



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

PŘÍDAVNÉ RÝHOVACÍ ZAŘÍZENÍ STAVEBNÍHO STROJE

TRENCHER ATTACHMENT FOR A EARTHMOVING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Polák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Václav Polák
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

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:

Přídavné rýhovací zařízení stavebního stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh přídavného zařízení pro smykem řízený nakladač pro technologii vytváření hluboké rýhy. Přídavné zařízení bude snadno připojitelné na zvolený smykem řízený nakladač. Technologie vytváření rýhy umožňuje pokládku inženýrských sítí jako kabelových svazků a potrubí do nezámrzné hloubky.

Technické parametry a požadavky:

Hloubka rýhy min. 800 mm s ohledem na stavební předpisy.

Stranový odvod těžené zeminy.

Smykem řízený nakladač dle zvolené kategorie.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor obdobných přídavných zařízení a příslušných smykem řízených nakladačů.

Legislativní předpisy a bezpečnostní požadavky.

Koncepční návrh rýhovacího zařízení.

Funkční rozměrové a silové výpočty.

Upřesnění konstrukce rýhovacího zařízení s návrhem komponent.

Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Výkres sestavy rýhovacího zařízení.

Podsestava svařence rámu.

Dílenské výrobní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 8085920611.

JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

MICHALÍČEK, Milan. Dynamika stavebných strojov. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. Edícia skript. ISBN 8022708798.

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

NERUDA, Jindřich. Harvestorové technologie lesní těžby. 1. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 9788073758424.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech vytváření hluboké rýhy. Rešeršní část obsahuje přehled obdobných nabízených zařízení včetně příslušných smykem řízených nakladačů. Dále se zabývá bezpečnostními požadavky a legislativními předpisy. Hlavní část je věnována vlastnímu konstrukčnímu návrhu přidavného rýhovacího zařízení včetně výpočtů stěžejních prvků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rýha, rýhovač, smykem řízený nakladač

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the possibilities of creating a deep groove. The search part contains an overview of similar devices offered, including the relevant skid steer loaders. It also deals with safety requirements and legislation. The main part is devoted to the actual design of additional grooving equipment, including calculations of key elements.

KEYWORDS

Trench, trencher, skid steer loader

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POLÁK, Václav. *Přídavné rýhovací zařízení stavebního stroje*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124436>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 51 s. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. června 2020

.....

Václav Polák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu při zpracování mé bakalářské práce.

OBSAH

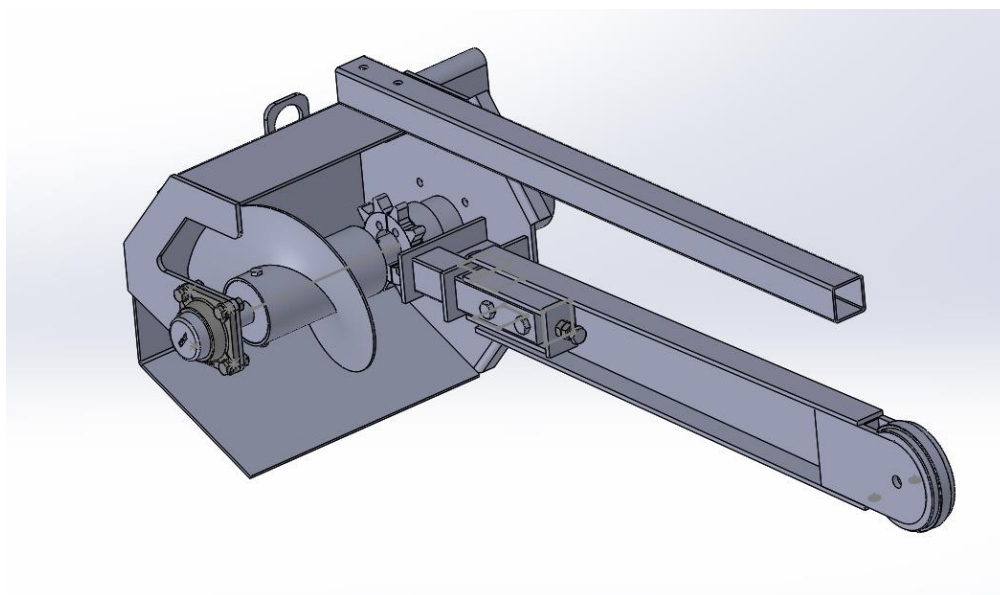
Stručná charakteristika problematiky úkolu:	3
Cíle bakalářské práce:	3
Seznam doporučené literatury:	4
1 Nakladače	12
1.1 Rozdělení nakladačů	12
1.2 Smykem řízený nakladač	13
1.2.1 Konstrukční provedení	13
1.2.2 Pracovní zařízení	13
1.3 Výběr vhodných nakladačů	13
1.3.1 Firma Ditch Witch	14
1.3.2 Firma Bobcat	14
1.3.3 Firma Vermeer	15
1.3.4 Firma Boxer	16
2 Rýhovače	17
2.1 Řetězové rýhovače	17
2.2 Přehled vybraných přídatných rýhovacích zařízení	18
2.2.1 Firma Ditch Witch	18
2.2.2 firma Bobcat	19
2.2.3 Firma Garbin Group	19
2.2.4 Firma Digga	20
3 Nezámrzná hloubka	21
4 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP)	22
4.1 Rýhovače s vezoucí se obsluhou	22
4.2 Ochranná mříž	22
4.3 rýhovače s pěší obsluhou	23
4.4 Hluk	23
5 Legislativa	24
6 Konstrukční řešení	26
6.1 Minimální délka ramene	26
6.2 Volba nosného stroje	27
6.3 Volba hydromotoru	27
6.3.1 Výpočet výkonu hydromotoru	29
6.3.2 Výpočet otáček hřídele motoru	29
6.3.3 Výpočet kroutícího momentu hydromotoru	29
6.4 Výpočet minimální napínací síly řetězu	30
6.5 Zjištění velikosti sil ve vazbách	32
6.6 Výpočet únosnosti šroubového spoje	34
6.7 Šnekový dopravník	38
6.7.1 Objemová výkonnost	38
6.7.2 Hmotnostní výkonnost	38
6.7.3 Výkon potřebný pro odhrnování	39
6.7.4 Kroutící moment na hřídeli šnekovice	39

6.7.5	Účinný poloměr šnekovice.....	39
6.7.6	Úhel stoupání šnekovice	39
6.7.7	Třecí úhel mezi materiálem a šnekem.....	40
6.7.8	Axiální síla	40
6.8	Volba ložiska.....	41
7	Výběr volně dostupných dílů	43
7.1	Řetěz.....	43
7.2	Řetězové kolo	44
7.3	Vodící kolo	44
7.4	Šnek.....	45
	Závěr	46
	Seznam použitých zkratk a symbolů	49
	Seznam příloh.....	51

ÚVOD

Obsahem bakalářské práce je návrh přídavného zařízení pro smykem řízený nakladač. Konkrétně se jedná o řetězový rýhovač. Rýhovače usnadňují a urychlují výkopové práce. Zajišťují hloubení rýh pro pokládání inženýrských sítí, telefonního vedení, kabelů, drobných trubek či zavlažovacích zařízení. Mohou být samostatnými jednoúčelovými stroji nebo mohou mít podobu přídavného zařízení. Rýhovače lze upevnit na smykem řízené nakladače, minirýpadla či rýpadla. [5][13]

Cílem je pak samotný koncepční a konstrukční návrh rýhovacího zařízení včetně výpočtů, a to rozměrových, silových a pevnostních. Nedílnou součástí bakalářské práce je také výkres sestavy rýhovacího zařízení, podstavy svařence rámu a dílenské výrobní výkresy.



Obr. 1 Přídavné rýhovací zařízení

1 NAKLADAČE

Nakladač je stavební stroj, určený k nakládání a přemísťování sypkých materiálů na krátké vzdálenosti. Ve stavebnictví jsou to po rypadlech nejdůležitější manipulační prostředky pracující s přetržitým pracovním cyklem [1][2].

1.1 ROZDĚLENÍ NAKLADAČŮ

Stavební nakladače řadíme do několika kategorií [1][2]:

1. podle jejich vlastností a způsobu ovládní nakladače – typy kolových nakladačů:
 - *smykové nakladače* - smykem řízené stroje
 - *kloubové nakladače* - stroje řízené zalomením kloubu
 - *teleskopické nakladače* - stroje mající výsuvné rameno, tzv. manipulátory
 - *kolové nakladače* - stroje s kolovým podvozkem
 - *pásové nakladače* - stroje s pásovým podvozkem

2. podle způsobu pohonu pojezdu:
 - *s hydrodynamickým pohonem*, kde hlavními mechanismy jsou hydroměnič a mechanická převodovka a rozvodovka na obě nápravy
 - *s hydrostatickým pohonem*, kde hlavními mechanismy jsou hydrogenerátory, hydromotory, převodovky a rozvodovky

3. podle funkčního působení:
 - *čelní nakladače*, u kterých nabírání materiálu, zvedání a spouštění lopaty i její výsyp je prováděn čelně
 - *otočné nakladače*, které nabírají materiál do lopaty čelně a vyprázdňují lopaty se děje otočením výložníku s lopatou obvykle o 90° na jednu nebo druhou stranu

1.2 SMYKEM ŘÍZENÝ NAKLADAČ

Jsou to malé čelní lopatové nakladače o provozních hmotnostech do 6 t. Jejich pohon pojezdu i pracovního zařízení je hydrostatický [1][2].

