



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH MALÉHO PODKOPU

DESIGN OF MINI BACKHOE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV JOHN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK, Ph.D

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Václav John

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

obor: **Strojní inženýrství (2302R016)**

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 malého podkopu

v anglickém jazyce:

Design of mini backhoe

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte rešerši a navrhnete malý podkop s celkovou hmotností max. 250kg pro agregaci do tříbodového závěsu malotraktoru. Zařízení bude kompletně hydraulicky ovládané a hydraulický agregát bude naháněn vývodovým hřídelem malotraktoru.

Cíle bakalářské práce:

1. Analýza problematiky
2. Návrh řešení
3. Konstrukční návrh vybrané varianty - 3D model,
4. Výpočtová dokumentace vybraných uzlů

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

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

V Brně, dne 21.11.2014



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

Hlavní náplní bakalářské práce je návrh podkopu za malotraktor. První část práce se zabývá principem podkopu. V druhé části byly uvažovány různá řešení jednotlivých komponent. Ve třetí části jsou uvedené základní výpočty konstrukce a závěrem jsou znázorněné modely komponent vlastní konstrukční varianty.

KLÍČOVÁ SLOVA

podkop, malotraktor

ABSTRACT

Main goal of this bachelor thesis is design of a backhoe for a compact tractor. First part of this thesis describes principle of the backhoe. In the second part different design solutions for each component are considered. In the third part basic design calculations are described. Last part shows models of components for chosen design solution.

KEYWORDS

backhoe, compact tractor



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JOHN, V. *Návrh malého podkopy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. května 2015

.....

Václav John



PODĚKOVÁNÍ

Velký dík patří vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jan Pavlík, PhD za jeho cenné připomínky a rady během zpracování práce. Dále děkuji celé své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.



OBSAH

Úvod	15
1 Analýza řešené problematiky	16
1.1 Rozdělení rypadel	16
1.1.1 Minirypadla	16
1.1.2 Rypadla kolová traktorového typu	17
1.1.3 Rypadla kolová a automobilní	17
1.1.4 Rypadla na pásovém podvozku	18
1.2 Podkop za traktor	19
2 Alternativy řešení	20
2.1 Rám a podpěry	20
2.2 Konzola výložníku	21
2.3 Otoč konzoly	21
2.4 Výložník	23
2.5 Násada	23
2.6 Pracovní zařízení	24
2.7 Hydraulický generátor	25
2.8 Hydraulické motory - přímočaré	26
2.8.1 Jednočinné	26
2.8.2 Dvojčinné	26
2.9 Otočné uložení	27
2.9.1 Čepy	27
2.9.2 Ložiska	28
3 Výpočtová dokumentace	29
3.1 Výpočet maximální zvedací síly	29
3.1.1 Vyvozená PČHM výložníku	29
3.1.2 Vyvozená PČHM násady	31
3.2 Výpočet maximální rypné síly	32
3.2.1 Vyvozená PČHM výložníku	32
3.2.2 Vyvozená PČHM násady	34
3.3 Výpočet síly na uložení konzola-výložník	35
3.4 Kontrola otočného uložení na otláčení	36
4 Konstrukční návrh vybrané varianty	37
4.1 Rám	38
4.2 Podpěry a jejich konzola	39
4.3 Konzola výložníku	39



4.4	Otoč konzoly	40
4.5	Výložník a násada	41
4.6	Pracovní zařízení	41
4.7	Hydraulický generátor	42
4.8	Hydraulické motory	43
4.9	Hydraulický obvod	44
4.10	Čepy a ložiska	45
	Závěr	46
	Použité informační zdroje	47
	Seznam použitých zkratk a symbolů	50
	Seznam příloh	52



ÚVOD

Hlavní náplní této práce je navrhnout za malotraktor malý podkop o hmotnosti do 250kg. Takhle lehký podkop tudíž bude možné zapojit i za ty nejmenší malotraktory a tak tímto se zvýší jejich využití. Jedná se tedy o zařízení směřované na zákazníky především soukromé osoby, kteří nemají v úmyslu používat tento stroj každý den a díky ceně si tento stroj budou moci dovolit. Tímto podkopem budeme moci provádět nejrůznější lehčí pozemní práce jako jsou např. výkopové práce, zvedání břemen či nakládání na nižší vlek, využití se přitom významně odvíjí od množství přídatného příslušenství. Nejvhodnějším místem a zároveň využitím stroje by bylo např. staveniště rodinného domu.



1 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Podkop, rypadlové zařízení se kterým se setkáváme zcela běžně ve stavebnictví na strojích pro snadnější vykonání prvotních terénních úprav před započítím nejrůznějších staveb. Toto zařízení nám tedy především slouží k přemísťování hornin.

1.1 ROZDĚLENÍ RYPADEL

Existuje několik základních typů těchto strojů, které se především liší velikostí a konstrukcí. Je to dáno tím, že každý typ rypadla má své ideální pracovní místo pro které byl navržen.

1.1.1 MINIRYPADLA

Navrženy pro objemově nejmenší práce. Díky svým malým rozměrům dovedou pracovat i v těch nejhůře dostupných místech.

Nejčastěji jsou na pásovém podvozku, kdy ty nejmenší vyráběné modely zvládnou projet místem o šířce klasických dveří. Maximální pojezdová rychlost se odvíjí od použití typu pásů a výkonu motoru. Přibližně můžeme říci, že se pohybuje mezi 1,5-5 km/h.



Obr. 1 Minirypadlo, vlevo na pásovém [1] a vpravo kráčivém podvozku [2]

Menší zastoupení v této kategorii má kráčivé rypadlo, odlišuje se ale svými schopnostmi průchodnosti v terénu. Je to dáno konstrukcí podvozku, kdy na jedné straně má na konci ramen kloubově uloženy dvě kola a na přední straně dvě podpěry. Vše je poháněno hydraulicky. Takovou konstrukcí lze zajistit stroji stabilitu v podélném svahu se sklonem až 100 % a v příčném svahu se sklonem až 70 %. Na obr. 1.1.2 můžeme vidět už model s koly i na dvou podpěrách pro lepší a rychlejší přejezdy po rovné zpevněné cestě.



1.1.2 RYPADLA KOLOVÁ TRAKTOROVÉHO TYPU

Typ rypadel často využívající základ kolového traktoru, který je posléze upraven. Úprava spočívá v připojení nakládací lopaty na přední část a rypadlového zařízení na zadní část. Tato zařízení obvykle nejdou v krátkém čase odpojit, jelikož se preferuje maximální tuhost a tudíž zařízení jsou pevně připojené k rámu stroje. Výhodou je zmíněná nakládací lopata, která má větší objem oproti rypadlové lopatě se kterou dovedeme naložit daný materiál do vyšší polohy. Další výhodou je použití traktorového základu, který má relativně dobrou průjezdnost terénem a vyšší pojezdovou rychlost dovolující se dopravovat na delší vzdálenosti mezi pracovišti bez použití převozního nákladního vozu.



Obr. 2 Rypadlo kolové na traktorovém podvozku [3]

1.1.3 RYPADLA KOLOVÁ A AUTOMOBILNÍ

Kompromisem mezi technologickými parametry stroje a pojezdovou rychlostí vznikla řada rypadel na vlastním kolovém podvozku, který je dimenzován hlavně proti zkrutu. Před přední říditelnou nápravou je rypadlo obvykle vybaveno dozerovou radlicí. O pohon se stará buď centrální hydromotor nebo mohou být jednotlivé hydromotory upevněny v každém náboji kola. Jedná se tedy o pohon hydrostatický.

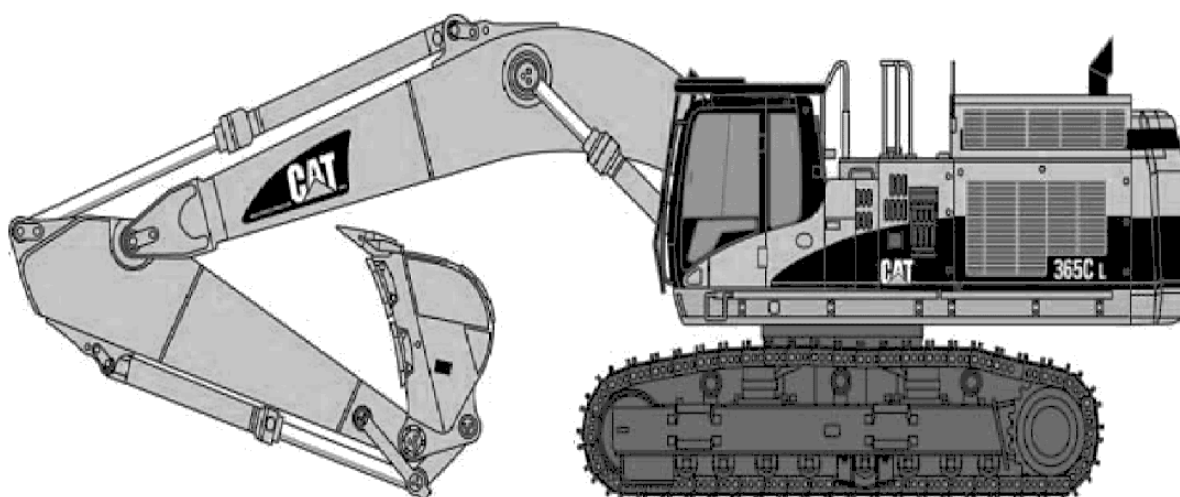


Obr. 3 Rypadlo, vlevo kolové [4] a vpravo na automobilním podvozku [5]

UDS 214, tak označuje výrobce typ stroje, který využívá sériové auto značky Tatra nebo Liaz na který osazuje rypadlo s teleskopickým výložníkem. Výhodou spojení těchto strojů spočívá v dobré průjezdnosti/brodivosti a velké jezdové rychlosti. Avšak velkou nevýhodou je vysoká cena samotného automobilového podvozku.

