3 m	10,87 t	-	-	-	-

1.2.3 PŘÍDAVNÉ SNĚHOVÉ FRÉZY

Přídavné sněhové frézy se dají připojit na velkou škálu různých vozidel, od vlaků, specializovaných vozidel a nákladních automobilů přes vozidla městské služby (viz *obr. 8*) a čtyřkolky, až po malou zahradní techniku, jako třeba tera vari v případě této práce. Tyto frézy se mohou velmi dramaticky lišit ve svých rozměrech, výkonech a schopnosti odstranit sníh. Podle vozidla, nebo stroje, ke kterému je fréza připojena, se určí způsob pohonu přídavné frézy. U zahradní techniky může být fréza připojena přímo ke spalovacímu nebo elektrickému motoru, u traktorů přes kloubovému hřídeli a u ostatních vozidel může být fréza poháněna hydraulikou.



Obr. 8 Přídavná sněžná fréza pro vozidlo městské služby [6]

1.2.4 RUČNÍ SNĚHOVÉ FRÉZY

Tyto frézy také existují na škále velikostí a výkonů, ale menší než u přídavných fréz. Od nejmenších jednostupňových fréz na elektrický pohon pro odklízení sněhu z příjezdových cest, až po velké průmyslové stroje s třístupňovou konstrukcí a pásovými pojezdy užívaných v horských střediscích. Tento druh fréz se vyrábí v mnoha variantách a konfiguracích (viz *obr. 9*). Nad frézou je umístěn motor s říditky a ovládacími prvky. Osoba operující tyto frézy za nimi jde pěšky a ovládá je pomocí řídítek. Tento druh frézy je podobný jako v případě frézy konstruované v této práci s tím rozdílem, že se motor s říditky nedá odpojit a připojit k jinému přídavnému zařízení. Ruční sněhové frézy se dále dělí podle způsobu pohonu a pojezdu. Také existuje druh ruční sněhové frézy, která je svým vzhledem podobná křovinořezu. Tyto “motorové lopaty na sníh” bývají napájeny elektrickým motorem s akumulátorem a vynikají ve snadnosti ovládnání, ale jejich výkon bývá mnohem menší než u ostatních sněhových fréz.



Obr. 9 Různé druhy ručních sněhových fréz [7]

ELEKTRICKÝ POHON

Sněhové frézy s elektrickým pohonem mají menší výkon než ty s benzínovým motorem, ale mají výhodu snadnější manipulace, rychlejšího startu i při velmi nízkých teplotách a tiššího chodu. Pokud není fréza vybavena baterkou, tak musíme počítat s přívodem elektrické energie kabelem. Tento pohon je vhodný pro frézy používané na zpevněném povrchu s čerstvě napadaným sněhem.

BENZÍNOVÝ POHON

Sněhové frézy s benzínovým motorem jsou zpravidla mnohem výkonnější, což znamená, že zvládají náročnější terén a těžký, zledovatělý sníh v mnohem větším objemu, který pak odhazují do větší vzdálenosti. Menším frézám s jednostupňovou konstrukcí stačí zhruba 3,5 kW výkonu, ale větší dvoustupňové a třístupňové vyžadují alespoň 7 kW, nebo víc. Sněhové frézy využívají motory s jedním válcem, které mohou být dvoutaktní i čtyřtaktní (viz obr. 10). Benzínové motory pro frézy musí být konstruovány pro velmi nízké teploty, aby mohli být nastartovány a používány během zimy, kdy jsou potřeba. Mohou být vybaveny elektrickým startérem pro pohodlnější startování.



Obr. 10 Čtyřtaktní motor pro dvoustupňovou sněhovou frézu od firmy Honda [42]

HYBRIDNÍ POHON

Jedná se o technologii převzatou z automobilového průmyslu, jejíž výhody jsou jak ekonomické, tak ekologické. Jedná se o kombinaci benzinového čtyřtaktního motoru s elektromotory, kdy pojezd frézy zajišťují výhradně elektromotory v pojezdových pásech a spalovací motor se stará o pohon frézovacího mechanismu a elektrocentrály, která napájí pojezdové elektromotory a nabíjí akumulátor. Dohromady to znamená nižší spotřebu paliva, menší hlučnost, méně emisí a nižší provozní náklady.

KOLOVÉ POJEZDY

Kolové sněhové frézy (viz *obr. 10*) jsou vhodné pro zpevněné povrchy v nižších nadmořských výškách nebo všude tam, kde v zimě napadne jen tenčí vrstva sněhu a to ještě nejlépe nepravidelně. Jsou šetrnější k odklízenému povrchu a snadno se s nimi manévruje při práci i v garáži, než pásové frézy. Nevýhodou je však nízká trakce kol na sněhovém povrchu, kola mohou začít prokluzovat a tím se sněhová fréza zastaví. Sněhové řetězy pomáhají jen částečně.

PÁSOVÉ POJEZDY

Zejména v horských oblastech, ve vyšších nadmořských výškách, kde pravidelně padá velké množství sněhu nebo kde se tvoří velké závěje, jsou pásové sněhové frézy (viz *obr. 11*) více vhodné. Větší nánosy sněhu se dají odklízet po vrstvách díky tomu, že pásy mají větší trakci než kola a dovolují fréze jezdit na povrchu sněhu. Sněhové frézy vybavené pásy také mnohem lépe zvládají těžký a nepřístupný terén. Výška frézované vrstvy sněhu lze nastavit podle potřeby. Pásy mají nevýhodu horší manévrovatelnosti při práci ale hlavně když je motor vypnutý, například v garáži při skladování frézy.



Obr. 11 Porovnání kolového a pásového pojezdu u sněžných fréz [8][9]

1.2.5 MANUÁLNÍ SNĚHOVÁ FRÉZA

Existují sněhové frézy bez jakéhokoliv pohonu, které fungují jen na bázi manuální práce člověka. Tyto frézy vypadají jako klasické lopaty na sníh, ale mají na sobě namontovaný malý šnek frézy, který se otáčí, když je lopata tlačena po zemi. Mezi tyto frézy patří například manuální sněhová fréza MSF 570 od firmy Einhell (viz obr. 12).



Obr. 12 Manuální sněhová fréza MSF 570 [10]

1.2.6 AUTONOMNÍ SNĚHOVÉ FRÉZY

Autonomní sněhové frézy fungují na stejném principu jako autonomní vysavače nebo sekačky na trávu. Některé modely mohou mít několik vyměnitelných přídatných zařízení, například pro sekání trávy, odfoukávání listí a frézování sněhu. Ovládané mohou být buď dálkovým ovládním, nebo pomocí GPS, senzorů a kamer. Tyto stroje mají elektrický motor s akumulátorem a sami si přijedou dobít energii. Nejčastěji mají pásové pojezdy, ale existují i modely s kolovými pojezdy. První plně autonomní sněhová fréza byl snowbo (viz obr. 13) od firmy Roboworx, která byla financována crowdfundingem. Autonomní sněhové frézy jsou velmi drahé přístroje, které si nedokáží poradit s velkým množstvím sněhu a nehodí se do těžkých podmínek. Nejlépe fungují pro malé vrstvy čerstvě napadaného sněhu na zpevněném povrchu nebo rovných zahradách.



Obr. 13 Autonomní sněhová fréza SNOWBO [12]

2. SOUČÁSTKY SNĚHOVÝCH FRÉZ

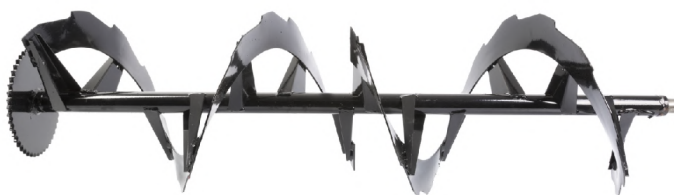
V této části práce budou popsány nejdůležitější součásti sněhových fréz, což jsou součásti mechanismu, který frézuje, pohání a odhazuje sníh. Tyto součástky a jejich přítomnost v mechanismu rozhodují o tom, jestli je sněhová fréza jednostupňová, dvoustupňová, nebo třístupňová. Všechny typy sněhových fréz mají šnekovnici nějakého druhu, ale jednostupňové ji využívají samotnou pro nabírání i odhoz sněhu. Dvoustupňové a třístupňové ještě obsahují oběžné a akcelerační kola, která zlepšují efektivitu práce, rychlost nabírání a vzdálenost odhození sněhu.

2.1 ŠNEKOVNICE

Šneky jednostupňových sněhových fréz jsou většinou vyrobeny z tvrdého plastu nebo gumy. Mohou to být plné šnekovnice, obvodové nebo lopatkové, stejně jako u dvoustupňových a trojstupňových fréz. Nabírají sníh a vhání ho do skříně frézy, odkud je vytlačen ven výtlačným žlabem. Tyto šneky se dotýkají a odírají zem, takže se na rozdíl od dvoustupňových sněhových fréz opotřebovávají. Většina šneků jednostupňových fréz má otvory pro indikování nadměrného opotřebení. Když se gumové šneky opotřebují až k otvorům, je čas na jejich výměnu. Šneky jednostupňových fréz jsou navrhovány pro snadnou výměnu i v domácích podmínkách.

Dvoustupňové sněhové frézy, podobně jako třístupňové, používají ozubené ocelové lopatky nebo šneky (viz *obr. 14*) k prořezávání středně těžkého, těžkého, mokrého nebo zledovatělého sněhu, který je dále vháněn k oběžnému kolu. Ačkolí se mohou poškodit, pokud narazí na nějaký předmět, například velký kámen, šneky dvoustupňových sněhových fréz se obvykle neopotřebovávají, protože se nedotýkají odklízených ploch a jsou vyrobeny z pevného materiálu. Přestože se však neopotřebovávají, je třeba je udržovat.

Šneky dvoustupňových fréz jsou spojeny se šnekovými hřídeli. Je to kov na kov, a protože se mezi tyto části může dostat vlhkost, mají potenciál spolu zrezivět, pokud nejsou udržovány. Pokud se tak stane, nelze šneky od šnekové hřídele oddělit, pokud se šnek poškodí a je třeba jej vyměnit. [24]



Obr. 14 122 cm dlouhá ocelová obvodová šnekovnice přídatné sněhové frézy pro čtyřkolku [25]

2.2 OBĚŽNÉ KOLO

Oběžné kolo (viz *obr. 15*) je součástí mechanismu dvoustupňových a třístupňových fréz. Otáčí se velkou rychlostí a pomocí lopatek, kterými jsou osázeny, odhazují sníh přiváděný šnekem ven z frézy skrz výtlačný komín. Většinou bývají ocelové, ale u levnějších modelů se mohou objevit i plastové verze. Díky těmto oběžným kolům dokáží dvoustupňové frézy odhazovat sníh do výrazně větší vzdálenosti a také nabírat větší množství sněhu, což znamená větší šířku

i výšku těchto fréz. Většina ručních sněžových fréz mají oběžné kolo o průměru 30 centimetrů, ale také se vyrábějí 35 centimetrové, které zvyšují výkonnost [26].