1.2.1 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ

Na tuhém rámu stroje vzadu je umístěn spalovací motor, jehož točivý moment přechází na lamelovou třecí spojku a z ní pak do náhonové skříně pro pohon regulačních hydrogenerátorů. Ty vytvářejí tlakovou kapalinu, která je vedena přes rozvaděče do hydromotorů, pro pojezd nebo ovládání pracovního zařízení [1][2].

1.2.2 PRACOVNÍ ZAŘÍZENÍ

Mininakladače jsou obvykle univerzální stroje s velkým počtem rozmanitého pracovního zařízení, které se rychlospojkami upíná na výložník. Můžeme na ně připojit například různé druhy lopat, vidlici, šnekové vrtáky, radlice, drapáky, frézy, hydraulická kladiva, rypadla, pojezdové pásy, kypřiče půdy a také právě rýhovací zařízení [1][2].

Uchycení pracovního zařízení k základnímu stroji je podle okolností řešeno [1][2]:

- připevněním rychlospojkou na výložník, což je nejčastější
- upevněním přípravku, který je nosičem pracovního zařízení, na přední část stroje nebo na výložník
- namontováním pracovního zařízení podle svého druhu na přední nebo zadní část traktorového nosiče

1.3 VÝBĚR VHODNÝCH NAKLADAČŮ

Na základě zadání byl vypracován přehled smykem řízených nakladačů, které budou vhodné k danému účelu. Z důvodu vytváření rýh také v již dokončených stavbách, např. v zahradách, jsem zvolil variantu pásového mininakladače. Díky menším rozměrům se s ním bude snáze manipulovat a díky pásům bude mít lepší adhezní vlastnosti. Parametry byly čerpány z dostupných katalogů výrobců nakladačů.

K dalším známým výrobcům smykem řízených nakladačů patří například firmy Case, JCB, Volvo a další, nabízejí však jen větší stroje, proto jsem je do svého výběru nezařadil.

1.3.1 FIRMA DITCH WITCH

Největší nabídku mininakladačů nabízí firma Ditch Witch (viz tab.1). Jedná se o 5 modelů lišících se ve výkonu motoru a s tím spojeného průtoku a tlaku hydraulického systému. S tím také samozřejmě souvisí nosnost daného nakladače - čím je výkonnější, tím má větší manipulační nosnost.

Zajímavostí je, že ze všech firem mají mininakladače firmy Ditch Witch nejmenší průtok hydraulického čerpadla. Je to dáno tím, že tyto modely disponují dvěma čerpadly a každým čerpadlem protéká určité množství oleje.

Mininakladač model SK1550 s nosností 707 kg je nejvýkonnějším na současném trhu.

Tab.1 Přehled nakladačů firmy Ditch Witch [7]

Výrobce	Model	Výkon motoru	Průtok hydraulického čerpadla	Tlak hydraulického systému	Manipulační nosnost
		[kW]	[l/min]	[MPa]	[kg]
Ditch Witch	SK600	18,5	22,7	20,7	272
Ditch Witch	SK755	24,5	30	20,7	363
Ditch Witch	SK800	18,5	24	20,7	390
Ditch Witch	SK1050	27,5	33	25	482
Ditch Witch	SK1550	32,8	49,2	25,5	707

1.3.2 FIRMA BOBCAT

Firma Bobcat nabízí pouze jeden mininakladač. V porovnání s firmou Ditch Witch jde poměrně o malý výkon a vysoký průtok hydraulického čerpadla. S tím je také spojena menší manipulační nosnost (viz tab.2).

Tab.2 Přehled mininakladačů firmy Bobcat [8]

Výrobce	Model	Výkon motoru	Průtok hydraulického čerpadla	Tlak hydraulického systému	Manipulační nosnost
		[kW]	[l/min]	[MPa]	[kg]
Bobcat	MT55	17,5	45,4	20	254

1.3.3 FIRMA VERMEER

U firmy Vermeer jsou k dispozici celkem dva modely mininakladače. Tyto modely mají v porovnání s firmou Ditch Witch menší manipulační nosnost vzhledem k výkonu motoru a také vyšší průtok hydraulického čerpadla. Ten dosahuje hodnoty až k 60 l/min, přičemž mininakladač Ditch Witch SK1550 s výkonem motoru 32,8 kW má průtok necelých 50 l/min. Nakladače mají také menší manipulační nosnost (viz tab.3).

Tab. 3 Přehled mininakladačů firmy Vermeer [11]

Výrobce	Model	Výkon motoru	Průtok hydraulického čerpadla	Tlak hydraulického systému	Manipulační nosnost
		[kW]	[l/min]	[MPa]	[kg]
Vermeer	S450TX	18,2	47,3	20,34	226
Vermeer	S925TX	26,3	58,6	20,99	419,6



Obr. 2 Mininakladač firmy Vermeer [11]

1.3.4 FIRMA BOXER

Tři modely mininakladačů nabízí firma Boxer. Model 600HD dosahuje největších hodnot z hlediska průtoku hydraulického čerpadla ze všech nabízených mininakladačů. Ostatní parametry jsou podobné ostatním firmám, nepatrně vyšší je manipulační nosnost (viz tab.4).

Tab. 4 Přehled mininakladačů firmy Boxer [10]

Výrobce	Model	Výkon motoru	Průtok hydraulického čerpadla	Tlak hydraulického systému	Manipulační nosnost
		[kW]	[l/min]	[MPa]	[kg]
Boxer	322D	16,1	42,7	20,7	301
Boxer	600HD	24,5	87,5	20,7	400
Boxer	700HDX	24,5	66	20,7	476

2 RÝHOVAČE

Hloubí relativně úzké rýhy pro kladení kabelů, potrubí všech druhů, drenáží, apod. Pracovními nástroji jsou korečky, upevněné buď na nekonečném řetězu, nebo na obvodu kola, dále pak řetězy nebo frézy [1][2].

Z hlediska konstrukčního uspořádání je možné rozlišovat následující typy rýhovačů [1][2]:

- korečkové - dále se dělí na výložníkové a kolesové
- řetězové
- frézové

2.1 ŘETĚZOVÉ RÝHOVAČE

Mají nekonečný článkový řetěz, na jehož člancích jsou přišroubovány řezné nože. U různých velikostí strojů mohou řetězy vybírat drážku šířky 6-75 cm do hloubky 0,6-4 m. Podle podvozku, na kterém je rýhovač umístěn, se rýhovače rozdělují na [1][2]:

- a) Ručně vedené rýhovače, což jsou samohybné stroje s mechanickým nebo hydrostatickým pohonem. Různé velikosti strojů vytvářejí drážky šířky 6-40 cm, hloubky 0,6-1,5 m. Řetězem vyhrnutá zemina je jednostranným šnekem vysouvána mimo drážku. Podle druhu hloubeného materiálu lze u strojů volit pracovní rychlosti a přítlak řetězu do záběru. Mezi přední světové výrobce těchto strojů patří firma Ditch-Witch z USA a CASE z USA.
- b) Rýhovače na kolových podvozcích, jež mají pohon většinou hydrostatický s plynule měnitelnými pohybovými rychlostmi. Různé velikosti těchto řetězových strojů mohou vytvářet drážky o šířkách 15-60 cm do hloubek 0,6-2,5 m. V přední části stroje je dozerová radlice pro zahrnování rýh nebo rypadlové zařízení s podkopovou lopatou. Tyto stroje se též často kombinují s vibračním pluhem pro hloubkové ukládání kabelů do země. Pracovní řetěz je obvykle stranově vysouvateľný, takže drážku lze vytvářet i v blízkosti stěny nebo jiné přepážky.
- c) Rýhovače na pásových podvozcích, které dále rozlišujeme jako:
 1. Univerzální soupravy, jejichž základní pásový traktorový stroj obsahuje více pracovních zařízení:
 - řetězový rýhovač pro šířky 10-40 cm, hloubky do 2 m,
 - dozerovou radlici pro zahrnování rýh,
 - rypadlové zařízení s podkopovou lopatou pro hloubky do 2,5 m používané v případech, kdy je obtížné těžít hloubkový materiál řetězovým nástrojem.

2. Jednoúčelové pro hloubkovou ukládku kabelů nebo potrubí, kde na dlouhém pásovém podvozku s malými měrnými tlaky na půdu je kyvně uložena pracovní část, která v horizontálním směru (ve směru pásů) může vykývnout o 10° a výložník ve vertikálním směru o 11°. Tyto výkyvy eliminují nerovnost terénu. Stroj je přizpůsoben pro kladení trubek všeho druhu i pro kladení podzemních kabelů, navinutých buď na bubnu umístěném po levé straně stroje, nebo na připraveném kabelu uloženém vedle budoucí rýhy, který si stroj odebírá.