1.1.4 RYPADLA NA PÁSOVÉM PODVOZKU

Pro zmenšení tlaku na půdu a zlepšení trakce na kluzkém či měkkém povrchu se rypadla začaly osazovat pásovými podvozky, které umožní tyto překážky zvládnout. Kromě pásového podvozku dalšími částmi rypadla je horní otočná část a pracovní zařízení.



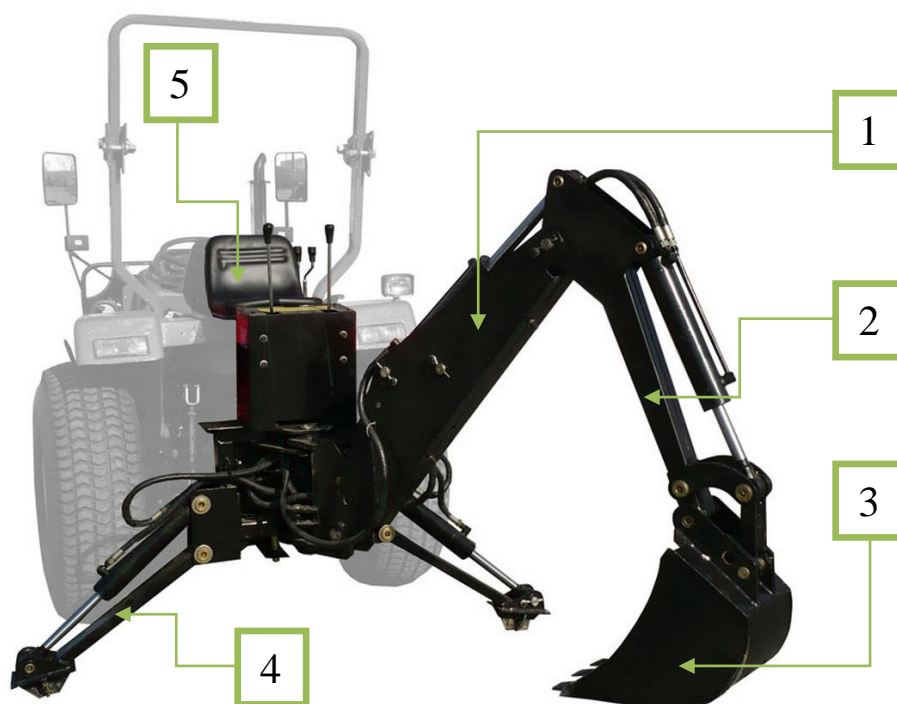
Obr. 4 Rypadlo na pásovém podvozku [6]



1.2 PODKOP ZA TRAKTOR

Rypadlové zařízení je připojené za traktorový tahač s možností v krátkém čase ho odpojit. Jedná se o méně častou variantu minirypadla, kterou zákazník volí. Tento typ je směřován na zájemce, kteří již vlastní traktorový tahač a nemají za cíl se pozemními pracemi uživit. Výhodou je posléze nákupní cena oproti ostatním minirypadlům.

Pohyby jednotlivých částí nám zajišťují jednotlivé hydraulické přímočaré motory, které pohání v levnějších variantách hydraulický generátor traktoru, nejčastěji však je nasazeno samotný hydraulický generátor, který je naháněn vývodovým hřídelem traktoru.



Obr. 5 Rypadlové zařízení připojené za traktorový tahač [7]

Nejzákladnější části pracovního zařízení (Obr. 5) se skládá z hlavního ramene zvaného výložník (1), násady (2), pracovního zařízení (3), podpěrných noh (4) a místa pracovní obsluhy (5).

Samotné rozměry výložníku a násady nám udávají technologické parametry jako např. maximální délkový dosah celého ramene, rozsah je omezen zdvihy jednotlivých hydraulických přímočarých motorů.

Pracovní zařízení u těchto minirypadel jsou většinou lopaty o různých šířkách nebo drapáky, které jsou stavěny na dané malé rypadlo.

Jelikož zařízení není k traktoru připojeno pevně k rámu, jsou tu vždy opěrné nohy zajišťující stabilitu stroje při jeho funkci proti překlopení.

Ovládání podkopy se provádí z místa obsluhy. V případě popojetí celého stroje je nutné sesednout z tohoto místa a přesednout na místo obsluhy traktoru.



2 ALTERNATIVY ŘEŠENÍ

V této kapitole jsou uvedené návrhy daných komponent, které jsou posléze porovnány jak z hlediska funkčních výhod tak i výhod výrobních nákladů.

2.1 RÁM A PODPĚRY

Stavba rámu zařízení se nejčastěji odvíjí od zvoleného způsobu zajištění stability podpěrami. Podpěry mohou být konstruované jako výsuvné, které se vysunují buď kolmo nebo šikmo k zemi anebo jsou řešené jako vyklápěcí. Rámy jsou svařované kombinací z různých profilů a plechů. V místech předpokládaného velkého namáhání zpevněna vevařením tlustostěnných plechů či trubek.

Výhody a nevýhody podpěr:

Výsuvné

- Jednodušší stavba rámu z dostupných profilů
- S posuvným rámem zajištěn větší pracovní rozsah ramene
- Obvykle menší převozní šířka
- Menší tuhost rámu
- Horší stabilita stroje



Vyklápěcí

- Lepší stabilita stroje
- Možnost aretace podpěr
- Větší tuhost rámu
- Složitější konstrukce rámu



Obr. 6 Rám, nahoře vpravo s výsuvnými [8] a vpravo s vyklápěcími podpěrami [9]



2.2 KONZOLA VÝLOŽNÍKU

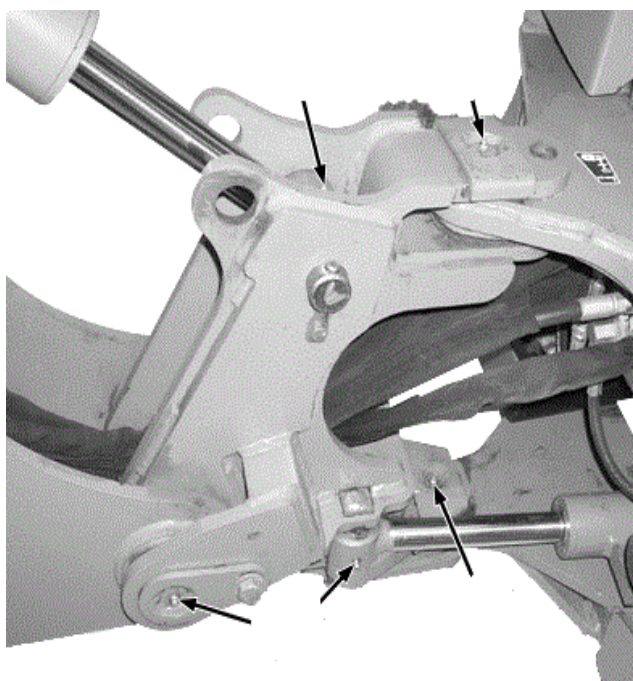
Výroba konzol u podkopů se provádí svařováním nebo odlitím. Tvar se přitom zásadně odvíjí od zvolení způsobu otáčení konzoly. Při porovnání dvou konzol (obr. 7), kterým otáčení zajišťují PČHM můžeme sledovat výhody a nevýhody.

Svařenec

- Vhodné pro malosériovou výrobu
- Vhodné pro menší velikost konzoly
- Jednoduchá výroba - levná
- Pomalá výroba jednoho kusu
- Složitý svařenec je vždy nutné zbavit od vnitřního pnutí

Odlitek

- Vhodné pro velkosériovou výrobu
- Vhodné pro větší velikost konzoly
- Dobrá tuhost celku - dovoluje větší rázy stroje
- Rychlá výroba jednoho kusu
- Složitější výroba - drahá



Obr. 7 Konzola výložníku, vlevo svařenec [10] a vpravo odlitek [11]

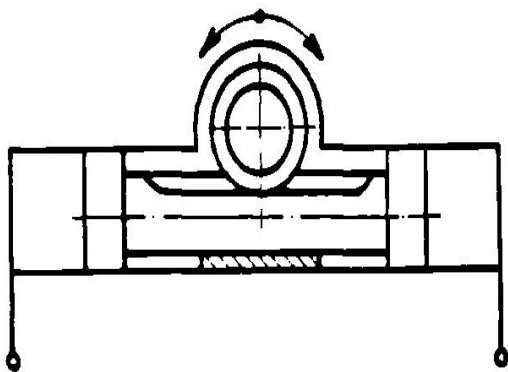
2.3 OTOČ KONZOLY

Každá varianta otoče využívá pohyb hydromotoru. Způsobů jak vyřešit otáčení konzoly máme hned několik. Uvedme si čtyři z nich.