Může se stát, že po nějaké době používání dvoustupňových sněžových fréz se žlab při pokusu o přemístění velmi těžkého nebo mokrého sněhu či břechky neustále ucpává, je to pravděpodobně způsobeno tím, že mezi lopatkami oběžného kola a stěnou komory oběžného kola je mezera.

Tato mezera umožňuje sněhu a břechce proklouznout kolem lopatek a nahromadit se v žlabu a ucpat jej. To způsobuje snížení schopnosti oběžného kola účinně pohánět sníh vzhůru žlabem, což má za následek menší odhazovou vzdálenost. Tento problém se dá vyřešit úpravou lopatek oběžného kola přidáním pryžového pásu, který tuto mezeru odstraní. Pokud je tato mezera menší než 0,6 cm nebo větší než 1,6 cm, pravděpodobně tato úprava není potřeba nebo nelze použít. Sady pro tento typ úprav se dají pořídit přímo u výrobců sněžových fréz nebo u prodejců náhradních dílů.

Tímto se prakticky eliminuje problém s ucpáváním žlabu mokrým sněhem a může se prodloužit odhazová vzdálenost sněžové frézy až o 30-50 %. Tato úprava nevyřeší problém s ucpáváním kompletně, protože ucpávání se nejde zcela zbavit, pokud je vlhkost sněhu vyšší než 50 % (např. velmi mokrá břechka se v žlabu mění na led), ale výrazně se ucpávání eliminuje.

Výrobci nechávají mezi kovovými lopatkami oběžného kola a kovovými stěnami komory, ve kterém se oběžné kolo otáčí, mezeru, protože ložisko oběžného kola se časem opotřebává a toto opotřebení způsobuje kmitání při otáčení oběžného kola. Tato mezera toto kmitání zohledňuje, pokud k němu dojde, a předchází situaci, kdy by mohlo dojít k drhnutí kovu o kov. To by mohlo způsobit značné poškození oběžného kola a stěn komory, ve kterém se otáčí, což by vyžadovalo velmi nákladné opravy. Vzhledem k tomu, že tato úprava využívá pryžové proužky, které se při kontaktu se stěnami válce rovnoměrně opotřebávají, je případné budoucí kmitání v otáčení oběžného kola eliminováno, aniž by byla narušena provozní integrita sněžové frézy nebo účinnost při přemísťování sněhu a břechky. [27]



Obr. 15 Ocelové oběžné kolo se třemi lopatkami vyráběné firmou Husqvarna [28]

2.3 AKCELERAČNÍ KOLO

Akcelerátor (viz *obr. 16*) je součástka, která odlišuje třístupňové sněhové frézy od dvoustupňových fréz a výrazně zvyšuje výkonnost a efektivitu sněžných fréz. Akcelerátor je umístěn v přední části sněžné frézy, uprostřed šneku, ke kterému je kolmo a točí se až desetkrát rychleji než samotný šnek. Jak název napovídá, akcelerátor urychluje odklizení sněhu tím, že odebírá sníh ze šneku a tlačí ho dozadu, do oběžného kola [26]. Typický průměr akcelerátoru třístupňové sněhové frézy je 30 nebo 35 centimetrů. [29]



Obr. 16 Akcelerátor třístupňové sněhové frézy vyrobený firmou MTD [30]

3. Historie

Robert Carr Harris z Maple Green v Novém Brunšviku si v roce 1870 nechal patentovat "železniční šroubový sněhový bagr". Ale první rotační sněhovou frézu vynalezl v roce 1869 v kanadském Torontu zubař J. W. Elliot. Nikdy nepostavil funkční model ani prototyp. Orange Jull z Orangeville v Ontariu rozvinul Elliotův návrh a postavil funkční modely, které testoval s pískem. V zimě 1883-84 uzavřel Jull smlouvu s firmou Leslie Brothers z Toronta na stavbu prototypu ve skutečné velikosti, který se osvědčil. Jull později prodal svá konstrukční práva bratrům Leslieovým, kteří založili společnost Rotary Steam Shovel Manufacturing Company v Patersonu ve státě New Jersey. Společnost Leslie Brothers uzavřela smlouvu s firmou Cooke Locomotive & Machine Works v Patersonu, aby provedla vlastní konstrukci.

V Americe se rotační sněhové frézy používaly na tratích s velkým množstvím sněhu, například na železnici v Bílém průsmyku a na Yukonu. V různých variantách vyrábělo sněhové frézy podle tohoto patentovaného vzoru, zvaný Leslie, také několik evropských firem pro potřeby různých železničních společností provozujících železnice především v Alpách nebo v severských zemích Evropy [1].

V roce 1923 si Robert E. Cole nechal patentovat sněhovou frézu, která fungovala tak, že pomocí šneků a oběžných kol odstraňovala sníh z povrchu. Objevily se i různé další inovace. Za vynálezce první praktické sněhové frézy je však obecně považován Arthur Sicard (1876-1946). V roce 1925 dokončil svůj první prototyp, který vycházel z koncepce popsané v roce 1894. Založil společnost Sicard Industries v Sainte-Thérèse v Quebecu a v roce 1927 už jeho vozidla sloužila k odstraňování sněhu z vozovek města Outremont, které je dnes městskou částí Montrealu (viz *obr. 17*). Jeho společnost je nyní divizí společnosti SMI-Snowblast, Inc. z Watertownu ve státě New York.

Ve Švýcarsku byly na počátku 20. století vybudovány železniční tratě přes velmi vysoké průsmyky, jako jsou Gotthard, Lötschberg, Furka a Bernina. Sněhové frézy se tak staly standardním vybavením železničních společností, zejména zde a později i ve Francii, Německu, Itálii i jinde. Podle dostupných zdrojů byly první dvě sněžné rolby ve Švýcarsku postaveny pro trať spojující Chur, přes Davos, Svatý Mořic a italské město Tirano v podhůří Alp. Poslední parní sněhové frézy vyrobila firma Henschel pro Říšské dráhy v roce 1943. Dva stroje byly trvale v pohotovosti pro vlak říšského vůdce Hitlera při jeho cestách na jih Německa do jeho Orlího hnízda v Alpách. Dva trofejní stroje údajně skončily v Československu [1].



Obr. 17 Sicardova sněžná fréza z třicátých let dvacátého století ve městě Montreal [13]

4. Bezpečnost

Jedním z problémů konstrukce sněhové frézy je, že se sníh může nahromadit ve šneku, který se pak zasekne a zastaví motor. To je komplikováno tím, že šnek se může deformovat dříve, než klade motoru dostatečný odpor, aby se vypnul. Pokud se uvíznutí odstraňuje ručně, je možné, že se šnek náhle a velkou silou vrátí do svého přirozeného tvaru a může zranit obsluhu. Sněhové frézy jsou hlavní příčinou úrazových amputací rukou a prstů. Správný postup je vypnout motor i spojku a poté odstranit uvíznutí násadou od koštěte nebo jiným dlouhým předmětem. Ve snaze zvýšit bezpečnost dnes mnoho výrobců dodává plastový nástroj, který se používá k odstranění uvíznutí, často namontovaný přímo na sněhovou frézu.

Většina moderních strojů zmírňuje tento problém tím, že obsahuje bezpečnostní systém známý jako "spínač mrtvého muže" (viz *obr. 18*), který zabraňuje otáčení mechanismu, když obsluha není u ovládacích prvků. V některých jurisdikcích mohou být tyto systémy povinné. [19]



Obr. 18 Příklad spínače mrtvého muže používaný na zahradní technice [41]

5. KONSTRUKČNÍ NÁVRH SNĚHOVÉ FRÉZY

Tato část práce se zaměří na popis pohonné jednotky a konstrukci vlastní sněhové frézy. Budou popsány jednotlivé části konceptu frézy a součástky, ze kterých se skládají. Potom budou provedeny výpočty externě dodávaných komponentů, jako jsou řemeny, ložiska a těsné pera.

5.1 POHONNÁ JEDNOTKA

Tato sněžná fréza je konstruována primárně pro pohonnou jednotku JIKOV 1453 ISKRA s řídky (viz *obr. 19*). Tento dvoutaktní motor, určený pro připojení ke stavebnicovým systémům VARI a DAKR, má výkon 3,5 kW a krouticí moment 10 Nm při 3500 otáčkách za minutu. Spojení s frézou zajistí odstředivá spojka s průměrem 80 mm. Obsah motoru je 133 cm³ s vrtáním 56 mm a zdvihem 54 mm. Motor bez řídek váží 17 kilogramů a jeho palivová nádrž má objem 3 litry. [37]



Obr. 19 Pohonná jednotka JIKOV 1453 ISKRA s řídky [32]