2.2 PŘEHLED VYBRANÝCH PŘÍDAVNÝCH RÝHOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Na trhu jsou také nabízeny rýhovače přídatné, které jsou proti jednoúčelovým rýhovačům výrazně levnější. Výhodou je také univerzálnější využití smykových nakladačů. Kvůli občasnému vytváření rýhy není nutné kupovat jednoúčelový stroj. Na druhou stranu jednoúčelový stroj pracuje efektivněji a je vhodnější pro někoho, kdo bude vytvářet rýhy často.



Obr. 3 Přídavné rýhovací zařízení [12]

2.2.1 FIRMA DITCH WITCH

U rýhovačů se sledují parametry jako hloubka rýhy a hmotnost samotného rýhovače.

Firma Ditch Witch opět nabízí nejvýkonnější rýhovače na trhu, a sice model 36-IN s hloubkou rýhy až 1320 mm. Modely se pyšní poměrně nízkou hmotností (viz tab.5).

Tab. 5 Přehled rýhovačů firmy Ditch Witch [12]

Výrobce	Model	Hloubka rýhy	Hmotnost
		[mm]	[kg]
Ditch Witch	24-IN	610	118
Ditch Witch	30-IN	762	170
Ditch Witch	36-IN	1320	517

2.2.2 FIRMA BOBCAT

Firma Bobcat má v nabídce celkem čtyři modely o hloubce rýhy 600 - 1200 mm. V porovnání s firmou Ditch Witch mají rýhovače značně vyšší hmotnost (viz tab.6).

Tab. 6 Přehled rýhovačů firmy Bobcat [14]

Výrobce	Model	Hloubka rýhy	Hmotnost
		[mm]	[kg]
Bobcat	LT112	600	279
Bobcat	LT113	900	290
Bobcat	LT213	900	329
Bobcat	LT313	1200	444

2.2.3 FIRMA GARBIN GROUP

Tři modely firmy Garbin Group vyčnívají především s jejich nízké hmotnosti. Z dané nabídky rýhovačů jsou jednoznačně nejmenší (viz tab.7).

Tab. 7 Přehled rýhovačů firmy Garbin Group [15]

Výrobce	Model	Hloubka rýhy	Hmotnost
		[mm]	[kg]
Garbin Group	H8	680	110
Garbin Group	H10	800	165
Garbin Group	H20	1000	260

2.2.4 FIRMA DIGGA

Rýhovač firmy Digga má také velmi nízkou hmotnost, ovšem je to jediný model rýhovače, který firma nabízí (viz tab.8).

Tab. 8 Přehled rýhovačů firmy Digga [16]

Výrobce	Model	Hloubka rýhy	Hmotnost
		[mm]	[kg]
Digga	Mini Bigfoot	900	198

3 NEZÁMRZNÁ HLOUBKA

Nezámrznou hloubkou se rozumí hloubka zeminy, ve které již nedochází k jejímu promrzávání.

Nezámrzná hloubka je důležitou technickou charakteristikou při projektování sítí (vodovody, kanalizace). Na evropském kontinentu se pohybuje od 40 cm na jihu území do 2 m i více na severovýchodních hranicích, v ČR technické normy předepisují bezpečnou minimální hloubku 1,2 m.

Nezámrzná hloubka závisí jednak na typu zeminy, jednak na nadmořské výšce, a také na zeměpisné poloze.

V oblastech, kde je průměrná roční teplota vzduchu nižší než 0 °C se může teoreticky vyskytovat věčně zmrzlá půda neboli permafrost. V takovém případě povrch půdy během léta rozmrzá a obnovuje se vegetace, přičemž ve větších hloubkách se udržuje trvale půda zmrzlá.

V našich poměrech se počítá s hloubkou promrznutí 0,8–1,2 m. Zmrzlá zemina má velkou pevnost, a tím i únosnost, po rozmrznutí je tomu naopak.

Pro běžné písčitohlinité či hlinitopísčité půdy je nezámrzná hloubka stanovena na nejnižší hodnotu, tedy 80 cm. Jílovitohlinité půdy ji potom mají posunutou zhruba do jednoho metru. Nejhorší situace je u slínů, zde je třeba, aby byla hloubka až 140 cm.

Tab. 9 Hloubka promrznutí [20]

Nadmořská výška (m.n.m.)	<250	250-400	400-700	700-900
Hloubka promrznutí (m)	0,75-0,85	0,8-0,95	0,9-1,1	1,1-1,3

Nejmenší nezámrznou hloubku nalezneme u hlinitopísčitých a písčitohlinitých půd.

S rostoucím podílem jílovitých částí v půdě roste i nezámrzná hloubka. Důležitou roli hraje také hladina podzemní vody [20].

4 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI (BOZP)

Rýhovače musí splňovat požadavky ČSN EN 474-1+A6 [22].

4.1 RÝHOVAČE S VEZOUCÍ SE OBSLUHOU

Pro rýhovače s vezoucí se obsluhou platí [22]:

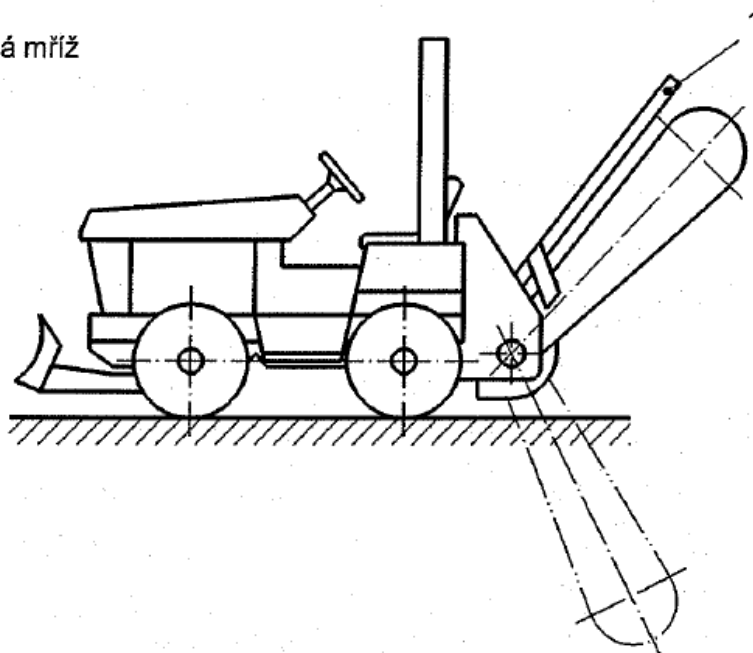
- Pro minimální obklopující prostor obsluhy platí 5.3.1 ČSN EN 474-1+A6 s výjimkami, že u rýhovačů s provozní hmotností menší než 2 000 kg, může být šířka minimálního obklopujícího prostoru o rozměru 920 mm zmenšena až na 650 mm ve výšce loktů.
- Ochranná konstrukce chránící při převrácení musí být poskytnuta.
- Sedadla musí splňovat požadavky ČSN EN 474-1+A6.
- Pokud je pro ovládání speciálního příslušenství vyžadováno samostatné stanoviště obsluhy, platí následující výjimky:
 - samostatná kabina se nevyžaduje
 - ochranná konstrukce chránící při převrácení a před padajícími předměty se nevyžaduje
- Pokud je stroj vybaven dalším sedadlem pro speciální příslušenství, musí být poskytnuto další zařízení pro zastavení motoru v případě, že normální vypínací zařízení není umístěno uvnitř zóny dosahu tohoto dalšího sedadla.
- Článek 5.5.3 ČSN EN 474-1+A6 platí s dodatkem, že deaktivací zařízení musí zastavit pojezd stroje a pohyb příslušenství, jakmile obsluha opouští stanoviště obsluhy.
- Článek 5.11 ČSN EN 474-1+A6 platí s výjimkou, že pro zadní rypadlové zařízení na rýhovačích neplatí druhý odstavec 5.11.

4.2 OCHRANNÁ MŘÍŽ

Dle ČSN EN 474-10+A1 je ochranná mříž obvykle umístěná nad a rovnoběžně s hloubícím řetězem, která poskytuje stupeň ochrany před kontaktem s hloubícím prvkem. Ochranná mříž musí být poskytnuta nad celou délkou rýhovacího příslušenství (viz obr.4) [22].

Legenda

- 1 ochranná mříž



Obr.4 Ochranná mříž na rýhovacím zařízení [22]

4.3 RÝHOVAČE S PĚŠÍ OBSLUHOU

Pro rýhovače s pěší obsluhou platí [22]:

- Články 5.3.1.1, 5.3.1.2 a 5.3.1.6 naplatí pro stroje s pěší obsluhou.
- Rýhovače s pěší obsluhou musí být vybaveny tipovacím zařízením pro zastavení pojezdu stroje a nebezpečného pohybu nástroje, jestliže obsluha přestane na ovladače působit. Konstrukce ovládačů musí vzít v úvahu nebezpečí vyvolaná neúmyslným pohybem stroje směrem k obsluze.
- Dopředná rychlost u strojů s pěší obsluhou nesmí konstrukčně přesáhnout 6 km/h. Rychlost pojezdu proti poloze obsluhy nesmí konstrukčně přesáhnout 2,5 km/h.