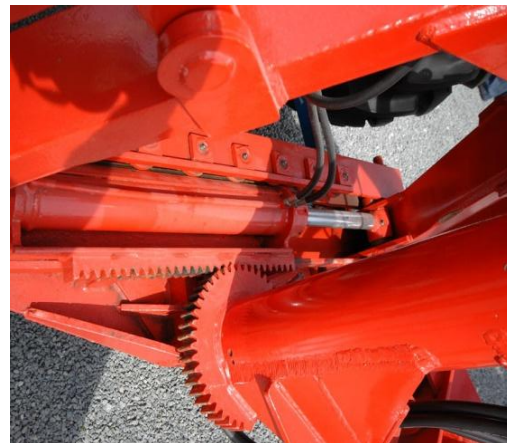


První řešení spočívá ve zvolení hydromotoru s kývavým pohybem značky např. Bosh - Rexroth (Obr. 8), který výborně plní funkci otáčení konzoly od min. do max. svého úhlu bez žádných mrtvých poloh. Avšak cena díky jeho výrobní složitosti je vysoká a tudíž se s tímto způsobem otáčení setkáváme jen u dražších rypadel.

Druhým řešením může být PČHM spojený s ozubeným hřebenem, který je v záběru s ozubeným kolem konzoly (Obr. 9). Při vysouvání nebo zasouvání získáváme potřebný úhel natočení konzoly. Cena tohoto řešení je též vysoká i přes použití jednoho PČHM tu máme navíc atypické ozubené soukolí, které je potřeba nechat si vyrobit.



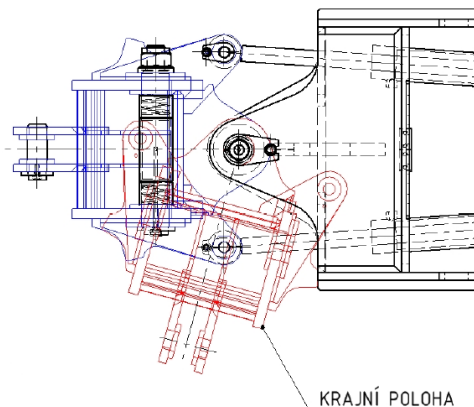
Obr. 8 Hydromotor s kývavým pohybem [12]



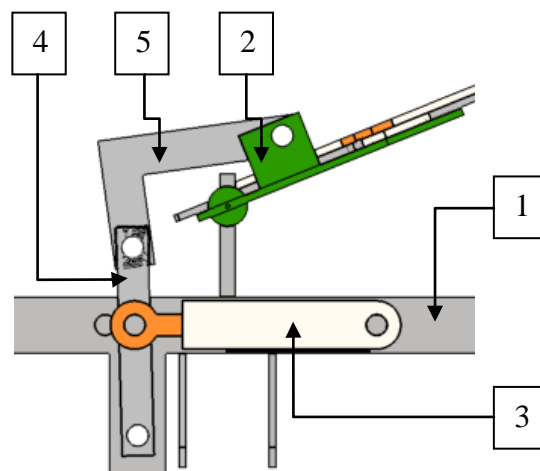
Obr. 9 PČHM s ozubeným soukolím [13]

Třetí varianta je nejpoužívanější (Obr. 10), kdy za pomoci dvou PČHM lze docílit úhlu konzoly 0-180°. I přes použití dvou PČHM, cena tohoto způsobu je přijatelná, jelikož není třeba dokupovat jiné součásti kromě čepů.

Poslední variantou otáčení je vyřešeno pouze jedním PČHM, ale je potřeba dvou pák a více čepů. Lze docílit natočení 0-180°, avšak v jistých místech natočení jsou páky velice namáhány. Můžeme vidět (Obr. 11) na rámu (1) připevněn PČHM (3), který skrze páky (4 a 5) otáčí s konzolou (2).



Obr. 10 Otoč pomocí dvou PČHM [14]



Obr. 11 PČHM se dvěma páky



2.4 VÝLOŽNÍK

Hlavní rameno podkopy se rozlišuje na dva typy dle tvaru. První tvar je přímý, který lze snadno svařit z ocelových profilů. PČHM přímého výložníku lze umístit vně (Obr. 12), pod či nad ramenem.

Druhou možností tvaru je tvar zakřivený, díky čemuž dokážeme kopat hlouběji. Svařenec je zde už obvykle svařen z jednotlivých plechů. Umístění PČHM lze v tomto případě pouze pod (Obr. 13) nebo nad rameno.



Obr. 12 Přímý výložník [15]



Obr. 13 Zakřivený výložník [16]

2.5 NÁSADA

Navazujícím ramenem je násada, která tvarově je obvykle jednoduchá, tudíž často se jedná o svařenec z různého profilu. Pro větší pracovní rozsah se můžeme setkat s teleskopickou násadou (Obr. 15), která prodlužuje rameno podkopy. Pro použití této násady je nutné zesílit celou konstrukci podkopy a její hydrauliku, která musí splňovat požadované síly zákazníků na prodlouženém rameni.



Obr. 14 Jednoduchá násada [17]



Obr. 15 Teleskopická násada [18]



2.6 PRACOVNÍ ZAŘÍZENÍ

Rypadlové zařízení nemusí být vždy pouze jednoúčelové. Kromě různých druhů a velikostí lopat, lze ke každému podkopu možné dokoupit další zařízení jako např. lžicový drapák, vrták či hydraulické kladivo. Podmínkou je vyvedený samostatný hydraulický okruh s přípojkou na konci násady.

Každé zařízení má svoji speciální funkci. Nejčastěji se setkáváme na násadě s drenážní lopatou, která díky své malé šířce dokáže těžít tvrdší horninu. Dále s hydraulicky poháněným bouracím kladivem, které se ale méně objevuje na malém rypadlovém zařízení z důvodu velkých vibrací přenášených do konstrukce. Následkem těchto vibrací by mohl nastat únavový lom materiálu.



Obr. 16 Drenážní/podkopová lopata [19]



Obr. 17 Příkopová naklápěcí lopata [20]



Obr. 18 Lžicový drapák vlevo [21], vrták uprostřed [22] a hydraulické kladivo vpravo [23]



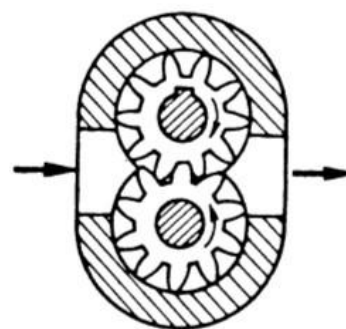
2.7 HYDRAULICKÝ GENERÁTOR

Hydrogenerátor, který je v našem případě poháněn vývodovým hřídelem malotraktoru, může být řešen jako zubový, lamelový či pístový. U zubových generátorů máme varianty s vnějším ozubením anebo s vnitřním ozubením. Lamelové seženeme buď jako klasické, s oválným statorem nebo s oválným rotorem. Při vybírání z pístových generátorů můžeme zakoupit axiální s ne/rotující šikmou deskou, axiální se sklopnou pístní částí, radiální s vnějším vedením pístů, radiální s excentricky uloženými písty či pístový řadový.

Výhody a nevýhody hydrogenerátorů:

Zubové

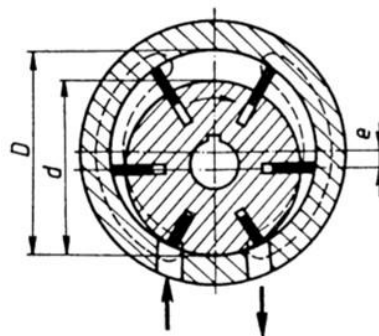
- Spolehlivé
- Nenáročné
- Levné
- Vhodné pro pomocné obvody
- Malá účinnost
- Velká hlučnost



Obr. 19 HG zubový s vnějším ozubením [24]

Lamelové

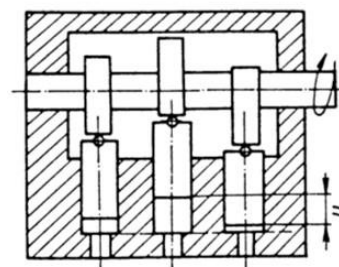
- Tichý chod
- Výborný poměr m/KW
- Možnost regulace
- Není vhodné pro obvod s rázy
- Nutný zpětný ventil



Obr. 20 HG lamelové [24]

Pístové

- Vysoké tlaky (nad 30 MPa)
- Složité
- Drahé
- Malá účinnost při nízkých tlakech



Obr. 21 HG pístový řadový [24]



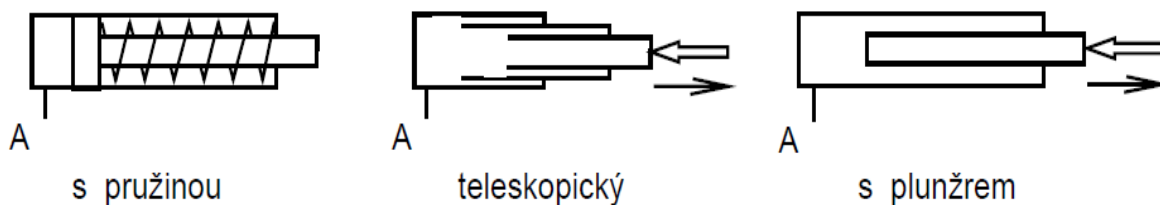
2.8 HYDRAULICKÉ MOTORY - PŘÍMOČARÉ

Jedná se o zařízení, které nám slouží k přeměně hydraulické energie na posuvnou mechanickou. Tato jednoduchá zařízení se dělí na dva základní typy.