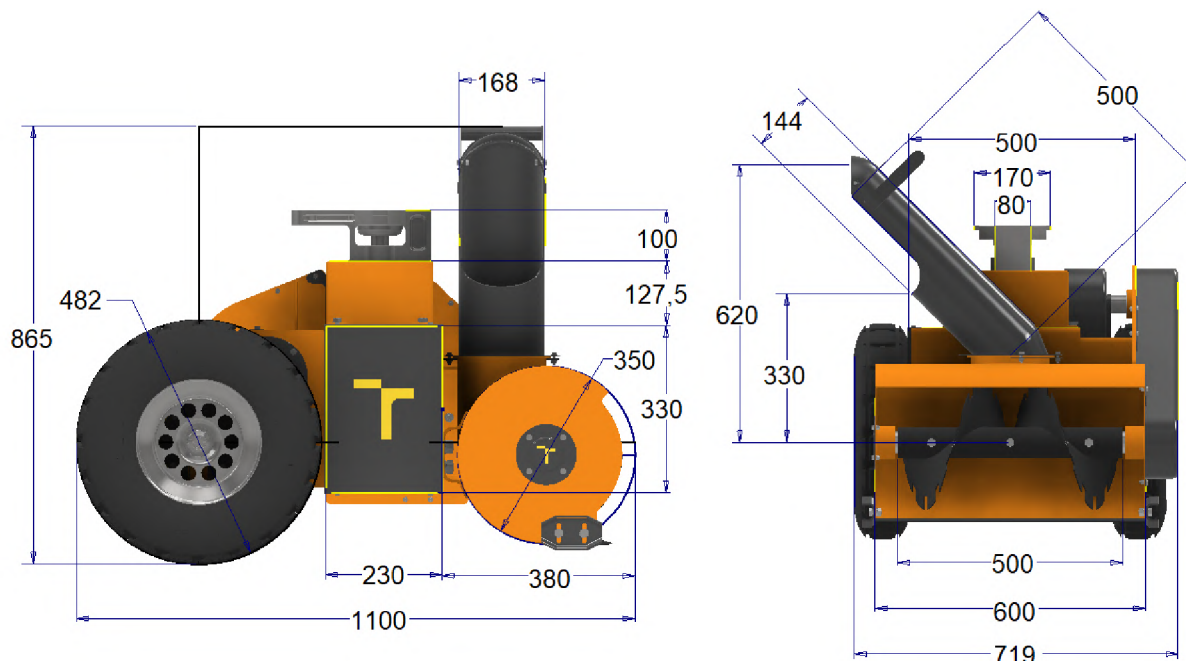
5.2 KONSTRUKČNÍ ROZVAHA

V této práci je konstruován koncept pro jednostupňovou sněhovou frézu, která je určena pro odklizení spíše menších vrstev lehkého sněhu na zpevněném povrchu (viz *obr. 20*). Skládá se ze tří základních částí: přední, ve které je umístěna šnekovnice a komín pro odhazování sněhu. Prostřední, na které je umístěno dosedací těleso, na kterém bude sedět pohonná jednotka, a hřídel řemenic, ze které vedou řemeny dopředu ke šnekovnici a dozadu ke kolům. A zadní, ke které je připojena náprava kol a jsou v ní ozubená kola, které zajišťují převod do pomala, pro pohon kol.



Obr. 20 Sestava sněhové frézy

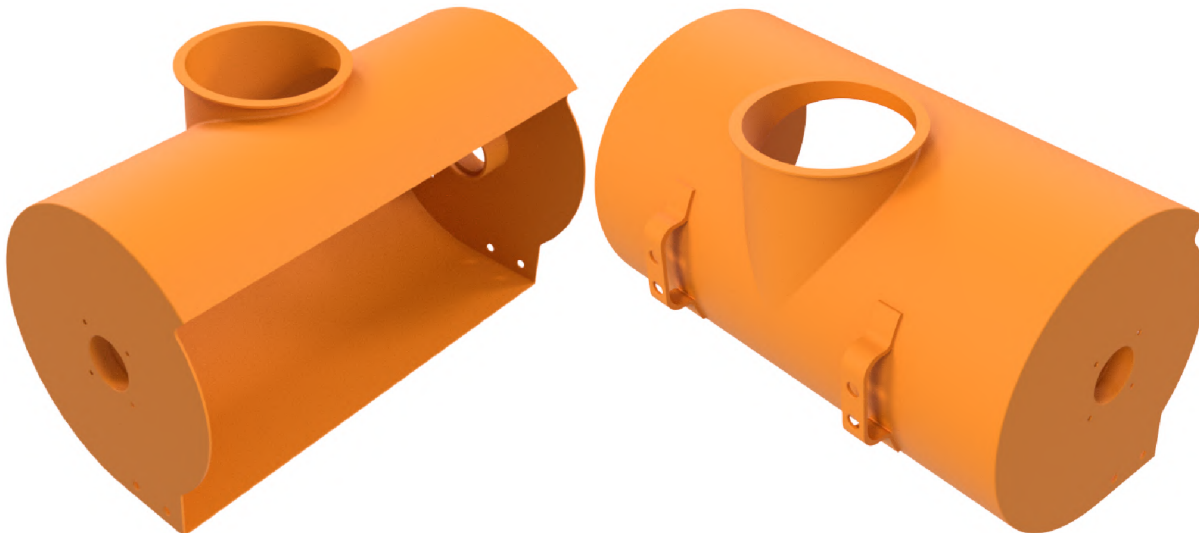
Celá sestava frézy je zhruba 1100 milimetrů dlouhá, 865 milimetrů vysoká a 719 milimetrů široká. Na obrázku číslo 21 jsou zaznačeny nejdůležitější rozměry frézy v milimetrech.



obr. 21 Rozměry sestavy sněhové frézy

5.2.1 PŘEDNÍ ČÁST

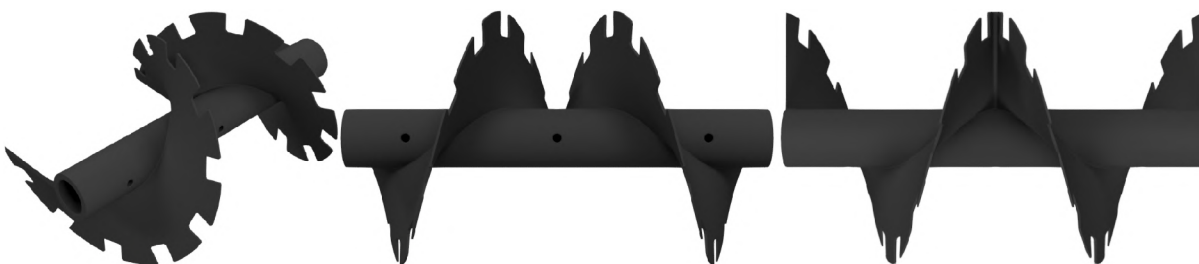
Přední část konstrukce sněhové frézy tvoří válec s otevřeným bokem, kudy je nabírán sníh, a otvorem ve stěně pro komín (viz obr. 22). Středem prochází hřídel šneku, která je z pravé strany chráněná krytem a na levé straně je připojena řemenice. Řemen ke šneku má převodový poměr 1:1 a je chráněn velkým krytem, který je částečně připevněn k přední části a částečně k prostřední. K prostřední části je přední připojena čtyřmi šrouby. Tyto šrouby jsou umístěny na kusech plechu, které jsou na zadní straně přivařeny k přední části (viz obr. 22). Přední část je tvořena plechem s tloušťkou tři milimetry.



Obr. 22 Přední část sněžové frézy (přední a zadní pohled)

ŠNEKOVNICE

Přední část sněžové frézy obsahuje asi nejdůležitější část celé konstrukce - šnekovnici (viz obr. 23), ta se stará o samotné frézování a nabírání sněhu. Tato fréza obsahuje plnou šnekovnici vyrobenou z tvrzeného plastu, která je tvořena ze dvou jednochodých závitů. Tyto závity jdou proti sobě a setkávají se uprostřed šnekovnice, kde tvoří lopatku, která vyhodí vyfrézovaný sníh nahoru a skrze komín ven. Na šnekovnici jsou zuby, které pomáhají rozbít a nabrat tvrdší sníh a propracovat se vyššími vrstvami sněhu. Zuby jsou šest centimetrů dlouhé a tři centimetry vysoké. Celá šnekovnice je dlouhá padesát centimetrů a její průměr je třicet centimetrů. Šnekovnice je připojena k hřídeli pomocí tří šroubů.



Obr. 23 Šnekovnice (pohledy ze strany, zepředu, shora)

Komín

Na horní části je umístěn komín, který slouží k usměrnění odfrézovaného sněhu žádoucím směrem. Komín je dlouhý padesát centimetrů a je pod úhlem 45°. Úhel byl zvolen pro lepší odvod sněhu a aby komín nedošel do kontaktu s motorem. Na konci komínu je umístěn deflektor, který při sklopení zmenší úhel pod kterým z komínu létá sníh o 45° (viz obr. 24). Tímto se zmenší vzdálenost odhození sněhu, což může být v některých situacích žádoucí. S komínem je pomocí rukojeti na horním konci možné otáčet o 180° kolem osy jeho základny. Otáčení je docíleno pomocí rozšířeného okraje otvoru, na kterém sedí komín a kovového půlkruhu, který je třemi šrouby spojen se základnou komínu a je umístěn ze spodu tohoto rozšířeného okraje (viz obr. 24).



Obr. 24 Komín (bez deflektoru, s deflektorem, řez základny)

PATKY A STĚRAČ

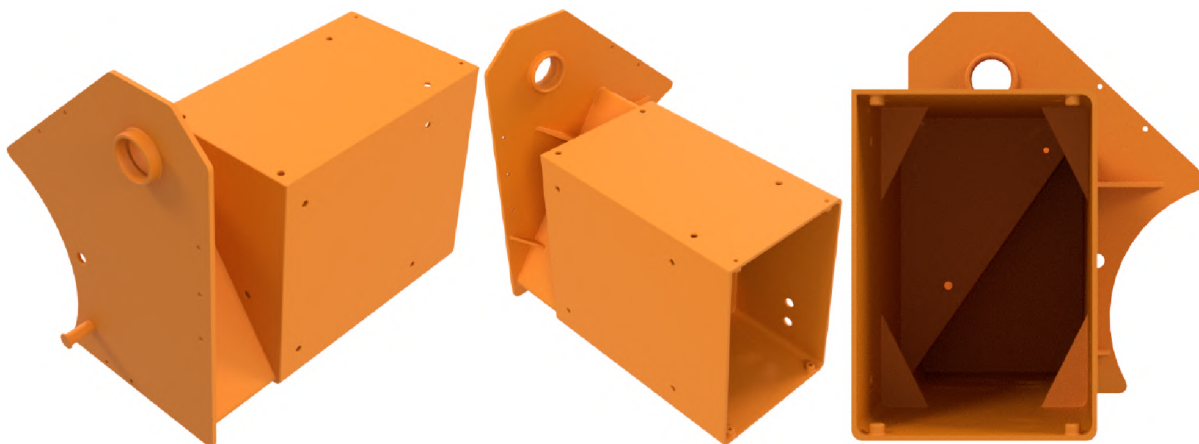
Z každé strany přední části frézy jsou dvěma šrouby připojeny kovové patky, nebo také skluznice, s nastavitelnou výškou (viz obr. 25). Tyto patky mají sedm možných nastavitelných výšek a slouží k nadzvednutí přední části v případě nerovného terénu. Sice toto nadzvednutí způsobí zanechání vrstvy sněhu, ale fréza se nezasekne o nerovný terén a šnekovnice se ochrání před poškozením. K přední části frézy je také přichycen gumový “stěrač”, který stírá uchycený sníh ze země a zabraňuje zanechání vrstvy sněhu za frézou (viz obr. 25).