4.4 HLUK

- Hladina akustického výkonu a akustického tlaku na stanovišti obsluhy musí splňovat požadavky dle článku 5.13.2.1 a 5.13.2.2 ČSN EN 474-1+A6 [22].

5 LEGISLATIVA

Problematikou stavebních strojů, zejména nakladačů a rýhovačů se zabývají normy, uvedené v následujícím seznamu [21]:

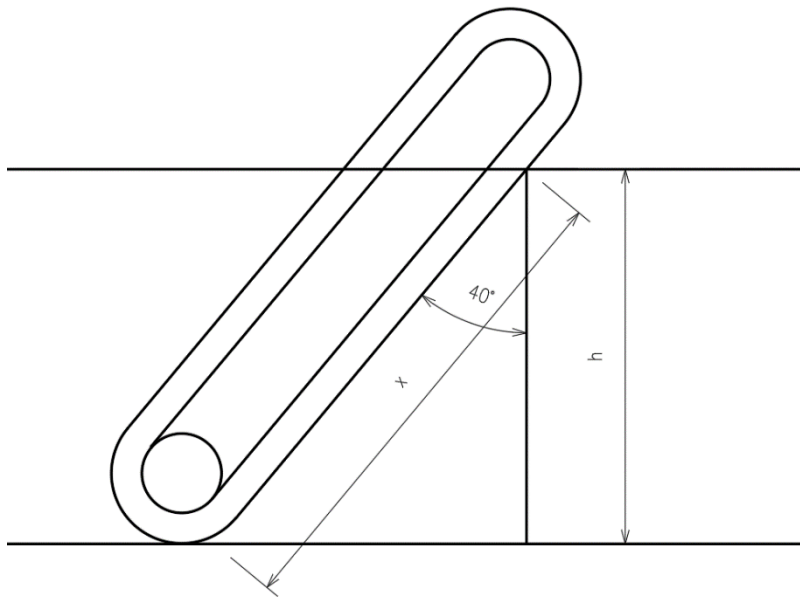
- ČSN 27 7004: *Stroje pro povrchovou těžbu. Označování kolesových a korečkových rýpadel, zakládačů a nakladačů*
- ČSN 27 7005: *Stroje pro povrchovou těžbu. Kolesová rýpadla a nakladače. Korečková rýpadla a zakladače. Základní parametry*
- ČSN 27 7007: *Názvosloví dobývacích a zakládacích strojů. Korečková rýpadla a zakladače. Definice základních pojmů*
- ČSN 27 7013: *Stroje pro povrchovou těžbu. Kolesová rýpadla a nakladače. Termíny a definice*
- ČSN 27 7015: *Stroje pro povrchové dobývání - Technické požadavky*
- ČSN 27 7022: *Stroje pro povrchovou těžbu. Kolesová rýpadla. Metody výpočtu výkonnosti*
- ČSN ISO 6015: *Stroje pro zemní práce - Hydraulická lopatová rýpadla a rýpadlo-nakladače - Metody stanovení sil na nástroji*
- ČSN EN ISO 6165: *Stroje pro zemní práce - Základní typy - Identifikace, termíny a definice*
- ČSN ISO 7135: *Stroje pro zemní práce - Hydraulická lopatová rýpadla - Terminologie a obchodní specifikace*
- ČSN EN ISO 3457: *Stroje pro zemní práce - Ochranné kryty - Definice a požadavky*
- ČSN ISO 10262: *Stroje pro zemní práce - Hydraulická lopatová rýpadla - Laboratorní zkoušky a požadavky na provedení ochranných krytů obsluhy*
- ČSN ISO 6746-1: *Stroje pro zemní práce - Definice rozměrů a jejich symboly - Část 1: Základní strojí*
- ČSN ISO 6746-2: *Stroje pro zemní práce - Definice rozměrů a jejich symboly - Část 2: Pracovní zařízení a přídatné pracovní prostředky*
- ČSN ISO 8643: *Stroje pro zemní práce - Zařízení ovládající spouštění výložníku hydraulického lopatového rýpadla a rýpadlo-nakladače - Požadavky a zkoušky*
- ČSN EN 474-1+A6: *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 1: Obecné požadavky*

- ČSN EN 474-3+A1: *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 3: Požadavky pro nakladače*
- ČSN EN 474-4+A2: *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 4: Požadavky pro rýpadlo-nakladače*
- ČSN EN474-5+A3: *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 5: Požadavky pro hydraulická lopatová rýpadla*
- ČSN EN 474-10+A1: *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 10: Požadavky pro rýhovače*

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

6.1 MINIMÁLNÍ DÉLKA RAMENE

Jako maximální úhel sklonu ramene od svislé osy jsem na zvolil 40° . Využitím tohoto sklonu zjistíme minimální délku ramene zapuštěného v zemi, abychom zajistili splnění podmínky vytvoření rýhy hluboké minimálně 800 mm. Sklon bude regulován pomocí výložníku smykem řízeného nakladače (viz obr.5).



Obr. 5 Délka ramene

$$\cos \beta = \frac{h}{x} \Rightarrow x = \frac{h}{\cos 40^\circ}$$

$$x = \frac{800}{\cos 40^\circ} = \frac{800}{0,766} = 1044 \text{ mm}$$

$$x = 1044 \text{ mm}$$

Kde

$h = 800 \text{ mm}$ je minimální hloubka rýhy

$\beta = 40^\circ$ je úhel sklonu ramene vzhledem ke svislé ose

6.2 VOLBA NOSNÉHO STROJE

Na základě požadavků je zvolen smykem řízený nakladač SK 1550 americké firmy Ditch Witch. Parametry smykem řízeného nakladače a jeho hydraulického systému jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 10 Parametry smykem řízeného nakladače [7]

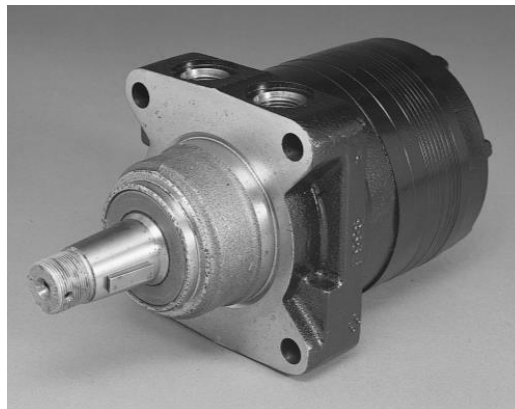
Ditch Witch SK 1550		
Průtok	l/min	49,2
Pracovní tlak	MPa	25,5



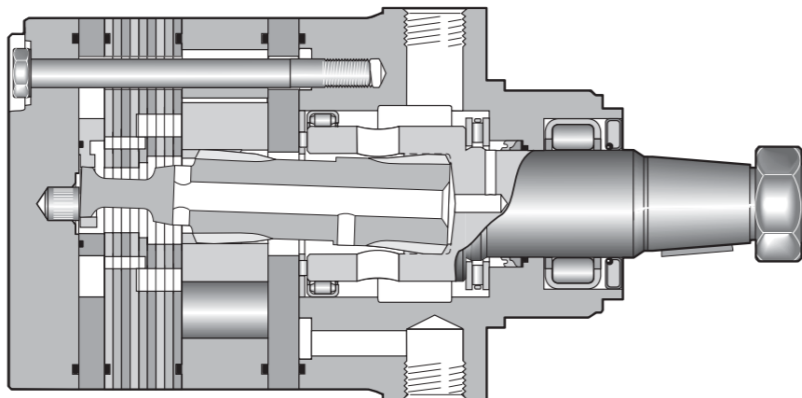
Obr. 6 Smykem řízený nakladač Ditch Witch SK 1550 [7]

6.3 VOLBA HYDROMOTORU

Pro pohon řetězu rýhovače byl vybrán hydromotor z typové řady TG firmy Parker. Jedná se o hydromotor Parker TG 0195.