2.8.1 JEDNOČINNÉ

Jedná se o nejjednodušší hydraulické motory, kde je kapalina vháněna pouze jedním přívodem a tudíž s těmito HM můžeme vyvodit sílu pouze v jednom směru. Zpětné zasunutí pístní tyče je dosaženo vlastní hmotností nebo vestavěnou pružinou.

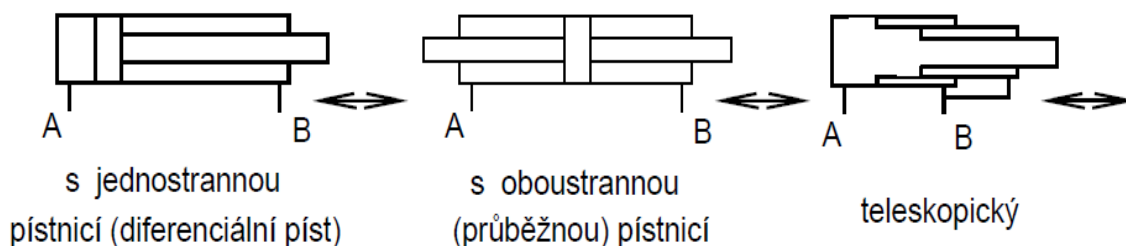
Použití jednočinných přímočarých HM je tedy vhodné tam, kde stačí působit silou pouze v jednom směru. V případě kdy zpětně nepůsobí žádná síla na píst, zvolí se HM s pružinou. Je-li případ, kdy potřebujeme velký zdvih a daný klasický HM nelze díky svým rozměrům uložit do zařízení, volí se HM teleskopický, který pomocí několika vložených dutých válců dosahuje velkého zdvihu s malým složeným rozměrem (např. sklápěcí vozidla, zvedací plošiny, apod.).



Obr. 22 HM přímočaré jednočinné [25]

2.8.2 DVOJČINNÉ

Hydraulický válec má dva přívody kudy může být vháněna kapalina. Obě strany jsou činné a je tedy možné kapalinou vyvodit sílu v obou směrech.



Obr. 23 HM přímočaré dvojčinné [25]

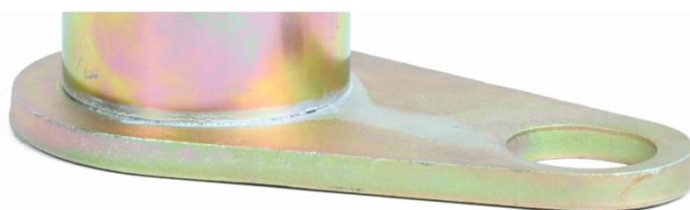


2.9 OTOČNÉ ULOŽENÍ

Kývavý/otočný pohyb dvou součástí je u podkopů řešen pomocí čepu a příslušných ložisek.

2.9.1 ČEPY

Typ hřídele, který je pevně upevněn k jedné části mechanismu a druhá se na něm otáčí. Kromě potřebného průměru se často liší svým pojištěním proti axiálnímu posuvu a otočení vůči jedné části. Nejpoužívanější variantou proti pootočení a zároveň proti vysunutí čepu je pomocí přivařeného plechu s dírou pro šroub, kterým přitáhneme čep pevně k jedné části. V tento moment je takovýto spoj už funkční, ale pro jistotu se čepy jistí i z druhé strany a to buď šroubem, pojistným kroužkem či závlačkou.



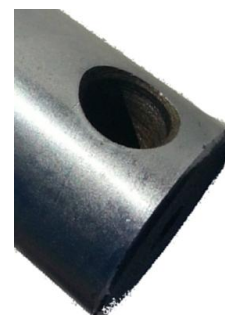
Obr. 24 Detail čepu s plíškem [26]



Obr. 25 Čep se závitem [26]



Obr. 26 Čep s drážkou [26]



Obr. 27 Čep s dírou [27]



2.9.2 LOŽISKA

Volíme dle požadovaných vlastností a tvaru. U rypadlových strojů se vybírá z ložisek kluzných, jelikož jsou vhodná pro uložení, která mají přenést velká zatížení a rázy. Dle tabulky vlastností jednotlivých pouzder zákazník zvolí vhodný materiál z kterého jsou pouzdra vyrobena. Tvarově jsou k dostání klasická či s osazením, které přenáší především zatížení v radiálním směru. Pro přenos axiálních sil se volí axiální kluzné kroužky.

Tab. 1 Vlastnosti kluzných pouzder [28]

SKF	masivní bronz	svinutý bronzový pás	Kompozit PTFE	Kompozit POM	Kompozit s nerezovým pouzdem	Vinutá vlákna
Samomazné vlastnosti	NE	NE	+ANO	ANO	+ANO	+ANO
Znečištěné prostředí	ANO	+ANO	NE	IDEAL	NE	ANO
Protikorozní odolnost	ANO	ANO	IDEAL	IDEAL	+ANO	+ANO
Vysoké zatížení	IDEAL	IDEAL	ANO	+ANO	ANO	+ANO
Rázová zatížení / vibrace	ANO	ANO	IDEAL	IDEAL	IDEAL	+ANO
Vyrovnání nesouososti	ANO	IDEAL	NE	IDEAL	NE	ANO
Nízká cena	IDEAL	ANO	+ANO	+ANO	NE	NE



Obr. 28 Vyobrazení kluzných ložisek z jednotlivých materiálů [28]



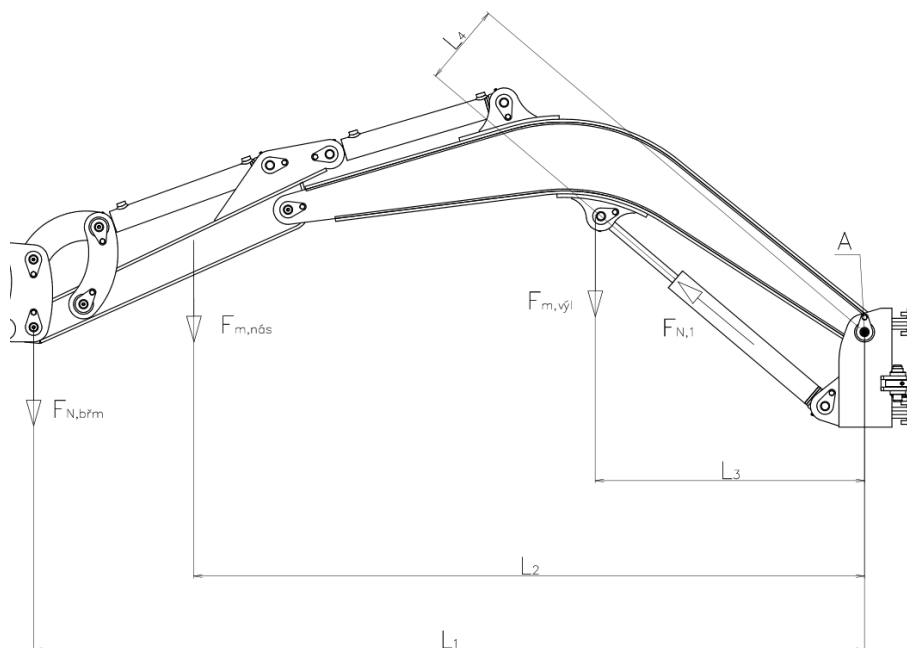
3 VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE

3.1 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ ZVEDACÍ SÍLY

Síla maximální, kterou můžeme zvedat na konci násady počítáme z momentové rovnováhy. Výložník spolu s násadou jsou v poloze, kdy čep na konci násady s čepem výložník-konzola mají nejdelší rameno.

3.1.1 VYVOZENÁ PČHM VÝLOŽNÍKU

Ve výpočtu jsou uvažovány hmotnosti výložníku a násady, nezahrnuje hmotnosti PČHM, čepy, ložiska, vysokotlaké potrubí, lopata či její pákový systém naklápění. Všechny tyto odpory musí překonat PČHM výložníku, který při zvedání působí v tlaku a až jeho zbylá síla působí na zavěšené břemeno.