Obr. 25 Patky a stěrač

5.2.2 PROSTŘEDNÍ ČÁST

Prostřední část konstrukce sněhové frézy tvoří kvádr se zkosenou částí pro řemen na kola a velkým plechem na boční straně pro uchycení řemenic a krytu řemene šneku (viz obr. 26). Konstrukce je vyztužena trojúhelníkovými kusy plechu a z boku je přišroubován kryt, který chrání všechny šrouby uvnitř. Ve zkosené části je uchyceno rameno napínací kladky řemene. Na horní straně je umístěno dosedací těleso, na kterém bude sedět motor a od něho vede hřídel řemenic. Ve výše zmíněném plechu na boční straně je otvor pro hřídel řemenic a je v něm umístěno ložisko s gufery. K tomuto plechu je také uchycen kryt řemenice šneku a kladka s pružinou pro napnutí tohoto řemene. Plech těsně kopíruje zakřivení přední části a je široký sedm milimetrů. Kvádr je vysoký 33 centimetrů, široký 23 centimetrů, dlouhý 50 centimetrů a je vyroben z plechu širokého pět milimetrů.



Obr. 26 Prostřední člen

DOSEDACÍ TĚLESO

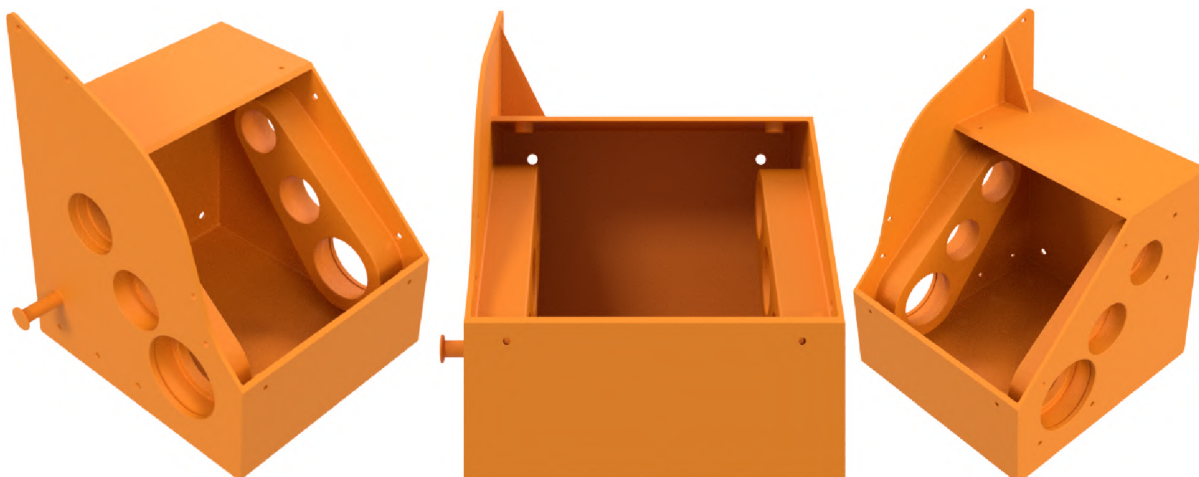
Na této odlévané součástce je usazen motor a je v ní umístěna druhá polovina odstředivé spojky, kterou je vybaven motor. Motor je uchycen pomocí dvou úpon, které se zachytí za dva výstupky na stranách dosedacího tělesa a v zadní části je otvor s aretačním šroubem, který slouží k zajištění motoru na místě. Spojka má vnitřní průměr 80 milimetrů a jde od ní hřídel dolů ke kuželovým ozubeným kolům pod úhlem 90°. V dosedacím tělesu je uloženo ložisko s guferem pro hřídel spojky. Kuželové ozubené kola mají převodový poměr 4:1 pro redukování otáček na řemenice z 3500 ot/min na 875 ot/min. Větší ozubené kolo se šedesáti zuby je připojeno k hřídeli spojky a menší ozubené kolo s patnácti zuby je připojeno k hřídeli řemenic. Modul ozubených kol je tři a jsou chráněny před okolním prostředím díky plechové součásti, která je obklopuje a je z horní strany přišroubovaná k prostřední části (viz obr. 27). Z této součásti vystupuje hřídel řemenic a v její stěně je ložisko s guferem. Na hřídeli řemenic jsou dvě řemenice, jedna vede ke šneku a druhá ke kolům.



Obr. 27 Dosedací těleso a pohled v řezu na dosedací těleso s hřídeli řemenic

5.2.3 ZADNÍ ČÁST

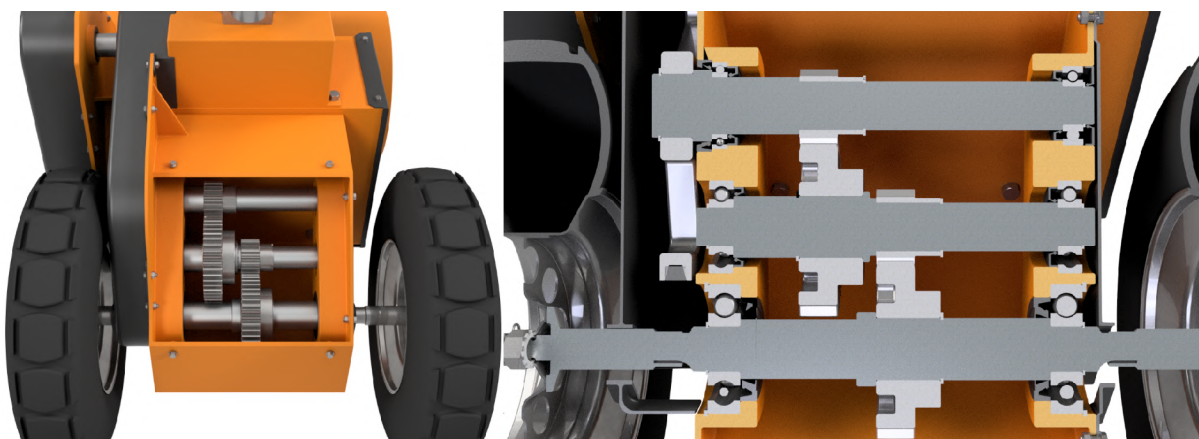
Zadní část konstrukce sněžné frézy tvoří krychle se sraženou hranou (viz obr. 28). Ve sražené hraně je otvor pro manipulaci se šrouby a hřídelemi uvnitř, který je zakryt víkem, aby se zabránilo vniku nečistot. Na levé straně je stěna prodloužena směrem nahoru, aby k ní bylo možné přišroubovat kryt zadního řemene a je zde úchyt pružiny pro napínací kladku řemene. Toto prodloužení je vyztuženo trojúhelníkovým kusem plechu. Uvnitř jsou na obou stranách výstupky, ve kterých jsou umístěny dvě hřídele s ozubenými koly a hřídel nápravy. Zadní část je vyrobena z plechu tlustého pět milimetrů a je vysoká a široká 31 centimetrů a dlouhá 34 centimetrů. K prostřední části je ta zadní připojena čtyřmi šrouby ve stěně součástí.



Obr. 28 Zadní část

OZUBENÁ KOLA

Aby fréza jezdila přiměřenou rychlostí pro průměrného člověka, tak se musí velmi dramaticky snížit otáčky pojezdových kol. Toho se docílí pomocí řemenového převodu a ozubených kol (viz obr. 29). První sada kuželových ozubených kol, pod dosedacím tělesem, redukuje otáčky na čtvrtinu z maximálních 3500 na 875 ot/min, potom následuje řemenový převod, který otáčky redukuje na polovinu na 437,5 ot/min a potom jsou dvě sady ozubených kol. Obě sady mají převodový poměr 0,4:1 a redukují otáčky první na 175 a potom na 70 ot/min. Ozubená kola v zadní části mají 18 a 45 zubů a modul mají tři. Na pravé straně jsou hřídele chráněny malým krytem a na levé straně se nachází velký kryt pro řemen.



obr. 29 Hřídele s ozubenými koly a řez těmito hřídeli

NÁPRAVA

Náprava je tvořena 616 milimetrů dlouhou hřídelí s koly o průměru 482 milimetrů a pneumatikami širokými 124 milimetrů, jejichž rozchod je 570 milimetrů. Při maximálních otáčkách, které by nakolech byli 70 ot/min, by fréza byla teoreticky schopna jet rychlostí 1,767 m/s, neboli 6,361 km/h. Uprostřed hřídele nápravy je umístěno ozubené kolo, kterým se přivádí síla z motoru a na místech kde hřídel vystupuje ze zadní části jsou umístěna ložiska s gufery. U kol je na hřídeli drážkování a na něm je nasunut náboj, který je opřen o kolo z

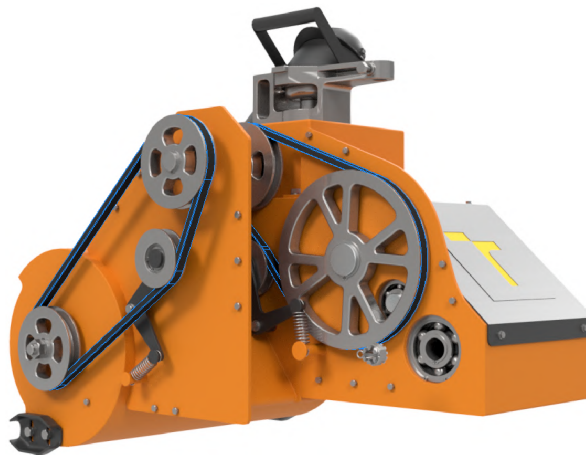
vnitřní strany. Z venkovní strany je korunová matice se závlačkou, která je protažena otvorem v hřídeli (viz obr. 30). Na kola by se mohlo přidat závaží pro zvýšení trakce na nerovném, nebo zmrzlém povrchu.



Obr. 30 Kola a náprava v řezu

5.3 VÝPOČTY ŘEMENOVÝCH PŘEVODŮ

Fréza obsahuje celkem dva řemeny a čtyři řemenice o dvou velikostech (viz obr. 31). První řemen pohání šnekovnici a druhý řemen pohání ozubená kola, která vedou k nápravě frézy. Hřídel řemenic bude dosahovat maximálních otáček 875 ot/min. Hřídel šnekovnice se bude otáčet stejnou rychlostí a na kola budou řemenicí otáčky redukovány na polovinu.