Obr. 7 Hydromor Parker TG 0195 [6]



Obr. 8 Řez hydromotorem Parker TG 0195 [6]

Tab.11 Technická data hydromotoru Parker TG 0195 [6]

Parker TG 0195		
Geometrický objem	Cm ³	195
Maximální rychlost	Ot/min	477
Maximální průtok	l/min	95
Maximální tlakový spád	MPa	276
Maximální vstupní tlak	MPa	300
Maximální kroutící moment	Nm	753
Maximální výkon	kW	33

6.3.1 VÝPOČET VÝKONU HYDROMOTORU

$$P = Qp \quad (1)$$

$$P = \frac{49,2 \cdot 10^3}{60} \cdot 25,5 = 20910 \text{ W} = 20,91 \text{ kW}$$

$$P = 20,91 \text{ kW}$$

Kde

Q je průtok hydrogenerátoru nakladače

p je tlak hydrogenerátoru nakladače

6.3.2 VÝPOČET OTÁČEK HŘÍDELE MOTORU

$$n = \frac{Q}{V_0} \quad (2)$$

$$n = \frac{49,2 \cdot 10^3}{195} = 252,3 \text{ min}^{-1} = 4,205 \text{ s}^{-1}$$

$$n = 4,205 \text{ s}^{-1}$$

Kde

V_0 je geometrický objem

Q je průtok hydrogenerátoru nakladače

6.3.3 VÝPOČET KROUTÍCÍHO MOMENTU HYDROMOTORU

$$M_k = \frac{P}{\omega} \quad (3)$$

$$M_k = \frac{20910}{26,42} = 791 \text{ Nm}$$

$$M_k = 791 \text{ Nm}$$

Kde

P je výkon hydromotoru

$$\omega = 2\pi n \quad (4)$$

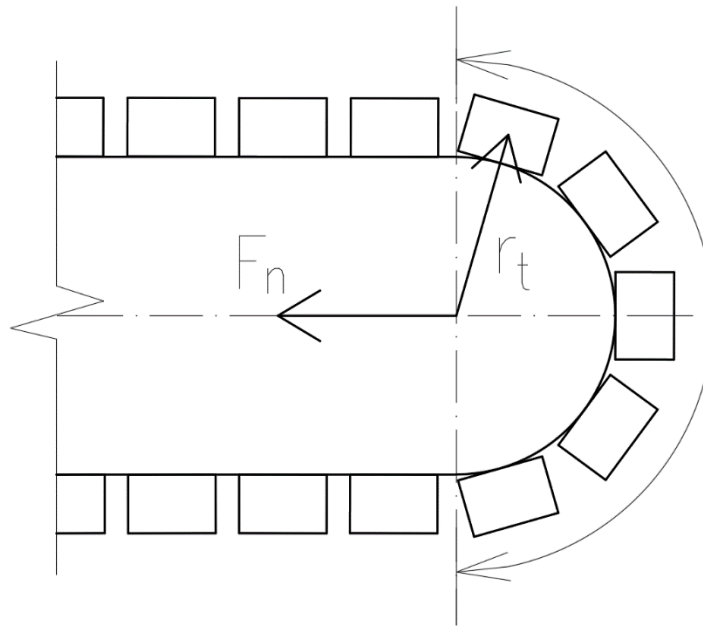
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 4,205 = 26,42 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\omega = 26,42 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Vypočítaný kroutící moment je větší, než snese zvolený hydromotor. Součástí technologie rýhování je však i pojezd smykem řízeného nakladače a pohyb výložníku. Z toho vyplývá, že se kroutící moment sníží. Pro další výpočty budu uvažovat maximální hodnotu kroutícího momentu 753 Nm, což je maximální kroutící moment, který může vygenerovat zvolený hydromotor.

6.4 VÝPOČET MINIMÁLNÍ NAPÍNAČÍ SÍLY ŘETĚZU

Výpočet minimální napínací síly je nutný pro zajištění polohy řetězu a zjištění velikosti sil působících na ložiska. Působení napínací síly je znázorněno na obrázku 9.



Obr.9 Napínací síla řetězu

$$F_n = m_r a_o \quad (5)$$

$$a_o = r_T \omega^2 \quad (6)$$

$$F_n = m_r r_T \omega^2 \quad (7)$$

$$F_n = 5,736 \cdot 0,12 \cdot 26,42^2 = 480,46 \text{ N}$$

$$F_n = 480,46 \text{ N}$$

Kde

F_n je minimální napínací síla řetězu

r_T je vzdálenost těžiště článku řetězu od středu vodícího kola

m_r je hmotnost řetězu obepínajícího vodící kolo

a_0 je odstředivé zrychlení

VÝPOČET HMOTNOSTI ŘETĚZU OBEPÍNAJÍCÍHO VODÍCÍ KOLO

$$m_r = m_\xi k \quad (8)$$

$$m_r = 0,654 \cdot 8,77 = 5,736 \text{ kg}$$

$$m_r = 5,736 \text{ kg}$$

Kde

$m_\xi = 0,654 \text{ kg}$ hmotnost jednoho článku řetězu

$k = 8,77$ počet článků obepínajících vodící kolo

VÝPOČET POČTU ČLÁNKŮ OBEPÍNAJÍCÍCH KOLO

$$k = \frac{o}{l} = \frac{0,37699}{0,043} = 8,77 \quad (9)$$

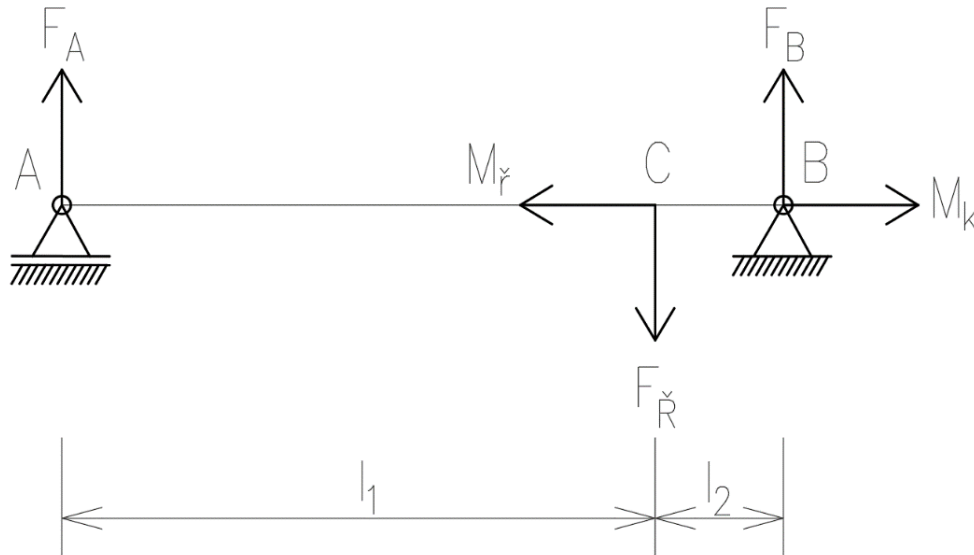
Kde

$o = \pi r_T = 0,37699 \text{ m}$ obvod vodícího kola

$l = 0,043 \text{ m}$ délka jednoho článku řetězu

6.5 ZJIŠTĚNÍ VELIKOSTI SIL VE VAZBÁCH

Působení sil ve vazbách je znázorněno na obrázku 10.



Obr.10 Působící síly a momenty

$$F_{\check{r}} = F_n + F_{M_k}$$

$$F_{\check{r}} = 480,46 + 10040 = 10520,45 \text{ N}$$

$$F_{\check{r}} = 10520,46 \text{ N}$$

Kde

$F_{\check{r}}$ je výsledná síla působící na řetěz

F_n je minimální napínací síla řetězu

F_{M_k} je síla od kroutícího momentu motoru

VÝPOČET ZATĚŽUJÍCÍ SÍLY OD HYDROMOTORU

$$F_{M_k} = \frac{M_k}{r} \tag{10}$$

$$F_{M_k} = \frac{753}{0,075} = 10040 \text{ N}$$

$$F_{M_k} = 10040 \text{ N}$$

Kde

r je roztečná kružnice řetězového kola

MOMENTOVÁ ROVNOVÁHA K BODU B

$$\sum M_B = F_{\check{r}}l_2 - F_A(l_1 + l_2) = 0 \quad (11)$$

$$F_A = \frac{F_{\check{r}}l_2}{l_1 + l_2}$$

$$F_A = \frac{10520,46 \cdot 0,085}{0,445} = 2009,52 \text{ N}$$

$$F_A = 2009,52 \text{ N}$$

MOMENTOVÁ ROVNOVÁHA K BODU A

$$\sum M_A = F_{\check{r}}l_1 - F_B(l_1 + l_2) = 0 \quad (12)$$

$$F_B = \frac{F_{\check{r}}l_1}{l_1 + l_2}$$

$$F_B = \frac{10520,46 \cdot 0,36}{0,445} = 8510,94 \text{ N}$$

$$F_B = 8510,94 \text{ N}$$

Kde

M_A je moment působení v bodě A

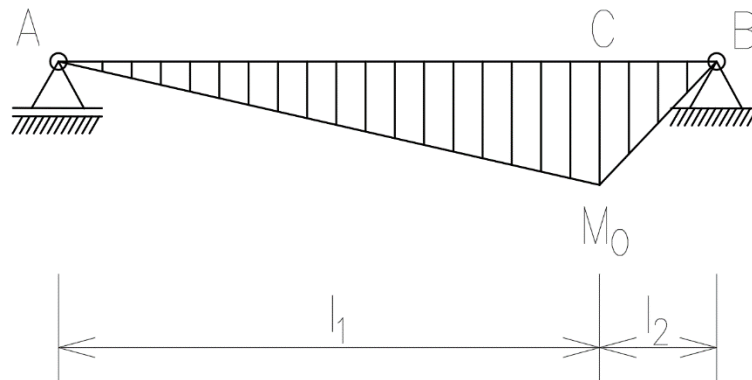
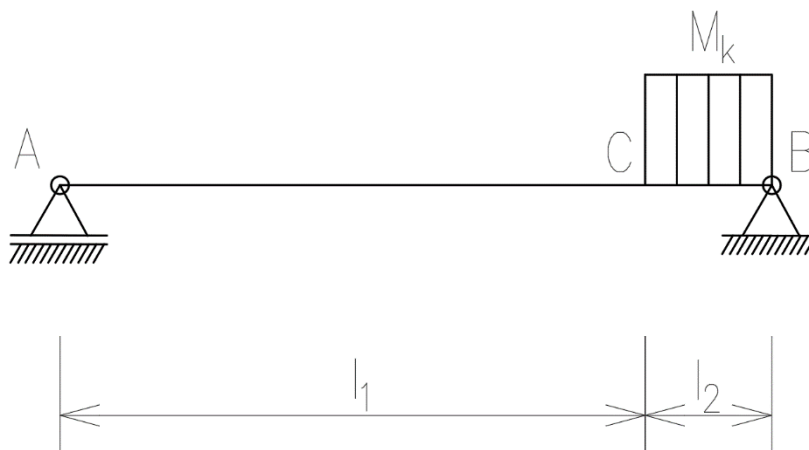
M_B je moment působení v bodě B