Obr. 29 Momentová rovnováha k bodu A

$$M_{N,břm} + M_{m,nás} + M_{m,výl} = M_{N,1} \quad (1)$$

kde:

$M_{N,břm}$	[Nm]	moment od hmotnosti břemene
$M_{m,nás}$	[Nm]	moment od hmotnosti násady
$M_{m,výl}$	[Nm]	moment od hmotnosti výložníku
$M_{N,1}$	[Nm]	moment od PČHM



Po dosazení získáme:

$$F_{N,břm} \cdot L_1 + F_{m,nás} \cdot L_2 + F_{m,výl} \cdot L_3 = F_{N,1} \cdot L_4$$

A vyjádříme neznámou:

$$\begin{aligned} F_{N,břm} &= \frac{F_{N,1} \cdot L_4 - (F_{m,nás} \cdot L_2 + F_{m,výl} \cdot L_3)}{L_1} \\ &= \frac{F_{N,1} \cdot L_4 - g(m_{nás} \cdot L_2 + m_{výl} \cdot L_3)}{L_1} \end{aligned}$$

kde:

$F_{N,1}$	[N]	Síla v tlaku vyvolaná PČHM
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
$m_{nás}$	[kg]	Hmotnost násady
$m_{výl}$	[kg]	Hmotnost výložníku
L_1	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod A
L_2	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod A
L_3	[mm]	Délka ramene: těžiště výložníku-bod A
L_4	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod A

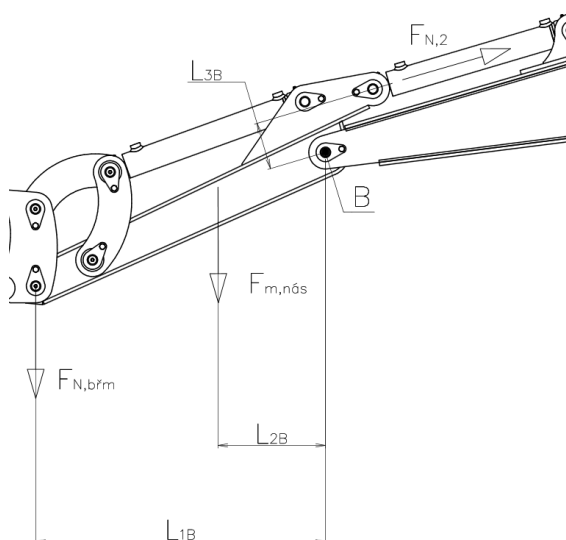
Po vyčíslení:

$$F_{N,břm} = \frac{37300 \cdot 224 - 9,81(24,15 \cdot 1834 + 56,98 \cdot 736)}{2272} = 3305,2 \text{ N}$$



3.1.2 VYVOZENÁ PČHM NÁSADY

PČHM působící při zvedání v tahu oproti výložníku zde překonává pouze hmotnost násady.



Obr. 30 Momentová rovnováha k bodu B

$$M_{N,břm} + M_{m,nás} = M_{N,2} \quad (2)$$

kde:

$M_{N,břm}$ [Nm] moment od hmotnosti břemene

$M_{m,nás}$ [Nm] moment od hmotnosti násady

$M_{N,2}$ [Nm] moment od PČHM

Po dosazení získáme:

$$F_{N,břm} \cdot L_{1B} + F_{m,nás} \cdot L_{2B} = F_{N,2} \cdot L_{3B}$$

A vyjádříme neznámou:

$$\begin{aligned} F_{N,břm} &= \frac{F_{N,2} \cdot L_{3B} - F_{m,nás} \cdot L_{2B}}{L_{1B}} \\ &= \frac{F_{N,2} \cdot L_{3B} - g \cdot m_{nás} \cdot L_{2B}}{L_{1B}} \end{aligned}$$



kde:

$F_{N,2}$	[N]	Síla v tahu vyvolaná PČHM
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
$m_{nás}$	[kg]	Hmotnost násady
L_{1B}	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod B
L_{2B}	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod B
L_{3B}	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod B

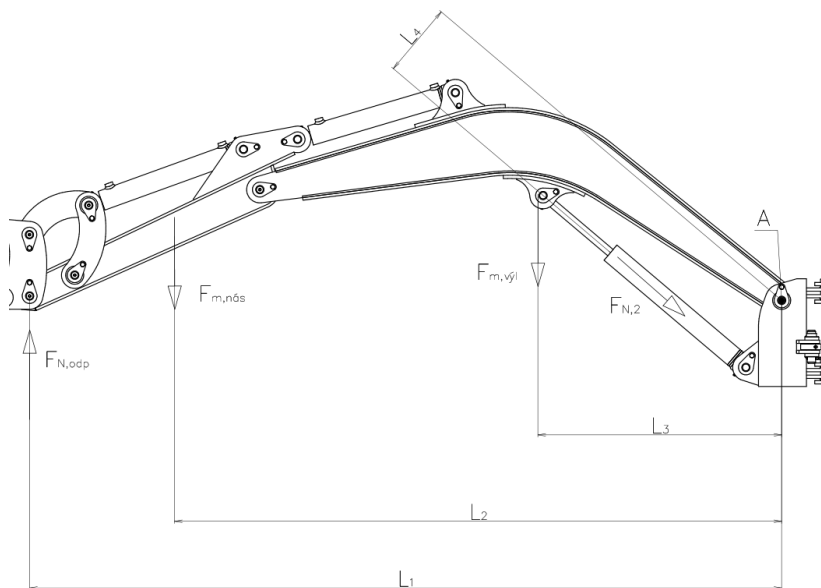
Po vyčíslení:

$$F_{N,břm} = \frac{28000 \cdot 113 - 9,81 \cdot 24,15 \cdot 258}{696} = 4458,2 \text{ N}$$

3.2 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ RYPNÉ SÍLY

Síla maximální, kterou můžeme tlačit na konci násady počítáme z momentové rovnováhy. Jako ve výpočtu zvedací síly tak i zde je výložník spolu s násadou v poloze, kdy čep na konci násady s čepem výložník-konzola mají nejdelší rameno.

3.2.1 VYVOZENÁ PČHM VÝLOŽNÍKU



Obr. 31 Momentová rovnováha k bodu A

$$M_{N.odp} - M_{m,nás} - M_{m,výl} = M_{N,2} \quad (3)$$



kde:

$M_{N,odp}$	[Nm]	moment od odporu zeminy
$M_{m,nás}$	[Nm]	moment od hmotnosti násady
$M_{m,výl}$	[Nm]	moment od hmotnosti výložníku
$M_{N,2}$	[Nm]	moment od PČHM

Po dosazení získáme:

$$F_{N,odp} \cdot L_1 - F_{m,nás} \cdot L_2 - F_{m,výl} \cdot L_3 = F_{N,2} \cdot L_4$$

A vyjádříme neznámou:

$$\begin{aligned} F_{N,odp} &= \frac{F_{N,2} \cdot L_4 + (F_{m,nás} \cdot L_2 + F_{m,výl} \cdot L_3)}{L_1} \\ &= \frac{F_{N,2} \cdot L_4 + g(m_{nás} \cdot L_2 + m_{výl} \cdot L_3)}{L_1} \end{aligned}$$

kde:

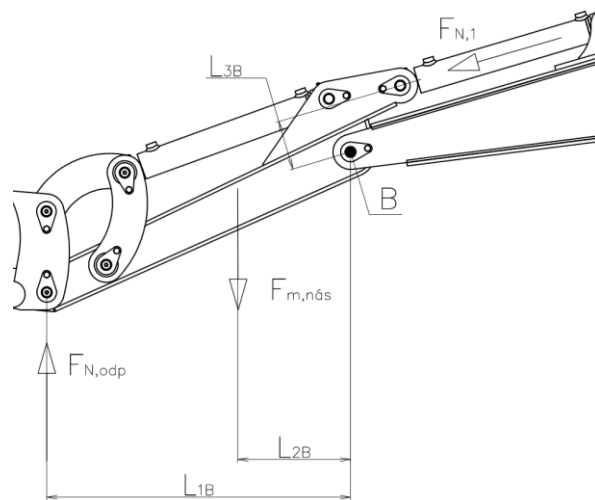
$F_{N,2}$	[N]	Síla v tahu vyvolaná PČHM
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
$m_{nás}$	[kg]	Hmotnost násady
$m_{výl}$	[kg]	Hmotnost výložníku
L_1	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod A
L_2	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod A
L_3	[mm]	Délka ramene: těžiště výložníku-bod A
L_4	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod A

Po vyčíslení:

$$F_{N,odp} = \frac{28000 \cdot 224 + 9,81(24,15 \cdot 1834 + 56,98 \cdot 736)}{2272} = 3132,9 \text{ N}$$



3.2.2 VYVOZENÁ PČHM NÁSADY



Obr. 32 Momentová rovnováha k bodu B

$$M_{N.odp} - M_{m.nás} = M_{N,1} \quad (4)$$

kde:

$M_{N.odp}$	[Nm]	moment od odporu zeminy
$M_{m,nás}$	[Nm]	moment od hmotnosti násady
$M_{N,1}$	[Nm]	moment od PČHM

Po dosazení získáme:

$$F_{N,odp} \cdot L_{1B} - F_{m,nás} \cdot L_{2B} = F_{N,1} \cdot L_{3B}$$

A vyjádříme neznámou:

$$\begin{aligned} F_{N,odp} &= \frac{F_{N,1} \cdot L_{3B} + F_{m,nás} \cdot L_{2B}}{L_{1B}} \\ &= \frac{F_{N,1} \cdot L_{3B} + g \cdot m_{nás} \cdot L_{2B}}{L_{1B}} \end{aligned}$$



kde:

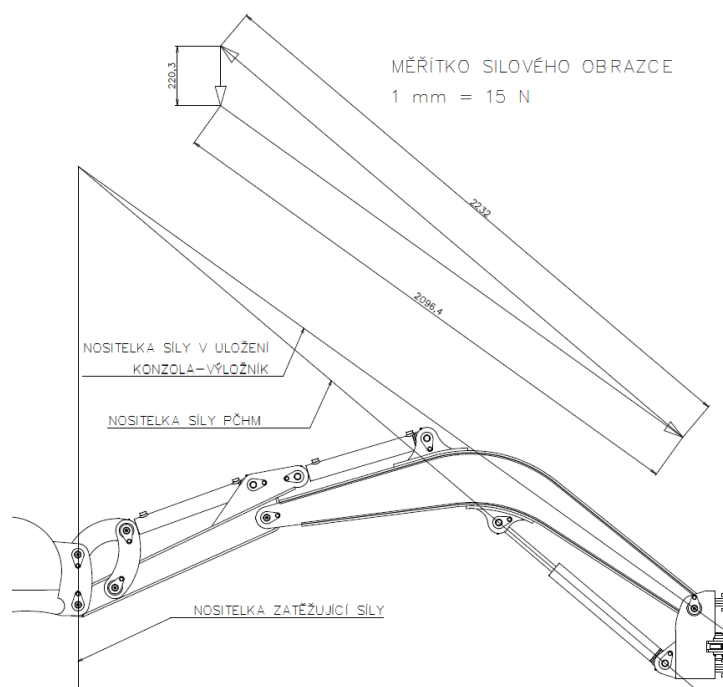
$F_{N,1}$	[N]	Síla v tlaku vyvolaná PČHM
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
$m_{nás}$	[kg]	Hmotnost násady
L_{1B}	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod B
L_{2B}	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod B
L_{3B}	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod B

Po vyčíslení:

$$F_{N,odp} = \frac{37300 \cdot 113 + 9,81 \cdot 24,15 \cdot 258}{696} = 6143,7 \text{ N}$$

3.3 VÝPOČET SÍLY NA ULOŽENÍ KONZOLA-VÝLOŽNÍK

Největší možná síla na konci násady vznikne zvedáním břemena se zatěžující silou 3305 N. Při této zátěži vypočítáme jaká síla působí na otočné uložení konzola-výložník. Výpočet byl proveden grafickou metodou přes silový obrazec.

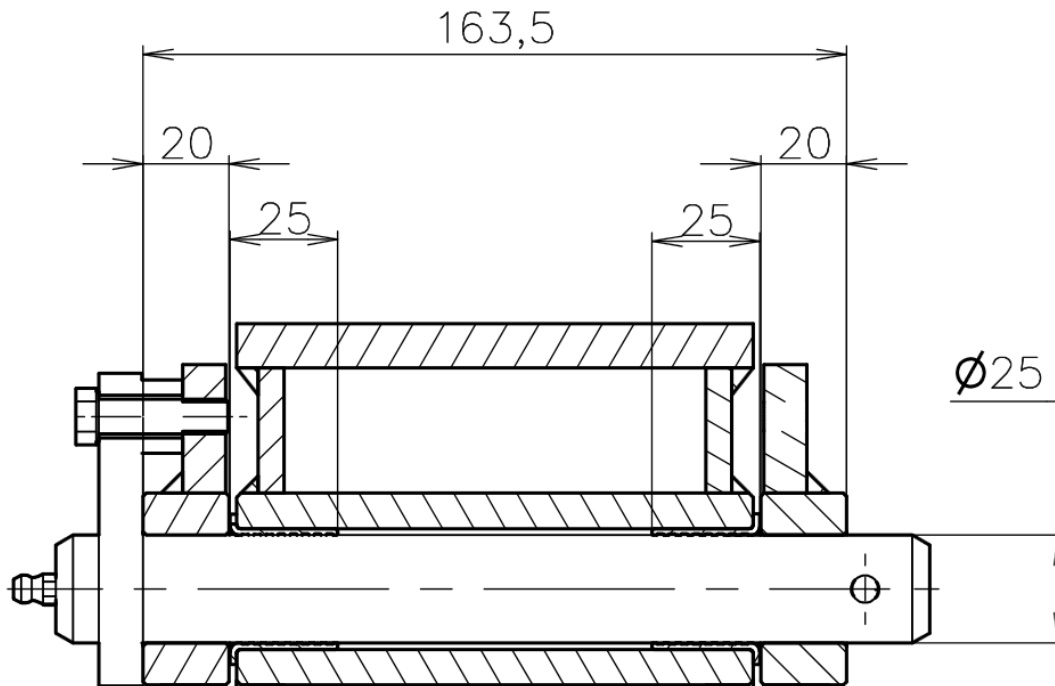


Obr. 33 Grafická metoda

$$F_{kloub} = 2232 \cdot 15 = 33480 \text{ N}$$



3.4 KONTROLA OTOČNÉHO ULOŽENÍ NA OTLAČENÍ



Obr. 34 Schéma uložení čepu

Z důvodu celkově nejmenší otláčované plochy v okách konzoly, postačí kontrolu provést pouze v tomto nejnamáhavějším místě uložení.

$$p = \frac{F_{kloub}}{S} = \frac{F_{kloub}}{2(l_{ok} \cdot d_{čep})} = \frac{33480}{2(20 \cdot 25)} = 33,48 \text{ MPa} \quad (5)$$

kde:

F_{kloub} [N] Síla působící na uložení

l_{ok} [mm] Otláčovaná šířka vnějšího oka

$d_{čep}$ [mm] Průměr čepu

Materiál otláčované plochy konzoly St 52-3 (11 523).Dovolené napětí a míjivé otláčení pro tuto konstrukční ocel:

$$p_{dov} = 116 \text{ MPa}$$

Porovnáním tlaku v okách konzoly s tlakem dovoleným zjistíme, že provedení tohoto otočného uložení vyhovuje.

$$p < p_{dov}$$



4 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VYBRANÉ VARIANTY

Model byl vytvořen pomocí programu Autodesk Inventor. Hydraulický generátor s převodovkou [29], hydraulický rozvaděč [30], ovládací joysticky [31] a sedačka [32] byly staženy a vloženy do sestavy pro znázornění, kde by mohly být tyto komponenty umístěny.



Obr. 35 Podkop vlastní konstrukční varianty



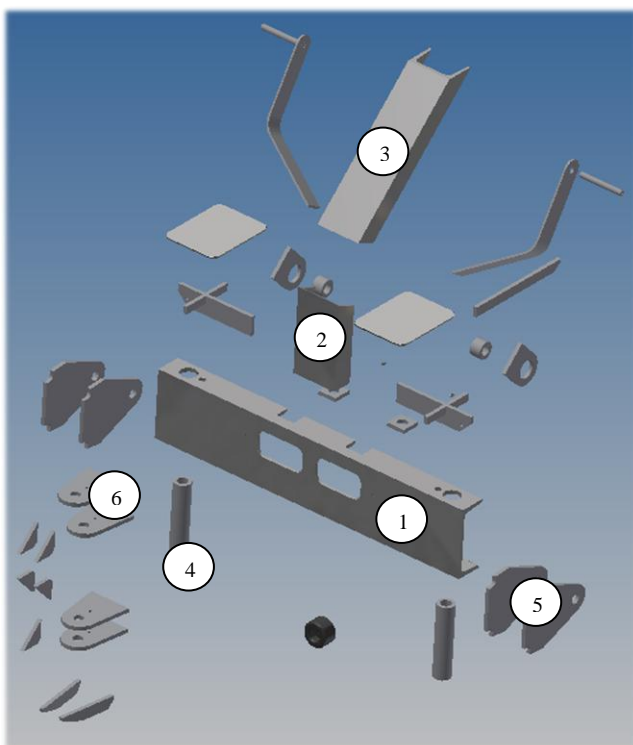
4.1 RÁM

Je hlavní částí podkopu, po které se vyžaduje dobrá tuhost a vhodná konstrukce pro připevnění všech potřebných dalších částí. Připojení je provedeno skrze tři základní čepy do třibodového závěsu traktoru. Byla zvolena varianta rámu uzpůsobená pro vyklápěcí podpěry a bez bočního posuvu hlavní konzoly.

Základem svařence rámu je profil U 180-890 (1), do kterého jsou vyřezány otvory buď pro vevaření trubek 44,5x10x190 (4) nebo otvory sloužící k umístění budoucích PČHM k natáčení hlavní konzoly skrz tuto část. Posléze jsou k základu přivařeny dvě části profilu U 120 celkové délky 690 (2 a 3), které jsou upravené pro výsledný úhel 135°. K tomuto celku jsou zbylé části přivařeny a zpevněny příslušnými plechy (5,6,atd.).

Normalizované profily jsou ze svařitelných konstrukčních materiálů, trubky z oceli 11 523 a vyřezávané plechy jsou z téže materiálu.

Po svaření jsou funkční plochy obroběny na požadovaný rozměr.



Obr. 36 Jednotlivé díly rámu



Obr. 37 Svařenec rámu



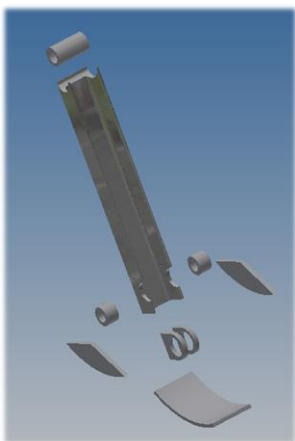
4.2 PODPĚRY A JEJICH KONZOLA

Podpěry zaručující stabilitu podkopu byly navrženy jako vyklápěcí s vlastní otočnou konzolou umožňující jejich natočení o 90°.

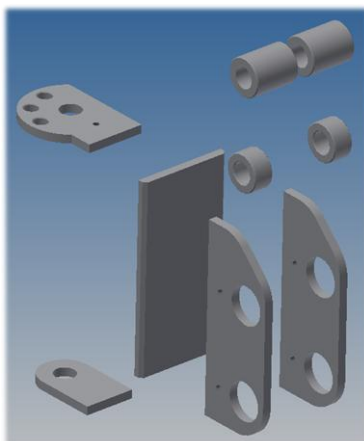
Jedná se o svařence kdy hlavní částí podpěry je U profil 140-530 upravený pro vevaření trubek 44,5x10 o celkové délce 140mm. Posléze jsou přivařeny plechy sloužící jako bota.