Obr. 31 Zvýrazněné řemeny s odstraněnými součástkami pro lepší náhled

Vstupní otáčky hřídele řemenic:

$$n_1 = 875 \text{ ot/min}$$

Výstupní otáčky hřídele šneku:

$$n_{2s} = 875 \text{ ot/min}$$

Výstupní otáčky hřídele na kola:

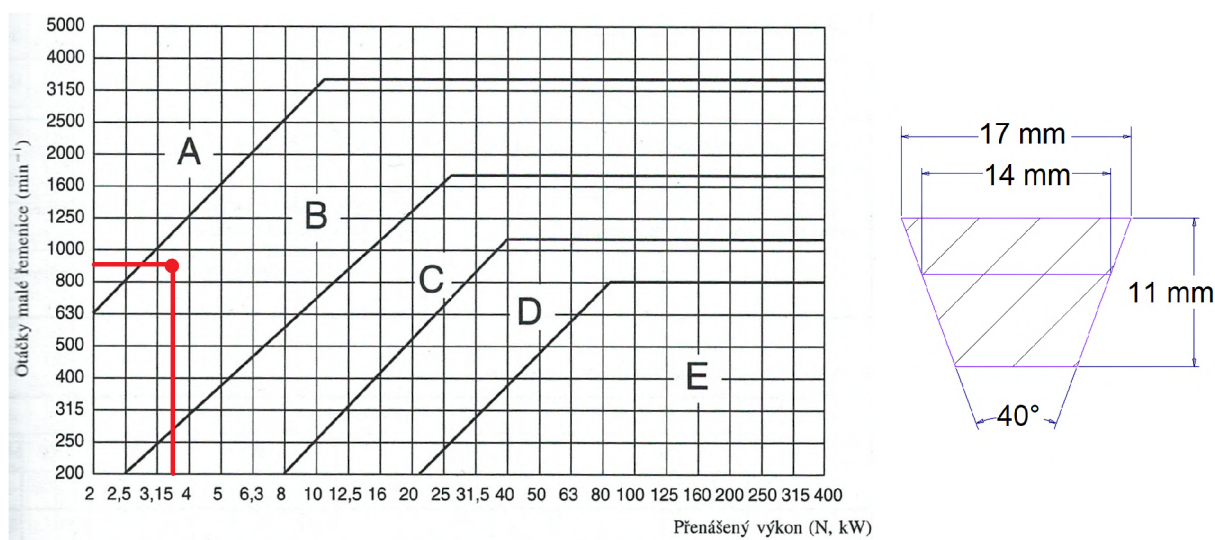
$$n_{2k} = \frac{875}{2} = 437,5 \text{ ot/min} \quad [\text{ot/min}] \quad (1)$$

Převodový poměr hřídele šneku: 1:1

Převodový poměr hřídele na kola: 1:2

5.3.1 URČENÍ PRŮŘEZU KLÍNOVÉHO ŘEMENE

Podle zadaného přenášeného výkonu a otáček malé řemenice volíme z diagramu (viz obr. 32) průřez řemene A, B, C, D nebo E. Průřez řemenů Z lze použít do 2 kW přenášeného výkonu [31]. Vybrán byl řemen s profilem B (viz obr. 32).



Obr. 32 Diagram pro určení průřezu řemene [31] a průřez řemenu s profilem B

5.3.2 URČENÍ PRŮMĚRU ŘEMENIC

Z tabulky číslo 2 bude vybrán průměr malých řemenic podle zvoleného průřezu řemene. Vybereme spíše menší průměr z důvodu minimalizace rozměrů sestavy.

Tab. 2 Minimální výpočtové průměry řemenic [31]

Průřez	Úhel boků drážky řemenice α				Mezní úchytky úhlu α
	34°	36°	38°	40°	
	Výpočtový průměr řemenice d_p (mm)				
Y	32... 63	≥ 71			$\pm 1^\circ$
Z	50... 71	80... 100	112... 160	≥ 180	
A	75... 112	125... 160	180... 400	≥ 450	
B	125... 160	180... 224	250... 500	≥ 560	
C		200... 315	355... 630	≥ 710	$\pm 0^\circ 30'$
D		355... 450	500... 900	≥ 1000	
E		500... 560	630... 1120	≥ 1250	

Zvolený průměr malé řemenice:

$$D_1 = 125 \text{ mm}$$

Zvolený průměr velké řemenice:

$$D_2 = 125 \cdot 2 = 250 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Podle výpočtů a tabulky číslo 2 bude malá řemenice zvolena SPB 125-1 - nevrtná (viz obr. 33). Toto je klínová řemenice s nábojem bez díry, která se vyrábí ze šedé litiny. Její provedení vychází z normy ISO 4183. Řemenice jsou dodávány jako polotovary a pro upevnění na hřídele je nutné upravit vnitřní otvor [34]. Velká řemenice bude zvolena SPB 250-1 - nevrtná. Jsou to řemenice s jednou drážkou. Malá řemenice váží 2,3 kilogramu a velká váží 6,2 kilogramu. [33][34]



Obr. 33 Řemenice SPB 125-1 - nevrtná [35]

5.3.3 OVĚŘENÍ RYCHLOSTI ŘEMENE

Dále je potřeba zkontrolovat rychlost řemene a ujistit se, že nepřesahuje maximální rychlost udanou výrobcem. Opláštěvané klínové řemeny jsou vhodné pro rychlosti pouze do 35 m/s. [36]

Rychlost řemene:

$$v = \pi \cdot D_2 \cdot \frac{n_{2k}}{60} \quad [\text{m/s}] \quad (3)$$

$$v = \pi \cdot 0,125 \cdot \frac{875}{60} = 5,727 \text{ m/s}$$

$$v \leq v_{\max}$$

Spočítaná rychlost je menší než maximální a tedy vyhovuje.

5.3.4 OVĚŘENÍ OSOVÉ VZDÁLENOSTI

Kontroluje se také osová vzdálenost řemenic, nesmí být moc malá, aby se zachoval dostatečný úhel opásání pro přenos výkonu a zároveň nesmí být příliš velká.

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2A} \quad [-] \quad (4)$$

$$\cos \frac{90^\circ}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2A}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2A}$$

Minimální osová vzdálenost řemenic šneku:

$$A_{\text{minš}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (D_1 + D_2) \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

$$A_{\text{minš}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (125 + 125) = 176,777 \text{ mm}$$

Minimální osová vzdálenost řemenic na kola :

$$A_{\text{mink}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (D_1 + D_2) \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

$$A_{\text{mink}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (125 + 250) = 265,165 \text{ mm}$$

Maximální osová vzdálenost řemenic šneku:

$$A_{\text{maxš}} = 2 \cdot (D_1 + D_2) \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

$$A_{\text{maxš}} = 2 \cdot (125 + 125) = 500 \text{ mm}$$

Maximální osová vzdálenost řemenic na kola:

$$A_{\text{maxk}} = 2 \cdot (D_1 + D_2) \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

$$A_{\text{maxk}} = 2 \cdot (125 + 250) = 750 \text{ mm}$$

Osová vzdálenost řemenic šneku musí podle výpočtů ležet v rozmezí mezi 176,777 mm a 500 mm. Skutečná osová vzdálenost je 450 mm. Osová vzdálenost řemenic na kola musí podle výpočtů ležet v rozmezí mezi 265,165 mm a 750 mm. Skutečná osová vzdálenost je 268 mm. Obě osové vzdálenosti odpovídají výpočtům a tudíž můžeme pokračovat dále.

5.3.5 URČENÍ DÉLKY ŘEMENE

Pomocí úhlu opásání, osové vzdálenosti a průměru řemenic bude zjištěna minimální délka řemenů. Podle tohoto výsledku se potom vyberou normalizované délky řemenů.

Úhel opásání řemene šneku: U řemene šneku jsou obě řemenice stejně velké, z toho plyne že úhel α bude 180° a úhel γ bude 0° .

Úhel opásání řemene na kola:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2A} \quad [^\circ] \quad (9)$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{250 - 125}{2 \cdot 268}$$

$$\alpha = 153^\circ$$

$$\gamma = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} \quad [^\circ] \quad (10)$$

$$\gamma = 90^\circ - \frac{153^\circ}{2}$$

$$\gamma = 13,5^\circ$$

Délka řemene šneku:

$$L_{p_s} = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi D_1}{2} - \frac{2\pi D_1 \gamma}{360} + \frac{\pi D_2}{2} + \frac{2\pi D_2 \gamma}{360} \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

$$L_{p_s} = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{\pi\gamma(D_2 - D_1)}{180}$$

$$L_{p_s} = 2 \cdot 450 \cdot \sin \frac{180}{2} + \frac{\pi(125 + 125)}{2} + \frac{\pi \cdot 0 \cdot (125 - 125)}{180} = 1197,296 \text{ mm}$$

Délka řemene na kola:

$$L_{p_k} = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{\pi\gamma(D_2 - D_1)}{180} \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

$$L_{p_k} = 2 \cdot 268 \cdot \sin \frac{153}{2} + \frac{\pi(125 + 250)}{2} + \frac{\pi \cdot 13,5 \cdot (250 - 125)}{180} = 1096,619 \text{ mm}$$

Z výpočtů vyplívá, že řemen šneku bude dlouhý 1197,296 mm a řemen na kola bude dlouhý 1096,619 mm. Z tabulky číslo 3 vybereme nejbližší delší normalizovanou délku řemene. Větší délka řemene bude přínosná pro snazší montáž a bude kompenzovaná napínací kladkou s pružinou.

Tab. 3 Normalizované výpočtové délky řemene (tabulka byla zkrácena) [31]

Výpočtová délka řemene L_p	Mezní úchylná délky	Max. rozdíl mezi délkami řemenů jedné sady	Průřez řemene					
			Z	A	B	C		
400	+14 -8	2	+	-	-	-		
450			+					
500			+					
560			+	+				
630			+	+				
710			+	+				
800			+	+	+			
900			+	+	+			
1000	+14 -10		+	+	+			
1120			+	+	+			
1250	+16 -12	4	+	+	+			
1400			+	+	+			
1600			+	+	+			
1800			+24 -12		+	+	+	
1800					+	+	+	+

Pro řemen šneku bude zvolen řemen dlouhý 1250 mm a pro řemen na kola 1120 mm. Objednávkové označení těchto řemenů je ŘEMEN B- 1250 ČSN 02 31 10 a ŘEMEN B- 1120 ČSN 02 31 10.