F_A je reakční síla působící v bodě A

F_B je reakční síla působící v bodě B

l_1 je vzdálenost od bodu A k působišti síly $F_{\check{r}}$

l_2 je vzdálenost od bodu B k působišti síly $F_{\check{r}}$

PRŮBĚH OHYBOVÉHO MOMENTU*Obr.11 Průběh ohybového momentu***PRŮBĚH KROUTÍCÍHO MOMENTU***Obr. 12 Průběh kroucího momentu***6.6 VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŠROUBOVÉHO SPOJE**

Pro výpočet jsou uvažovány klasické šrouby s vnitřním šestihranem. Jako kritická je posuzována tahová síla ve šroubu.

VÝPOČET PŘEDPÍNAČÍ SÍLY [3, str. 476]

$$F_p = 0,7R_m A_s \quad (13)$$

$$F_p = 0,7 \cdot 1200 \cdot 10^6 \cdot 84,3 \cdot 10^{-6} = 70812 \text{ N}$$

$$F_p = 70812 \text{ N}$$

Kde

$R_m = 1200 \text{ MPa}$ je pevnost v tahu pro šroub 12.9 [3, str. 442]

$A_s = 84,3 \text{ mm}^2$ je výpočtový průřez šroubu [3, str. 420]

VÝPOČET NÁVRHOVÉ ÚNOSNOSTI ŠROUBU [3, str. 476]

$$F_S = \frac{k_s i_t f_s}{\gamma_{M_3}} F_p \quad (14)$$

$$F_S = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,2}{1,25} \cdot 70812 = 11330 \text{ N}$$

$$F_S = 11330 \text{ N}$$

Kde

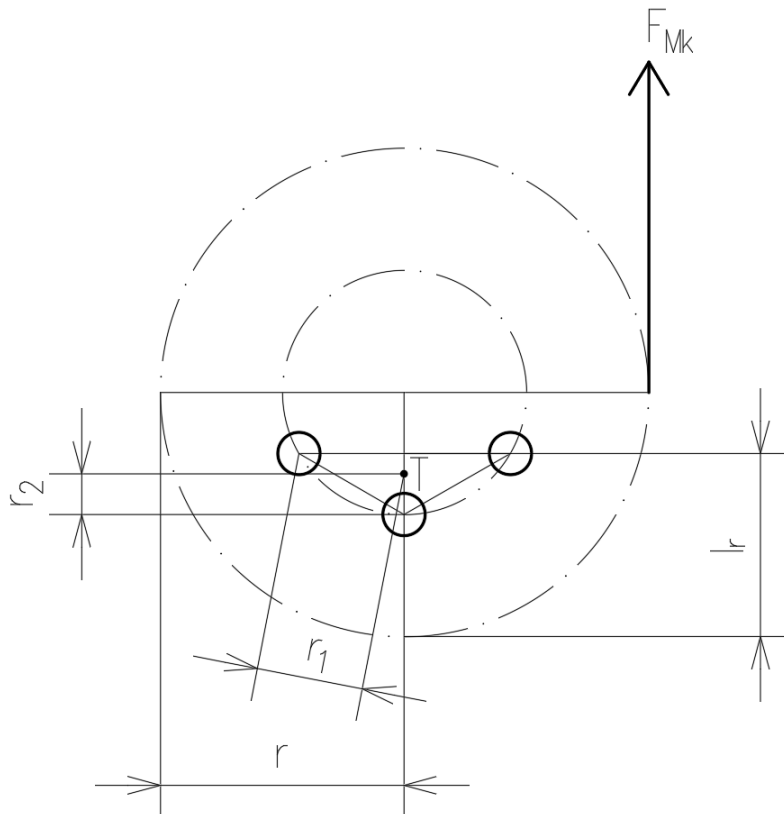
$k_s = 1$ je součinitel pro šroub v obyčejném otvoru [3, str. 476]

$i_t = 1$ počet třecích ploch

$f_s = 0,2$ je součinitel tření na stykových plochách neupravených [3, str. 1151]

$\gamma_{M_3} = 1,25$ je dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje kategorie C [3, str. 476]

VÝPOČET ZATÍŽENÍ JEDNOTLIVÝCH ŠROUBŮ



Obr. 13 Zatížení od šroubů

VÝPOČET REAKČNÍHO MOMENTU

$$G = F_{Mk} l_r \quad (15)$$

$$G = 10040 \cdot 0,056 = 562,24 \text{ N}$$

$$G = 562,24 \text{ N}$$

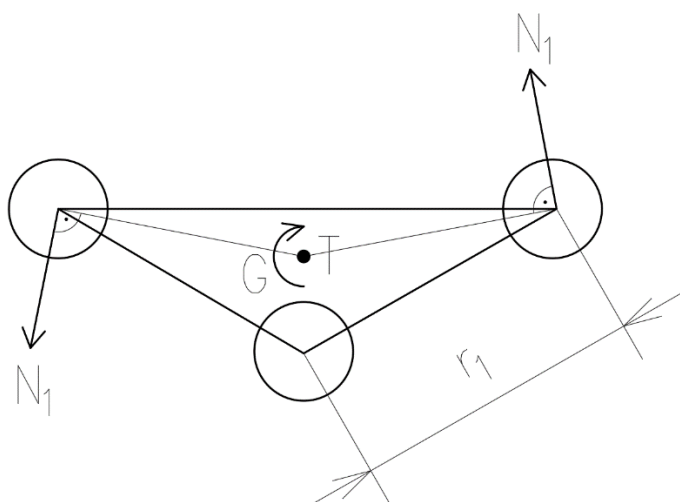
Kde

F_{Mk} je síla od kroutícího momentu hydromotoru

l_r je rameno reakčního momentu (viz obr. 13)

VÝPOČET SÍLY OD REAKČNÍHO MOMENTU NA NEJVZDÁLENĚJŠÍ ŠROUB OD TĚŽIŠTĚ SKUPINY ŠROUBŮ [4, str.600]

Na nejdálčenější šroub ze skupiny působí největší síla, takže ho považuji za rizikový a volím jej pro další výpočty.



Obr. 14 Těžiště šroubů a působení sil

$$N_1 = \frac{Gr_1}{\sum r^2} \quad (16)$$

$$N_1 = \frac{562,24 \cdot 0,033}{0,033^2 + 0,033^2 + 0,0125^2} = 7949 \text{ N}$$

$$N_1 = 7949 \text{ N}$$

Kde

$G = 562,24 \text{ N}$ je reakční moment dle výpočtu (15)

$r_1 = 0,033 \text{ m}$ je vzdálenost nejvzdálenějšího šroubu od těžiště skupiny šroubů

(viz obr.13)

$r_2 = 0,0125 \text{ m}$ je vzdálenost zbývajícího šroubu od těžiště skupiny šroubů (viz obr.13)

$N_1 = 7949 \text{ N}$ je síla od reakčního momentu na nejvzd. šroub od těžiště skupiny šroubů

VÝPOČET BEZPEČNOSTI ŠROUBU

$$k = \frac{F_s}{N} \quad (17)$$

$$k = \frac{11330}{7949} = 1,425$$

$$k = 1,425$$

Vyhovuje

6.7 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK

VÝPOČET AXIÁLNÍ SÍLY

Axiální síla vzniká v ose šneku vlivem pohybujícího se materiálu. Velikost axiální síly zjistíme ze vztahu:

$$F_{ax} = \frac{M}{R_s \tan(\alpha + \varphi)} \quad (18)$$

Kde

R_s je účinný poloměr šnekovice

M je moment na hřídeli šnekovice

α je úhel stoupání šnekovice

φ je třecí úhel mezi materiálem a šnekem

Následující výpočty budou provedeny dle literatury [18] [19].