Svařenec otoče podpěr se skládá z různě tvarovaných plechů o tloušťce 10mm, které se v místech uložení čepů opět zpevní vevařením trubek 44,5x10 o celkové délce 160mm.

Veškeré funkční plochy jsou zde po svaření obrobena na požadovaný tvar.



Obr. 38 Části podpěry



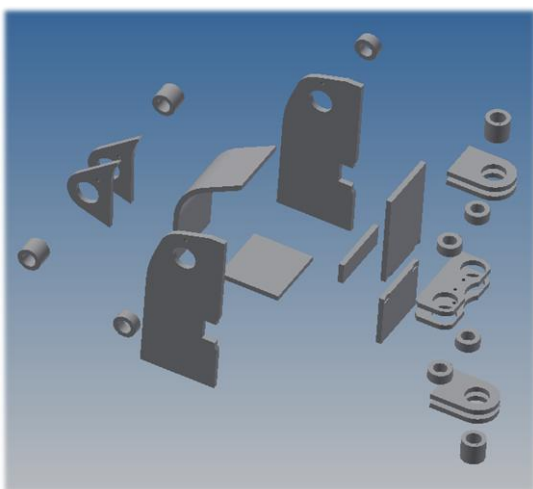
Obr. 39 Části konzoly



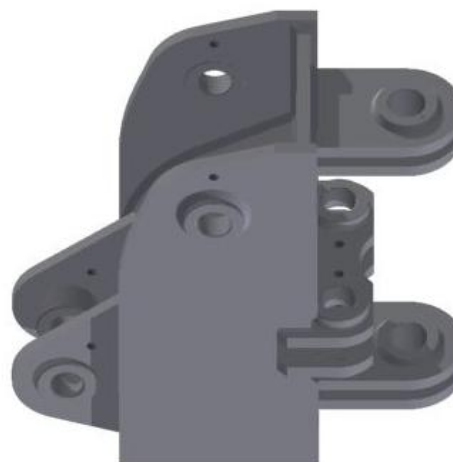
Obr. 40 Svařenec podpěry a její konzoly

4.3 KONZOLA VÝLOŽNÍKU

Součástí podkopu otočně spojující rám, výložník a tři PČHM. Konzola byla uzpůsobena pro její natáčení pomocí dvou PČHM. Celá konzola je svařena z plechů o tloušťce 10mm a vyztužena vevařením trubek 44,5x10 o celkové délce 280mm. Všechny svařované části jsou z oceli 11 523. Po svaření je nezbytné obrobít funkční plochy na požadovaný tvar.



Obr. 41 Části hlavní konzoly



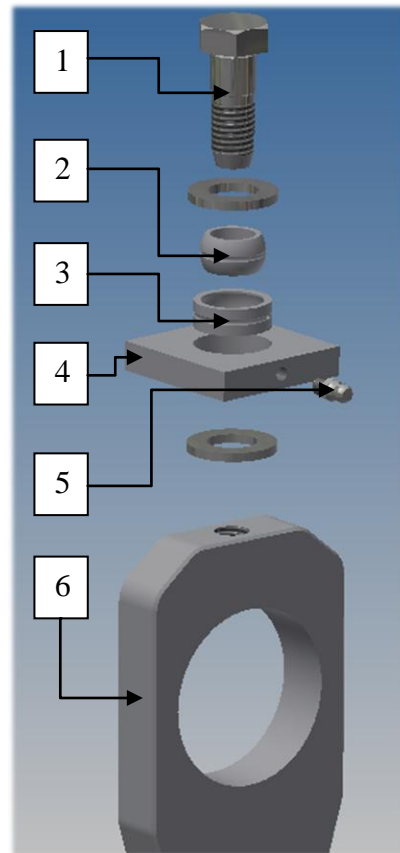
Obr. 42 Svařenec hlavní konzoly



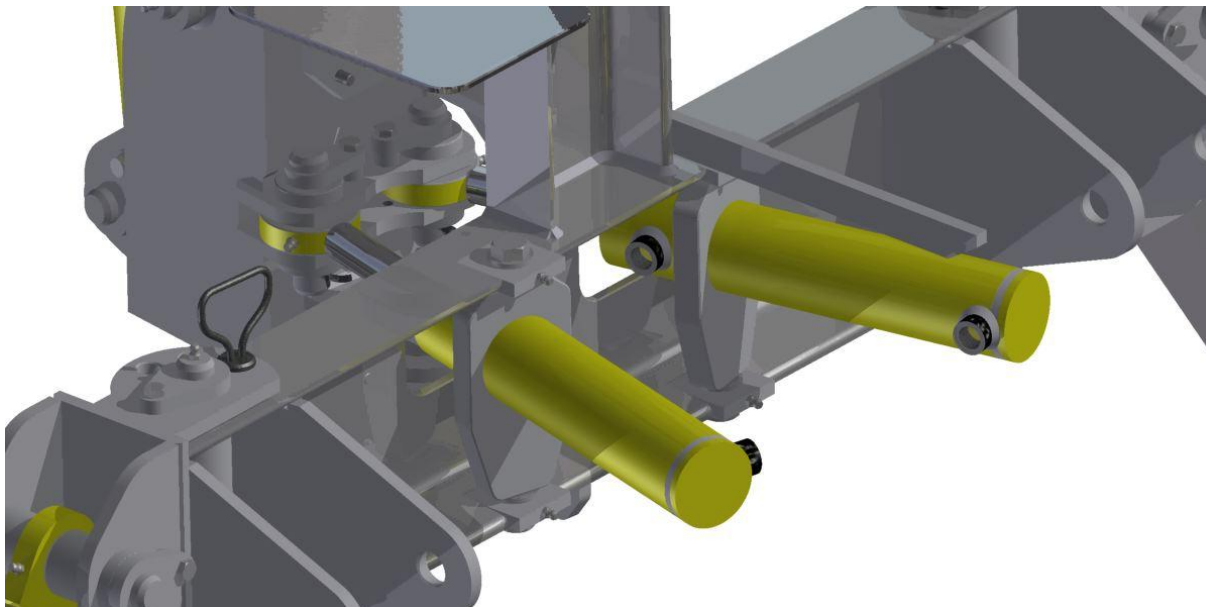
4.4 OTOČ KONZOLY

Otáčení hlavní konzoly se provádí za pomoci dvou PČHM, které jsou skrze navařeným objímkám otočně uloženy v rámu.

Vyřezaná objímka z plechu o tloušťce 20mm (6) se přivaří k válci PČHM. Válec musí být odstrojený bez všech těsnění, které by se lehce vzniklým teplem při svařování zničily. Také nesmí být na válci předem přivařené nátrubky pro připojení hydraulického okruhu, které by znemožnili nasunutí objímky. Uložení na obou stranách je na kloubových ložiskách, která snesou bez újmy i lehké prohnutí objímek. Ložiska jsou uložena v plechu (4), který je pevně přivařen k rámu. Jako čep tu zde je použit lícovaný šroub M14x40-22 (1), který zároveň celé uložení jistí proti axiálním silám. Mazání ložiska se provádí skrze mazací zátky s kuličkou a závitem M6x1 (5) dále mazivo teče mazacím otvorem v plechu až k vnějšímu kroužku ložisku (3) a posléze k vnitřnímu (2).



Obr. 43 Jednotlivé díly uložení PČHM (vpravo)



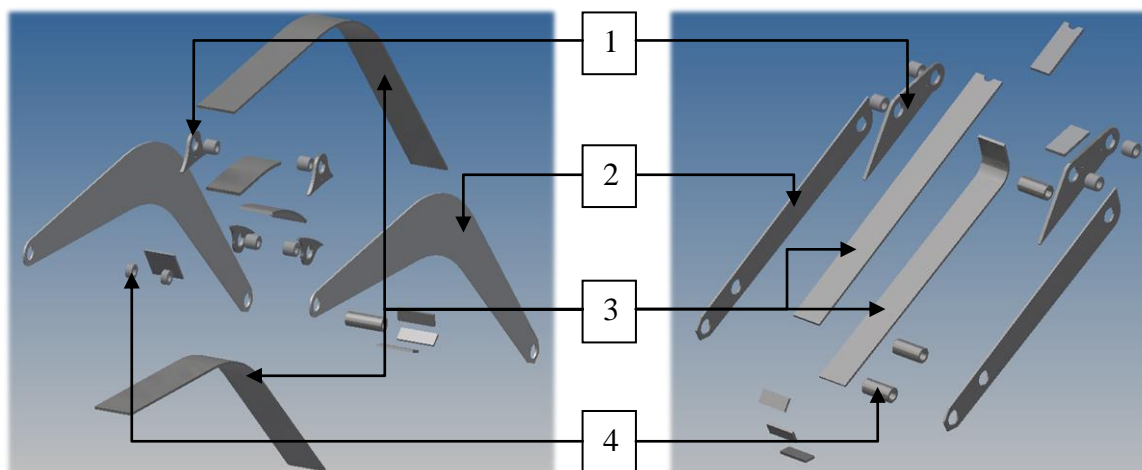
Obr. 44 Pohled na uložené PČHM v rámu



4.5 VÝLOŽNÍK A NÁSADA

Ramena, která nám udávají svými rozměry pracovní rozsahy podkopu a jsou uložena vůči sobě a konzole otočně na čepech.