5.4 VÝPOČTY LOŽISEK

V této části práce budou ložiska počítána a bude určeno jaké velikosti budou potřeba pro přenášený kroutící moment a jejich životnost při maximální zátěži, i více realistické zátěži 75%. Tato sněžná fréza je vybavena celkem jedenácti ložisky. Ložiska jsou od výrobce SKF a jsou vyráběna podle normy ČSN 024630 (viz obr. 34). Ložiska leží na šesti hřídelích a jejich vnitřní průměry se pohybují mezi 30 a 40 milimetry. Výpočty budou prováděny za předpokladu, že hřídele jsou z nějakého důvodu zastavené a motor se je snaží otáčet maximální silou. Tímto způsobem budou ložiska vystaveny maximálnímu kroutícímu momentu, i když v praxi se fréza do takové situace v podstatě nikdy nedostane. Výpočty budou provedeny s tím předpokladem, že kroutící moment vyvíjí sílu na vnitřní kroužek ložisek.



Obr. 34 Ložisko SKF 6407 [38]

Ložisko 1 (hřídel spojky)**Otáčky:**

$$n = 3500 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,03 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 61806

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 2900 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 4100 \text{ N}$$

Kroučící moment:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad [\text{Nm}] \quad (13)$$

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{3500}{60}} = 9,549 \text{ Nm}$$

síla vyvinutá kroučícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{D} \quad [\text{N}] \quad (14)$$

$$F = \frac{2 \cdot 9,549}{0,03} = 636,62 \text{ N}$$

$$C_0 \geq F$$

$$2900 \geq 636,62$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{C}{P} \right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad [\text{h}] \quad (15)$$

$$L_{10h \min} = \left(\frac{4100}{626,62} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 3500} = 1272,013 \text{ h}$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P \cdot 0,75} \right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad [\text{h}] \quad (16)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{4100}{626,62 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 3500} = 3015,141 \text{ h}$$

Ložisko 2 (hřídel řemenic)**Otáčky:**

$$n = 875 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,03 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 16006

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 7350 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 11900 \text{ N}$$

Kroučící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{875}{60}} = 38,197 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (17)$$

síla vyvinutá kroučícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 38,197}{0,03} = 2546,479 \text{ N} [\text{N}] \quad (18)$$

$$C_0 \geq F$$

$$7350 \geq 2546,479$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{11900}{2546,479} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 1943,843 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (19)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{11900}{1943,843 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 4067,629 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (20)$$

Ložisko 3 (hřídel řemenic)**Otáčky:**

$$n = 875 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,035 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 61907

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 7350 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 11100 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{875}{60}} = 38,197 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (21)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 38,197}{0,035} = 2182,696 \text{ N} [\text{N}] \quad (22)$$

$$C_0 \geq F$$

$$7350 \geq 2182,696$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{11100}{2182,696} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 2505,128 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (23)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{11100}{2182,696 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 5938,081 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (24)$$

Ložisko 4 (hřídel šneku)**Otáčky:**

$$n = 875 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,04 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 61908

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 9300 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 13800 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{875}{60}} = 38,197 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (25)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 38,197}{0,04} = 1909,859 \text{ N} [\text{N}] \quad (26)$$

$$C_0 \geq F$$

$$9300 \geq 1909,859$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{13800}{1909,859} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 7185,782 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (27)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{13800}{1909,859 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 875} = 17032,965 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (28)$$

Ložisko 5 je na stejné hřídeli a se stejným vnitřním průměrem jako ložisko 4, takže může být stejné.

Ložisko 6 (první hřídel ozubených kol)**Otáčky:**

$$n = 437,5 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,04 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 61909

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 9800 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 14000 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{437,5}{60}} = 76,394 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (29)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 76,394}{0,04} = 3395,305 \text{ N} [\text{N}] \quad (30)$$

$$C_0 \geq F$$

$$9800 \geq 3395,305$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{14000}{3395,305} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 437,5} = 2670,659 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (31)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{14000}{3395,305 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 437,5} = 6330,451 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (32)$$

Ložisko 7 (první hřídel ozubených kol)

Otáčky:

$$n = 437,5 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,03 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 6206

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 11200 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 20300 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{437,5}{60}} = 76,394 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (33)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 76,394}{0,03} = 5092,958 \text{ N} [\text{N}] \quad (34)$$

$$C_0 \geq F$$

$$11200 \geq 5092,958$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{20300}{5092,958} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 437,5} = 2412,396 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (35)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{20300}{5092,958 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 437,5} = 5718,271 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (36)$$

Ložisko 8 (druhá hřídel ozubených kol)

Otáčky:

$$n = 175 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,03 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 6306

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 16000 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 29600 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{175}{60}} = 190,986 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (37)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 190,986}{0,03} = 12732,395 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (38)$$

$$C_0 \geq F$$

$$16000 \geq 12732,395$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{29600}{12732,395} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 175} = 1196,618 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (39)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{29600}{12732,395 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 175} = 2836,428 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (40)$$

Ložisko 9 je na stejné hřídeli a se stejným vnitřním průměrem jako ložisko 8, takže může být stejné.

Ložisko 10 (náprava)

Otáčky:

$$n = 70 \text{ ot/min}$$

Průměr hřídele:

$$D = 0,035 \text{ m}$$

zvolené ložisko: 6407

Statická únosnost ložiska:

$$C_0 = 31000 \text{ N}$$

Dynamická únosnost ložiska:

$$C = 55300 \text{ N}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{70}{60}} = 477,465 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (41)$$

síla vyvinutá kroutícím momentem:

$$F = \frac{2 \cdot 477,465}{0,03} = 27283,705 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (42)$$

$$C_0 \geq F$$

$$31000 \geq 27283,705$$

Minimální trvanlivost ložiska:

$$L_{10h \min} = \left(\frac{55300}{27283,705} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 70} = 1982,513 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (43)$$

Provozní trvanlivost ložiska:

$$L_{10h} = \left(\frac{55300}{27283,705 \cdot 0,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 70} = 4699,29 \text{ h} \quad [\text{h}] \quad (44)$$

Ložisko 11 je na stejné hřídeli a se stejným vnitřním průměrem jako ložisko 10, takže může být stejné.

Výpočty ukázaly, že všechna vybraná ložiska jsou staticky vyhovující, což znamená, že při zastavení hřídele nedochází k žádnému meznímu stavu při maximálním vyvinutém momentu. Dále bylo zjištěno, že všechna ložiska mají minimální trvanlivost větší než jeden tisíc hodin. Také byla spočítána trvanlivost ložisek při jen 75 % síle vyvíjené na ložiska, což je více realistická hodnota, protože v praxi se fréza často nesetká se situacemi, kdy bude na hřídeli vyvíjena maximální zátěž. Z výpočtů vyplynulo, že nejkratší dobu vydrží ložiska na druhé hřídeli ozubených kol, kde je kroutící moment 190,986 Nm. Tyto ložiska vydrží 2836,428 hodin, což by znamenalo jednohodinové odklizení sněhu každý den v zimním období na 30 let, nebo pouze jeden rok pro celoroční osmihodinové použití. Tato fréza je konstruovaná spíše pro jednodušší práce v lehčích podmínkách, takže je možné se spíše přiklánět k delší výdrži.

5.5 VÝPOČET TĚSNÉHO PERA

Tato sněžná fréza obsahuje čtyři těsná pera pro řemenice a šest těsných per pro ozubená kola. Zvolené pera jsou ČSN 02 2562 A. Je potřeba spočítat těsná pera na otláčení, aby bylo ověřeno, že pera vydrží i maximální zatížení. Smyková napětí v navrženém spoji nebývají velká, proto není nutné kontrolu na smyk provádět [39]. Pro výpočet bylo vybráno pero na hřídeli nápravy kol, kde jsou nejnižší otáčky a tím pádem nejvyšší kroutící moment. Jestli výsledek tohoto výpočtu bude přijatelný, tak budou přijatelné i ostatní pera s nižšími kroutícími momenty.

Přenášený výkon:

$$P = 3500 \text{ W}$$

Otáčky:

$$n_1 = 70 \text{ ot/min}$$

Rozměry pera: 14 x 9 x 45**Doporučená hodnota dovoleného tlaku:**

$$p_D \approx 50 \text{ MPa}$$

Kroutící moment:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_1} \quad [\text{Nmm}] \quad (43)$$

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{70}{60}} = 477465 \text{ Nmm}$$

Tlak působící na pero:

$$p = \frac{F}{S} \quad [\text{MPa}] \quad (44)$$

$$p = \frac{2 \cdot M_k}{t_1 \cdot l_p \cdot D}$$

$$p = \frac{2 \cdot 477465}{3,5 \cdot (45 - 14) \cdot 46} = 191,33 \text{ MPa}$$

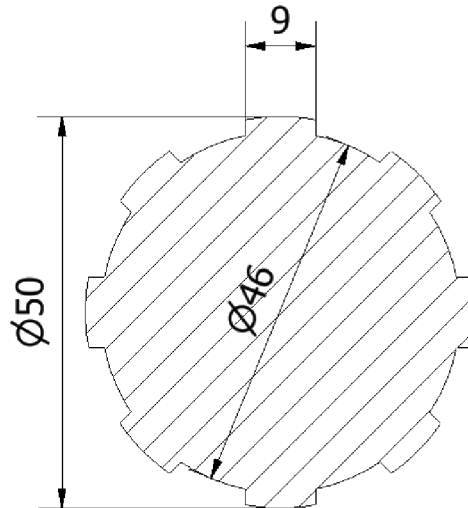
Z výpočtu je zjevné, že jedno pero stačit nebude. Dvě pera by také nestačila, takže bude použito drážkování, které je schopno přenášet velké kroutící momenty. Pro průměr hřídele 46 mm se používá osm drážek s vnějším průměrem 50 mm a délkou 9 mm [43] (viz obr. 35).

Tlak působící na drážkování:

$$p = \frac{2 \cdot M_k}{D_s \cdot l_d \cdot h \cdot K \cdot i} \quad [\text{MPa}] \quad (45)$$

$$p = \frac{2 \cdot 477465}{48 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 8} = 33,157 \text{ MPa}$$

Při použití drážkování už není překročen dovolený tlak a toto spojení se může považovat za dostačující. Bezpečnost v tomto případě uvažovat není potřeba z toho důvodu, že k tomuto stavu, kdy je vyvíjen maximální kroutící moment, dojde jen velmi zřídka. Musí se ale zkontrolovat i pero s druhým největším kroutícím momentem a určit, jestli na něj nebude působit příliš velký tlak.