6.7.1 OBJEMOVÁ VÝKONNOST

$$Q_o = \frac{\pi D^2}{4\psi sn} [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (19)$$

$$Q_o = \frac{\pi 0,3^2}{4 \cdot 0,4 \cdot 0,23 \cdot 4,205} = 0,026 m^3 \cdot s^{-1}$$

$$Q_o = 0,026 m^3 \cdot s^{-1}$$

Kde

$D = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$ průměr šnekovice

$\psi = 0,4$ součinitel zaplnění žlabu

$s = 230 \text{ mm} = 0,23 \text{ m}$ stoupání šnekovice

$n = 4,205 \text{ s}^{-1}$ otáčky šnekovice

6.7.2 HMOTNOSTNÍ VÝKONNOST

$$Q_m = Q_o \rho_z [kg \cdot s^{-1}] \quad (20)$$

$$Q_m = 0,026 \cdot 1500 = 39,02 kg \cdot s^{-1}$$

$$Q_m = 39,02 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde

$$\rho_z = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ objemová hustota zeminy}$$

6.7.3 VÝKON POTŘEBNÝ PRO ODHRNOVÁNÍ

$$P = Q_m g (l_v \omega) \quad (21)$$

$$P = 39,02 \cdot 9,81 \cdot (0,23 \cdot 25,13) = 61,63 \text{ W} = 0,0616 \text{ kW}$$

$$P = 0,0616 \text{ kW}$$

Kde

$$\omega = 2\pi n = 25,13 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$l_v = 0,23 \text{ m vodorovná dopravní vzdálenost}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ gravitační zrychlení}$$

6.7.4 KROUTÍCÍ MOMENT NA HŘÍDELI ŠNEKOVICE

$$M = \frac{P}{\omega} \quad (22)$$

$$M = \frac{61,63}{25,13} = 2,45 \text{ Nm}$$

$$M = 2,45 \text{ Nm}$$

6.7.5 ÚČINNÝ POLOMĚR ŠNEKOVICE

$$R_s = (0,35 - 0,34)D \quad (23)$$

Volím 0,37

$$R_s = 0,37 \cdot 0,3 = 0,111 \text{ m}$$

$$R_s = 0,111 \text{ m}$$

6.7.6 ÚHEL STOUPÁNÍ ŠNEKOVICE

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{s}{\pi D} \right) \quad (24)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{0,23}{\pi \cdot 0,3} \right) = 14,12^\circ$$

$$\alpha = 13,71^\circ$$

6.7.7 TŘECÍ ÚHEL MEZI MATERIÁLEM A ŠNEKEM

$$f = \tan \varphi \quad (25)$$

$$\varphi = \tan^{-1} f$$

$$\varphi = \tan^{-1} 0,45 = 26,74^\circ$$

$$\varphi = 26,74^\circ$$

Kde

$$f = 0,45 \text{ součinitel tření zeminy o kov [18]}$$

6.7.8 AXIÁLNÍ SÍLA

Dosadím do rovnice (18) uvedené na začátku kapitoly 6.

$$F_{ax} = \frac{M}{R_s \tan(\alpha + \varphi)}$$

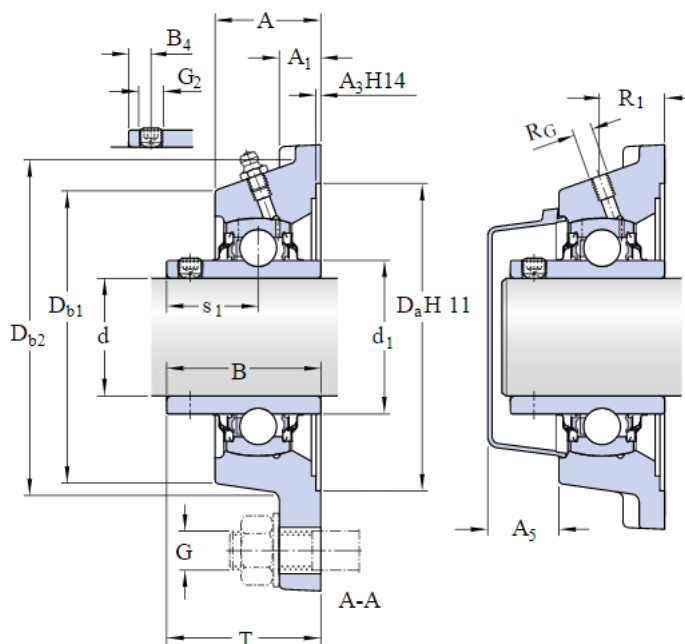
$$F_{ax} = \frac{2,45}{0,111 \cdot \tan(13,71 + 26,74)} = 26,57 \text{ N}$$

$$F_{ax} = 26,57 \text{ N}$$

6.8 VOLBA LOŽISKA

Z předchozích výpočtů víme, jaké radiální síly působí na ložiska v místech A a B, V místě B se nachází hydromotor, který již má ložiska integrovaná. Dle údajů výrobce hydromotor snese zatížení radiální silou 16000 N, v mém případě je maximální radiální síla 8510,95 N, takže splňujeme omezení dané konstrukcí hydromotoru.

Na místo A jsem zvolil ložiskovou jednotku SKF FY 35 TR [9], viz obr. 15



Obr. 15 Ložiska

Tab. 12 Parametry ložiska [9]

SKF FY 35 TR		
Vnitřní průměr	d	35 mm
Základní dynamická účinnost	C	25,5 kN
Základní statická účinnost	C ₀	15,3 kN

EKVIVALENTNÍ DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ

$$\frac{F_{ax}}{F_A} = \frac{26,57}{2009,52} = 0,01 \quad (26)$$

Jelikož je velikost axiální síly vzhledem k velikosti radiální síly zanedbatelná, využijeme pro výpočet trvanlivosti následující vztah:

$$P = F_A = 2009,52 \text{ N}$$

TRVANLIVOST LOŽISKA [3, str.627]

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^a \frac{10^6}{60n} \quad (27)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{25500}{2009,52}\right)^3 \frac{10^6}{60 \cdot 4,205} = 8 \cdot 10^6 > 50000 \text{ h} \Rightarrow \text{ložisko vyhovuje}$$

kde

a je součinitel typu ložiska [3, str. 615]

C je dynamická únosnost ložiska [vit tab. 11]

P je ekvivalentní zatížení ložiska

Ložisko je předimenzované, jeho volba však koresponduje s možnými rázy a silami, které mohou vznikat během procesu rýhování.

7 VÝBĚR VOLNĚ DOSTUPNÝCH DÍLŮ

V této kapitole je uveden přehled dílů, které jsou volně dostupné k zakoupení. Jedná se o řetěz, řetězové kolo, vodící kolo a šnek. Všechny tyto díly jsou nabízeny firmou Ditch Witch.

7.1 ŘETĚZ

Nejdůležitější součástí rýhovacího zařízení je řetěz. V tabulce je vidět přehled nabízených řetězů. Dle doporučení jednatele firmy 3K Groundbreaking s.r.o., která zastupuje firmu Ditch Witch, jsem zvolil řetěz Shark/Duratootch Combo. Řetěz je vhodný do středně tvrdých, tvrdých až kamenitých půd (viz obr. 16).

CHAIN SELECTOR						
Key	SANDY SOIL	SOFT SOIL	MEDIUM SOIL	HARD SOIL	ROCKY SOIL	STICKY SOIL
●=Best ○=Better ○=Good	○	●	○	○		●
4-Pitch DuraTooth®	○	●	○	○		●
4-Pitch DuraTooth C2X	○	●	○	○		●
2-Pitch DuraTooth	●	○	●	●	○	
2-Pitch DuraTooth C2X	●	○	●	●	○	
Shark® Chain II	○	○	●	○	●	
Weld-on Alligator				○	●	
Bolt-on Alligator			○	○	●	
Bolt-on Alligator K-style			○	●	●	
Shark/DuraTooth Combo			○	●	●	
Shark/DuraTooth C2X Combo			○	●	●	
Alligator/DuraTooth Combo			○	●	●	
Alligator/DuraTooth C2X Combo			○	●	●	
Alternating Side Bar						●
Bolt-on Shark			○	●	●	

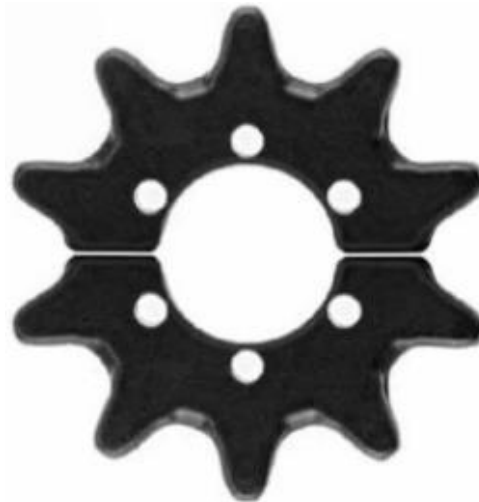
Obr. 16 Přehled řetězů [17]



Obr. 17 Řetěz Shark/Duratootch Comco [17]

7.2 ŘETĚZOVÉ KOLO

Pro přenos kroutícího momentu na řetěz je použito řetězové kolo. Je rozděleno na dvě části z důvodu snadné vyměnitelnosti opotřebeného dílu. Každá část je přišroubována do náboje třemi šrouby M12 12.9. Průměr roztečné kružnice řetězového kola je 150 mm, průměr děr na šrouby je 13 mm. Průměr roztečné kružnice otvorů pro šrouby je 75 mm.