Obr. 35 Drážkování v řezu

Otáčky:

$$n_2 = 175 \text{ ot/min}$$

Rozměry pera: 10 x 8 x 45

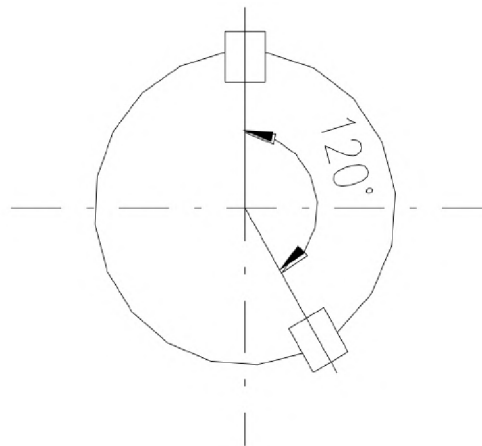
Kroutící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{175}{60}} = 190986 \text{ Nmm} \quad [\text{Nmm}] \quad (46)$$

Tlak působící na pero:

$$p = \frac{2 \cdot 190986}{3,3 \cdot (45 - 10) \cdot 37} = 89,382 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}] \quad (47)$$

Z výpočtu je zřejmé, že jedno pero stačit nebude. proto použijeme pera dvě. Při použití dvou per by se ale neměla umístit přímo proti sobě, aby nedošlo k přílišnému pevnostnímu oslabení hřídele. Pera budou umístěna se vzájemným roztečným úhlem 120° (viz obr. 36). [40]



Obr. 36 Znáornění umístění per na hřídeli [40]

Tlak působící na dvě pera:

$$p = \frac{2 \cdot M_k}{2 \cdot (t_1 \cdot l) \cdot D} \quad [\text{MPa}] \quad (48)$$

$$p = \frac{2 \cdot 190986}{2 \cdot [3,3 \cdot (45 - 10)] \cdot 37} = 44,691 \text{ MPa}$$

Při přidání druhého pera už není překročen dovolený tlak a toto spojení se může považovat za dostačující. Musí se ale zkontrolovat i pero s třetím největším kroučícím momentem a určit, jestli také nebudou potřeba dvě pera.

Otáčky:

$$n_3 = 437,5 \text{ ot/min}$$

Rozměry pera: 10 x 8 x 45

Kroučící moment:

$$M_k = \frac{3500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{437,5}{60}} = 76394 \text{ Nmm} \quad [\text{Nmm}] \quad (49)$$

Tlak působící na pero:

$$p = \frac{2 \cdot 76394}{3,3 \cdot (45 - 10) \cdot 37} = 35,752 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}] \quad (50)$$

Na toto pero by při krajní situaci maximálního kroučícího momentu působil přijatelný tlak, což znamená, že na ostatní pera s menším kroučícím momentem bude také působil přijatelný tlak. Všechna pera tedy splňují zadané parametry.

ZÁVĚR

Sněhové frézy jsou strojní zařízení, které jsou využívána pro úklid sněhu jako mechanizovaná náhrada ručního úklidu sněhu. Podle zadaného cíle práce byla zpracována rešerše o těchto zařízeních, jejich rozdělení do dvou základních kategorií a popis jednotlivých druhů fréz, popis jejich nejdůležitějších komponent a krátce bylo pojednáno i o jejich historii. Dvě základní kategorie rozdělení sněhových fréz jsou podle konstrukce a řízení. Konstrukce určuje jakým způsobem je sníh frézován a odhazován a řízení určuje jakým způsobem je fréza ovládána a k jakému druhu stroje či vozidla je připojena. Mezi nejdůležitější komponenty patří šnekovnice, u dvoustupňových sněhových fréz oběžné kolo a u třístupňových akcelerační kolo. V sekci o historii je pojednáno o prvních prototypch sněhových fréz a jejich začátcích v Kanadě a USA.

Hlavní cíl práce byl koncepční návrh vlastní sněhové frézy pro malotraktor. Přesněji pro motor Jikov 1453 iskra užívaný stavebnicovými malotraktori terra vari. Tento motor má výkon 3,5 kW a kroutící moment 10 Nm při 3500 ot/min. V této práci byla konstruována jednostupňová sněžná fréza určena spíše pro lehčí podmínky a menší nánosy sněhu. Fréza se dělí na tři hlavní části: přední, kde se nachází šnekovnice. Prostřední, kde je umístěn motor. A zadní, kde jsou umístěna kola frézy. S frézou je motor spojen pomocí odstředivé spojky a je umístěn na dosedacím tělese uprostřed frézy. Pod dosedacím tělesem jsou kuželová ozubená kola, od kterých vede hřídel s dvěma řemenicemi. Jeden řemen vede ke šneku a druhý dozadu ke kolům. Řemen na kola nevede přímo na hřídel, ale z důvodu redukce otáček jsou ještě obsaženy dvě sady ozubených kol, které redukují maximální otáčky na 70 ot/min.

Další cíl byly pevnostní výpočty vybraných komponent. Výpočty byly provedeny pro řemenové převody, ložiska a těsná pera. Pro řemenové převody byl zvolen řemen průřezu B a řemenice s rozměry 125 a 250 milimetrů. Ložiska byla volena od firmy SKF vyráběné podle normy ČSN 024630. Výpočtem ložisek se zjistilo, že ložisko s nejmenší životností vydrží 2836,428 hodin při 75% zatížení, což je více realistické zatížení, protože se fréza moc často nedostane do situace, kdy je hřídel plně zastavena a motor působí maximální silou. Při výpočtu per bylo zjištěno, že jedno pero nebude stačit na hřídeli nápravy, kde je největší kroutící moment, takže bylo použito drážkování. Na další hřídeli s druhým největším kroutícím momentem byli použity dvě těsná pera pod úhlem 120°. Tento úhel byl zvolen, aby nedošlo k pevnostnímu oslabení hřídele. A nakonec byly zhotoveny výkresy vybraných součástí a sestavy frézy pro přesné znázornění rozměrů.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HLAVÁČEK, Jan. *Honzíkovy vláčky*. Online. 2011, 8. 6. 2011. Dostupné z: <https://www.honzikovyvlacky.cz/2011/06/02/snehova-freza-na-zeleznici/>. [cit. 2024-02-02].
- [2] *26 in. (66 cm) Power Max® 826 OAE Two-Stage Gas Snow Blower*. Online. In: TORO. Toro.com. <https://www.toro.com/en>. Dostupné z: <https://www.toro.com/en/product/37799>. [cit. 2024-02-02].
- [3] *How Does A Snow Blower Work? And Troubleshooting Tips: Dual-Stage / Two-Stage*. Online. In: HIPA. Hipastore.com. Dostupné z: <https://www.hipastore.com/blogs/snow-blower/how-does-a-snow-blower-work>. [cit. 2024-02-02].
- [4] *The World's Most Serious Snow Blowers Are Powered By Nothing Less than Jet Engines: CN Jet Snow Blowers in use in the Halifax NS area*. Online. In: POPULAR MECHANICS. Popularmechanics.com. Dostupné z: <https://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/a19051/jet-engine-snow-blowers-demolish-snow/>. [cit. 2024-02-02].
- [5] *SOV - D-470 (snehová fréza): D-470 - vozidlo zimnej údržby ČSLA*. Online. In: Valka.cz. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-D-470-snehova-freza-t37188>. [cit. 2024-02-02].
- [6] *Snow blower W 900SW*. Online. In: MTM TECH S.R.O. Mtmtech.cz. Dostupné z: <https://www.mtmtech.cz/snow-blower-w-900sw>. [cit. 2024-02-02].
- [7] *We Braved Snow, Wind, Sludge, and Sleet to Find the 5 Best Snow Blowers of 2024*. Online. In: PEOPLE. People.com. Dostupné z: <https://people.com/best-snow-blowers-7109800>. [cit. 2024-02-02].
- [8] *Storm™ 2620 Snow Blower*. Online. In: TROY-BILT. Troybilt.com. Dostupné z: https://www.troybilt.com/en_US/two-stage-snow-blowers/storm-2620-snow-blower/31CM6CP3B66.html. [cit. 2024-02-02].
- [9] *Honda HSS1332CTD: 81 cm (32 in), Track Drive, ES*. Online. In: HONDA. Honda.ca. Dostupné z: <https://powerequipment.honda.ca/snowblowers/32-inch-track-drive-es>. [cit. 2024-02-02].
- [10] *Manuální sněhová fréza: MSF 570*. Online. In: EINHELL. Dostupné z: https://www.einhell-service.com/cs_CZ/3417000-msf-570.html. [cit. 2024-02-02].
- [11] *SNOWBO - The first autonomous snowblower!*. Online. In: REDDIT. R/Automate. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/Automate/comments/e8yaip/snowbo_the_first_autonomous_snowblower/. [cit. 2024-02-02].
- [12] *Snow Blower: Sicard Snow Blower*. Online. In: THE CANADIAN ENCYCLOPIDIA. Thecanadianencyclopedia.ca. Dostupné z: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/snow-blower>. [cit. 2024-02-02].

- [13] RAWA. *Třístupňové*. Online. RAWA. Rawa.cz. Dostupné z: <https://www.rawa.cz/kategorie/snehove-frezy-tristupnove>. [cit. 2024-02-02].
- [14] CONSUMER REPORTS. *Best Three-Stage Snow Blowers of 2024*. Online. CONSUMER REPORTS. Consumerreports.org. Dostupné z: <https://www.consumerreports.org/home-garden/snow-blowers/best-three-stage-gas-snow-blowers-a1006161816/>. [cit. 2024-02-02].
- [15] VÁLKA.CZ. *SOV - D-262 (sněhová fréza)*. Online. VÁLKA.CZ. Valka.cz. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-D-262-snehova-freza-t71666>. [cit. 2024-02-02].
- [16] VÁLKA.CZ. *SOV - D-470 (sněhová fréza)*. Online. VÁLKA.CZ. Valka.cz. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-D-470-snehova-freza-t37188>. [cit. 2024-02-02].
- [17] VÁLKA.CZ. *SOV - D-902 (sněhová fréza)*. Online. VÁLKA.CZ. Valka.cz. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-D-902-snehova-freza-t71890>. [cit. 2024-02-02].
- [18] VÁLKA.CZ. *SOV - DE-210A (sněhová fréza)*. Online. VÁLKA.CZ. Valka.cz. Dostupné z: <https://www.valka.cz/SOV-DE-210A-snehova-freza-t33618>. [cit. 2024-02-02].
- [19] FACILITIESNET. *13 Tips for Snow Thrower Safety*. Online. Dostupné z: <https://www.facilitiesnet.com/groundsmanagement/tip/13-Tips-for-Snow-Thrower-Safety--40168>. [cit. 2024-02-02].
- [20] TORO. *Single Stage Snow Blowers*. Online. TORO. Toro.com. Dostupné z: <https://www.toro.com/en/homeowner/single-stage-snow>. [cit. 2024-02-02].
- [21] TORO. *Two-Stage Snow Blowers*. Online. TORO. Toro.com. Dostupné z: <https://www.toro.com/homeowner/two-stage-snow>. [cit. 2024-02-02].
- [22] CUB CADET. *3X® Three-Stage Snow Blowers*. Online. CUB CADET. Cubcadet.com. Dostupné z: https://www.cubcadet.com/en_US/snow-blowers/three-stage-snow-blowers?scroll=0. [cit. 2024-02-02].
- [23] *Denver & Rio Grande Western steam rotary snowplows*. Online. POULIN, Benoit. AMERICAN STEAM AND NARROW GAUGE. Dostupné z: http://drgw.free.fr/DRGW/MOW/Snow/Rotary/ChasseNeige_en.htm. [cit. 2024-02-02].
- [24] POWER PAC. *Snow blower health check - Tips to keep your blower running*. Online. POWER PAC. Powerpaceequipment.com. Dostupné z: <https://www.powerpaceequipment.com/blog/snow-blower-health-check---tips-to-keep-your-blower-running--30596>. [cit. 2024-02-02].
- [25] KIMPEX. *Bercomac Snowblower Auger of 48"*. Online. KIMPEX. Kimpex.com. Dostupné z: <https://www.kimpex.com/en-us/products/atv/winter-accessories/snowblower-augers/bercomac-snowblower-auger-of-48>. [cit. 2024-02-02].
- [26] CONSUMER REPORTS. *10 Snow-Blower Features That Matter*. Online. CONSUMER REPORTS. Consumerreports.org. Dostupné z:

- <https://www.consumerreports.org/snow-blowers/snow-blower-features-that-matter/>. [cit. 2024-02-02].
- [27] SBIK. *SnowBlowerImpellerKit.com*. Online. SBIK. Snowblowerimpellerkit.com. Dostupné z: <https://snowblowerimpellerkit.com>. [cit. 2024-02-29].
- [28] HUSQVARNA. *Husqvarna 586607202 IMPELLER.STEEL.SNOW.BLACK*. Online. HUSQVARNA. Ahupd.com. Dostupné z: <https://www.ahupd.com/husqvarna-586607202#tab-6>. [cit. 2024-02-29].
- [29] A NEST WITH A YARD. *2-Stage Vs 3-Stage Snow Blower: Which One Is Better For You?* Online. A NEST WITH A YARD. Anestwithayard.com. Dostupné z: <https://anestwithayard.com/2-stage-vs-3-stage-snow-blower/>. [cit. 2024-02-29].
- [30] AUX PETITS MOTEURS DU QUÉBEC. *Mtd auger accelerator 684-05015C*. Online. AUX PETITS MOTEURS DU QUÉBEC. Auxpetitsmoteurs.com. Dostupné z: <https://www.auxpetitsmoteurs.com/en/rollers/3632-mtd-auger-accelerator-684-05015c.html>. [cit. 2024-02-29].
- [31] Řemeny. In: LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Čtvrté doplněné vydání. Úvaly, Havlíčkova 197: ALBRA, s. 530-540. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [32] GARDENTECHNIK ŠOBORA. *Pohonná 2T jednotka Jikov 1453 - vyklápěcí kleče*. Online. GARDENTECHNIK ŠOBORA. Garden-technik.cz. Dostupné z: <https://www.garden-technik.cz/pohonne-jednotky/motorove-jednotky/jikov-1453-vyklapeci-klece>. [cit. 2024-03-24].
- [33] TYMA. *Řemeny, převody a dopravní pásy*. Online. TYMA. Tyma.cz. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/spb-125-1-nevrtana/>. [cit. 2024-04-29].
- [34] TYMA. *Řemeny, převody a dopravní pásy*. Online. TYMA. Tyma.cz. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/spb-250-1-nevrtana/>. [cit. 2024-04-29].
- [35] MATEZA. *Řemenice pro klínové řemeny PT 1 SPB 125*. Online. MATEZA. Mateza.cz. Dostupné z: <https://www.mateza.cz/e-shop/remenice-pro-klin-r-pt-1-spb-125>. [cit. 2024-04-29].
- [36] TYMA. *Jaké jsou maximální obvodové rychlosti řemenů?* Online. TYMA. Tyma.cz. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/technicke-informace/caste-dotazy/obvodova-rychlost-remenu/>. [cit. 2024-04-29].
- [37] GARTEKO. *Motor JIKOV 1453 ISKRA*. Online. GARTEKO. Garteko.cz. Dostupné z: <https://www.garteko.cz/motor-jikov-1453-iskra>. [cit. 2024-05-01].
- [38] SKF. *6407*. Online. SKF. Skf.com. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/productinfo/productid-6407>. [cit. 2024-04-29].
- [39] STROJAŘSKÁ BIBLE. *Pera*. Online. STROJAŘSKÁ BIBLE. Strojarskabible.cz. Dostupné z: <https://www.strojarskabible.cz/spoje/pera/>. [cit. 2024-04-30].
- [40] STŘEDNÍ ŠKOLA PRŮMYSLOVÁ A UMĚLECKÁ, OPAVA. *Spoje hřídele s nábojem tvarovým stykem*. Online. STŘEDNÍ ŠKOLA PRŮMYSLOVÁ A UMĚLECKÁ, OPAVA.

Sspu-opava.cz. Dostupné z:

https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-05.pdf. [cit. 2024-04-30].

- [41] RATIOPARTS. *Dead Man's Switch 5.5 A*. Online. RATIOPARTS. Ratioparts.de. Dostupné z: <https://www.ratioparts.de/en/1-671-dead-man-s-switch-5-5-a.html>. [cit. 2024-04-30].
- [42] KOOPMAN. *Honda HSS724AAW Snow Blower, Gasoline, 196 cc Engine Displacement, 4-Cycle OHV Engine, 2-Stage, 49 ft Throw*. Online. KOOPMAN. Shopkoopman.com. Dostupné z: <https://shopkoopman.com/products/honda-hss724aaw-snow-blower-gas-196-cc-engine-displacement-4-cycle-ohv-engine-2-stage-49-ft-throw>. [cit. 2024-05-11].
- [43] Rovnoboké drážkování. In: LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Čtvrté doplněné vydání. Úvaly, Havlíčkova 197: ALBRA, 2008, s. 174. ISBN 978-80-7361-051-7.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSN		česká technická norma
n	$[\text{min}^{-1}]$	<i>otáčky</i>
n_1	$[\text{min}^{-1}]$	<i>vstupní otáčky hřídele řemenic</i>
n_{2s}	$[\text{min}^{-1}]$	<i>výstupní otáčky hřídele šneku</i>
n_{2k}	$[\text{min}^{-1}]$	<i>výstupní otáčky hřídele na kola</i>
D	$[\text{mm}]$	<i>průměr</i>
D_1	$[\text{mm}]$	<i>průměr malé řemenice</i>
D_2	$[\text{mm}]$	<i>průměr velké řemenice</i>
v	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	<i>rychlost řemene</i>
A	$[\text{mm}]$	<i>osová vzdálenost</i>
$A_{\text{minš}}$	$[\text{mm}]$	<i>minimální osová vzdálenost řemenic šneku</i>
A_{mink}	$[\text{mm}]$	<i>minimální osová vzdálenost řemenic na kola</i>
$A_{\text{maxš}}$	$[\text{mm}]$	<i>maximální osová vzdálenost řemenic šneku</i>
A_{maxk}	$[\text{mm}]$	<i>maximální osová vzdálenost řemenic na kola</i>
α	$[\text{°}]$	<i>úhel opásání malé řemenice</i>
γ	$[\text{°}]$	<i>úhel opásání velké řemenice</i>
L_{p_s}	$[\text{mm}]$	<i>délka řemene šneku</i>
L_{p_k}	$[\text{mm}]$	<i>délka řemene na kola</i>
C_0	$[\text{N}]$	<i>statická únosnost ložiska</i>
C	$[\text{N}]$	<i>dynamická únosnost ložiska</i>
M_k	$[\text{Nm}]$	<i>kroucí moment</i>
P	$[\text{W}]$	<i>výkon motoru</i>
F	$[\text{N}]$	<i>síla</i>
$L_{10h \text{ min}}$	$[\text{h}]$	<i>minimální trvanlivost ložiska</i>
L_{10h}	$[\text{h}]$	<i>provozní trvanlivost ložiska</i>
p_D	$[\text{MPa}]$	<i>dovolený tlak</i>
p	$[\text{MPa}]$	<i>tlak</i>
S	$[\text{mm}^2]$	<i>plocha</i>
t_1	$[\text{mm}]$	<i>hloubka drážky v náboji</i>
l_p	$[\text{mm}]$	<i>délka pera</i>
D_s	$[\text{mm}]$	<i>střední průměr drážkového profilu</i>
l_d	$[\text{mm}]$	<i>osová délka dotyku mezi boky drážek hřídele a náboje za provozu</i>
h	$[\text{mm}]$	<i>skutečná opěrná výška drážky</i>
K	$[-]$	<i>korekční součinitel</i>
i	$[-]$	<i>počet drážek</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Pohled na frézu z předního pravého rohu	I
Příloha 2	Pohled na frézu z předního levého rohu	II
Příloha 3	Pohled na frézu ze zadního levého rohu	III
Příloha 4	Pohled na frézu ze zadního pravého rohu	IV

SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

Výkres sestavy:	Sněžná fréza	229557-BPS-2024	1 ks
Výkres součásti:	Dosedací těleso	229557-BPDT-2024	1 ks

Příloha 1 Pohled na frézu z předního pravého rohu



Příloha 2 Pohled na frézu z předního levého rohu

Příloha 3 Pohled na frézu ze zadního levého rohu



Příloha 4 Pohled na frézu ze zadního pravého rohu