Obr. 18 Řetězové kolo [17]

7.3 VODÍCÍ KOLO

Vodící kolo je umístěno na konci ramene rýhovače. Díky svému tvaru zajišťuje vedení řetězu. Průměr ozubeného kola je 170 mm. Je dodáváno včetně ložiska.



Obr. 19 Vodící kolo [17]

7.4 ŠNEK

Součástí rýhovacího zařízení je také šnek, který slouží ke stranovému odvodu vyryté zeminy. Jeho průměr je 300 mm. Šnekovice je plná, levotočivá. Průměr otvoru pro hřídel je 35 mm. Uchycení k hřídeli řešeno šroubem s maticí.



Obr. 20 Šnek [17]

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvoření návrhu přidavného rýhovacího zařízení pro smykem řízený nakladač.

V počáteční části jsem se věnoval základní teorii smykových nakladačů a přidavných rýhovacích zařízení. S teorií nakladačů a rýhovačů souvisel i rešeršní přehled nabízených strojů od vybraných firem. Důležitou součástí tohoto tématu jsou legislativní normy a bezpečnost a ochrana zdraví při práci se zaměřením na stavební předpisy.

Co se týče samotného konstrukčního řešení, nejdříve jsem zjistil minimální délku ramene pro splnění podmínky vytvoření rýhy minimálně 800 mm. Dále jsem zvolil vhodný stroj, na který jsem navrhoval přidavné rýhovací zařízení. Rozhodl jsem se pro smykem řízený nakladač Ditch Witch SK 1550. Následovala volba hydromotoru Parker TG 0195. Tento hydromotor obsahuje integrovaná ložiska, pro volbu druhého ložiska bylo nutné zjistit velikosti působících sil. Jedná se o velikost minimální napínací síly řetězu a velikost síly vzniklé z kroutícího momentu hydromotoru. Axiální síla vzniklá pohybem šnekového dopravníku se na základě výpočtů ukázala jako téměř zanedbatelná. Na základě velikosti těchto sil bylo možné zvolit ložisko. Zvolil jsem ložisko SKF FY 35 TR, které se ukazuje jako dostatečné. Rizikovou částí při přenosu kroutícího momentu z hydromotoru na řetěz se jeví šroubové spojení ozubeného kola s nábojem. Použil jsem šrouby pevnostní třídy 12.9 pro zajištění bezpečného spojení daných součástí.

Při konstrukci rýhovacího zařízení jsem využil volně dostupné díly nabízené firmou Ditch Witch, a sice řetěz, řetězové kolo, vodící kolo a šnek.

Součástí mé práce je tvorba modelu zařízení, který byl několikrát upravován vzhledem ke zjištěným výpočtům. Z modelu byly dále vytvořena výkresová dokumentace, konkrétně výkres sestavy, svařence rámu a součástí.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VANĚK, Antonín. *Strojní zařízení pro stavební práce*. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1.
- [2] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1045-9.
- [3] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [4] PETERSEN, Christian. *Stahlbau. Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten*. 2. vydání. Wiesenbaden: Vieweg, 1990. ISBN 3-528-18837-5.
- [5] ŠVRČEK, Jakub. *Přídavná pracovní zařízení a nářadí pro stroje pro zemní práce*. Brno, 2018. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Miroslav Škopán.
- [6] Parker [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.parker.com/literature/HY13-1590-005%20US,EU%20v2.pdf>
- [7] Ditch Witch of Czech Republic [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://ditchwitch.cz/?gclid=EA1aIQobChMIkIeGodec6gIViKgYCh3-agCjEAAYASAAEgIjy_D_BwE
- [8] Bobcat CZ, a.s. [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.bobcat.cz/pasove-nakladace/mt55>
- [9] SKF. SKF [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-FY%2035%20TR?system=metric>
- [10] Mavet, s.r.o. [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.strojemavet.sk/?menu=boxer500spec>
- [11] Vermeer: Rýhovač [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.vermeer.cz/wp-content/uploads/2018/03/S450TXen.pdf>
- [12] Ditch Witch: Příslušenství [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.dropbox.com/s/vo2bqs4vm2ois0s/mininakladace-prislusenstvi.pdf?dl=0>
- [13] Sacharcuk rýhovače [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.sacharcuk.cz/ryhovace/>
- [14] Bobcat CZ, a.s.: Příslušenství [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.bobcat.com/attachments/trencher/specs>
- [15] Garmin Group SRL: Příslušenství [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://garbin.it/catenarie/?lang=en>

- [16] *Digga: Rýhovač* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.digga.com/trenchers.html>
- [17] *Ditch Witch: Katalog příslušenství* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.ditchwitch.com/sites/default/files/CTS-Catalog-2019.pdf>
- [18] DRAŽAN, František. *Teorie a stavba dopravníků: určeno pro stud. fak. strojní*. Praha: ČVUT, 1983.
- [19] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [20] Bc. Ondřej Trlica *Vliv fázové přeměny vody v zemině na průběh teplotního kmitu*. Brno, 2017. 97 s., 20 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Ing. David Bečkovský, Ph.D.
- [21] *Technické normy ČSN* [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/?fbclid=IwAR3YIot9sQHSVM33ocnhV3Yi4KIqSwuxV_LVXb0ykGoOnmeXYRd6WXBMXPU
- [22] ČSN EN 474-10+A. *Stroje pro zemní práce - Bezpečnost - Část 10: Požadavky pro rýhovače*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[-]	Součinitel typu ložiska
a_0	[m·s ⁻²]	Odstředivé zrychlení
A_s	[mm ²]	Výpočtový průřez šroubu
C	[N]	Dynamická únosnost ložiska
D	[mm]	Průměr šnekovice
f	[-]	Součinitel tření zeminy o kov
F_A	[N]	Reakční síla působící v bodě A
F_B	[N]	Reakční síla působící v bodě B
F_{Mk}	[N]	Síla od kroutícího momentu motoru
F_n	[N]	Minimální napínací síla řetězu
F_n	[N]	Minimální napínací síla řetězu
$F_{\bar{r}}$	[N]	Výsledná působící síla na řetěz
f_s	[-]	Součinitel tření na stykových plochách
g	[m·s ⁻¹]	Gravitační zrychlení
h	[mm]	Minimální hloubka rýhy
i_s	[-]	Počet třecích ploch
k	[-]	Počet článků obepínajících vodící kolo
k_s	[-]	Součinitel pro šroub v obyčejném otvoru
l	[m]	Délka jednoho článku řetězu
l_1	[m]	Vzdálenost od bodu A k působišti síly $F_{\bar{r}}$
l_2	[m]	Vzdálenost od bodu B k působišti síly $F_{\bar{r}}$
l_r	[m]	Rameno reakčního momentu
l_v	[m]	Vodorovná dopravní vzdálenost
M	[Nm]	Moment na hřídeli šnekovice
M_A	[Nm]	Moment působení v bodě A
M_B	[Nm]	Moment působení v bodě B
$m_{\bar{c}}$	[kg]	Hmotnost jednoho článku řetězu
m_r	[kg]	Hmotnost řetězu obepínajícího vodící kolo
N_l	[N]	Síla od reakčního momentu na nejvzd. šroub od těžiště skupiny šroubů
n	[s ⁻¹]	Otáčky šnekovice
o	[m]	Obvod vodícího kola
p	[MPa]	Tlak hydrogenerátoru nakladače

P	[W; kW]	Výkon hydromotoru
P	[N]	Ekvivalentní zatížení ložiska
Q	[l·min ⁻¹]	Průtok hydrogenerátoru nakladače
r_1	[m]	Vzdálenost nejvzdálenějšího šroubu od těžiště skupiny šroubů
r_2	[m]	Vzdálenost zbývajících šroubů od těžiště skupiny šroubů
R_m	[MPa]	Pevnost v tahu pro šroub 12.9
R_s	[m]	Účinný poloměr šnekovice
r_T	[m]	Vzdálenost těžiště článku řetězu od středu vodícího kola
r_z	[m]	Roztečná kružnice řetězového kola
s	[mm]	Stoupání šnekovice
V_0	[cm ³]	Geometrický objem
x	[mm]	Minimální délka ramene zapuštěného v zemi
α	[°]	Úhel stoupání šnekovice
β	[°]	Úhel sklonu ramene vzhledem ke svislé ose
γ_{M3}	[-]	Dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje kategorie C
ρ_z	[kg·m ⁻³]	Objemová hustota zeminy
φ	[°]	Třecí úhel mezi materiálem a šnekem
ψ	[-]	Součinitel zaplnění žlabu
ω	[rad·s ⁻¹]	Úhlová rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Výkres sestavy	BP-2020-00/00
Výkres sestavy-seznam položek	BP-2020-00/00
Výkres svařence rámu	BP-2020-01/01
Výkres svařence rámu-seznam položek	BP-2020-01/01
Výkres dílu: Stěna	BP-2020-02/01
Výkres dílu: Úchyt	BP-2020-02/02