Tato ramena jsou svařená z plechů o různých tloušťkách, např. boky (2) jsou vyřezány z plechu o $t = 6\text{mm}$, horní a spodní plechy (3) jsou o $t = 8\text{mm}$ nebo přivařené plechy pro uložení PČHM (1) či ostatní plechy pro zvýšení tuhosti na potřebných místech jsou o $t = 10\text{mm}$. Vevařené tlustostěnné trubky $44,5 \times 10$ o délce 312mm pro výložník a 428mm pro násadu. Součásti jsou z oceli 11 523.



Obr. 45 Části výložníku

Obr. 46 Části násady



Obr. 47 Svařenec výložníku



Obr. 48 Svařenec násady

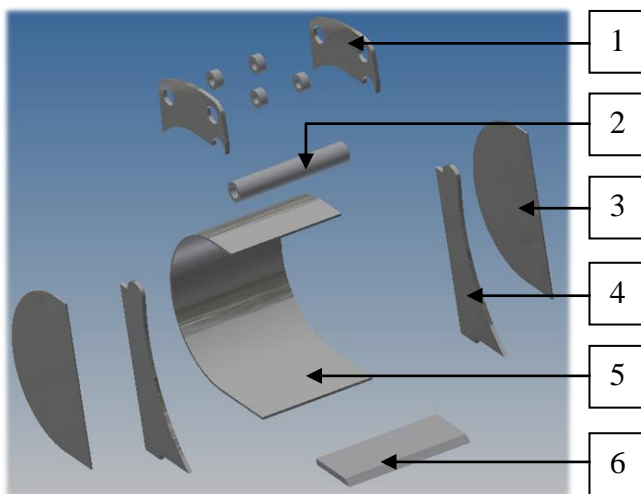
4.6 PRACOVNÍ ZAŘÍZENÍ

Základním pracovním zařízením podkopů je lopata. Ta je zkonstruovaná tak, aby s ní bylo možné vykonat co největší úhel natočení přes páky skrze PČHM a přitom zároveň nenarazit na jednotlivé ostatní části podkopu.

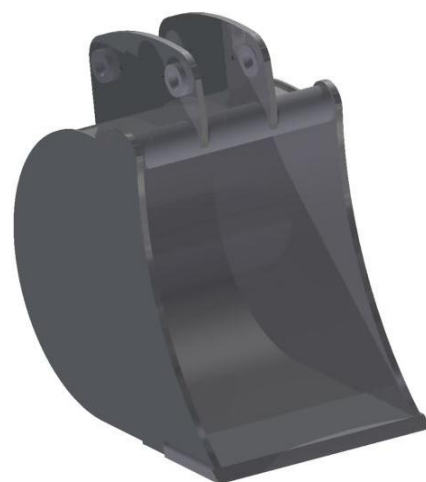


Lopata je svařená z plechů o potřebných tloušťkách a tvarech. Kdy je apelováno na celkovou nízkou hmotnost lopaty a zároveň její vysokou tuhost pro přenášení velkých momentů na břit lopaty. Vyřešením těchto požadavků je v použití plechů, kdy plechy o $t = 10$ jsou použity na připevnění k pákám a konci násady (1) a boční přední části (4), tyto plechy jsou zpevněny propojením tlustostěnné trubky (2) 44,5x10x300. Na spodní části je přivařen břit (6) z plechu o $t = 15$ mm. Ke snížení váze byly použity tenčí plechy pouze tam, kde nepůsobí velké síly, např. části boku (3) jsou o $t = 4$ mm a plechem o $t = 6$ mm ohnutým do požadovaného tvaru (5) vytvoříme polo-uzavřenou součást tedy lopatu. V případě nutnosti zvýšení rypných účinků lze kdykoliv po vyvrtání děr do břitu přimontovat zuby.

Většina plechů a trubek jsou z oceli 11 523. Výjimku tvoří materiál břitu podkopy, který je zvolen z hardoxu 400, který oplývá tvrdostí v rozmezí 370-430 HB.



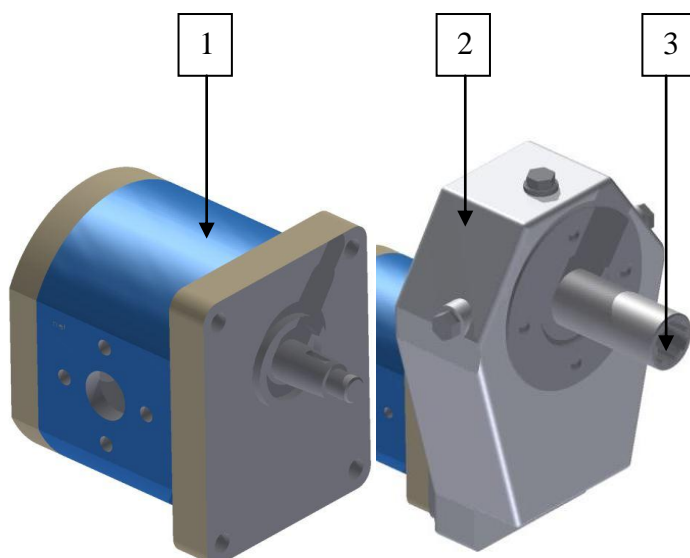
Obr. 49 části lopaty



Obr. 50 Svařenec lopaty

4.7 HYDRAULICKÝ GENERÁTOR

Jedná se o hlavní část, která vytváří požadovaný tlak v hydraulickém obvodu. HG (1) byl zvolen jako zubový s maximálním tlakem $p_{max} = 20$ MPa a průtokem $Q = 28,4$ l/min při otáčkách 1500 ot/min. Jelikož vývodová hřídel (PTO) u malotraktorů má 540 ot/min, je nutné zvýšit otáčky použitím převodovky (2). S převodovým poměrem 1:3 dosáhneme výstupních 1620 ot/min, které by malotraktor nebyl schopný jinak docílit. Převodovka musí mít hřídel s vnitřním drážkováním (3) pro připojení PTO traktoru.



Obr. 51 HG zubový s převodovkou

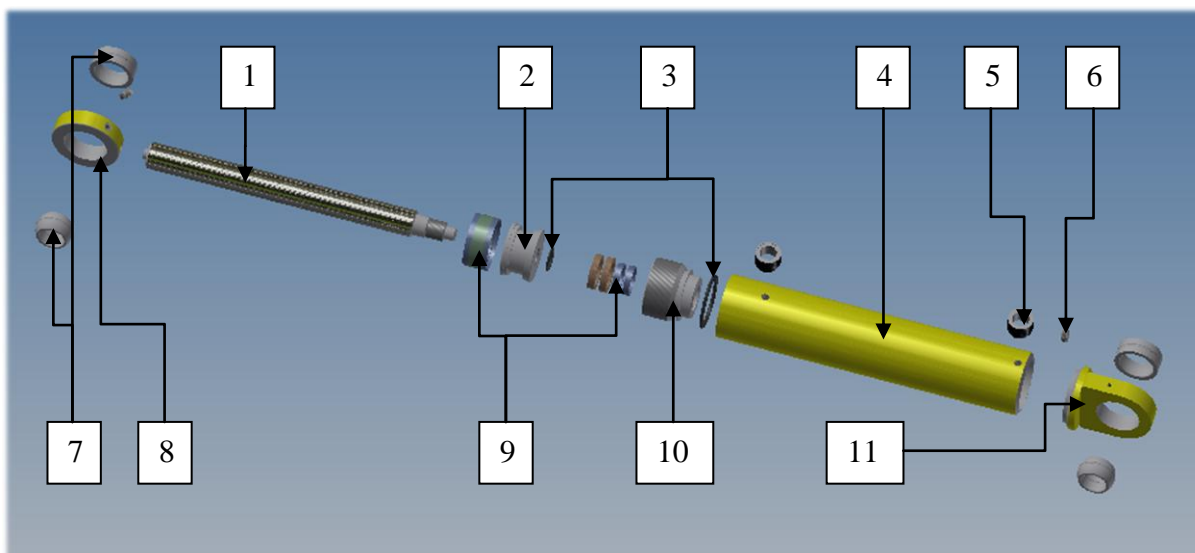


4.8 HYDRAULICKÉ MOTORY

Jednotlivé pohyby součástí jsou vykonány hydraulickými motory a omezeny jejich zdvihy. Jelikož potřebujeme působit v obou silách a přímém směru, byly použity přímočaré hydromotory (PČHM) dvojjinné.

PČHM dvojjinný je složen z několika částí. Na jedné straně je k válci (4) přivařeno návarné dno (11). Poté je možné k válci přivařit nátrubky (5) pro připojení vysokotlakých hadic. Z druhé strany je do válce vložena pístnice (1) s pístem (2) na jednom konci a s okem návarným (8) na druhém, přičemž na pístnici je už nasazené víko (10), které se zašroubuje do válce. Píst a víko mají svá těsnění (9) a těsnící kroužky (3) pro minimalizaci průniků kapaliny z pracovní části PČHM. V návarném dně a oku se nacházejí kloubová ložiska (7), která jsou mazána skrze mazací zátky s kuličkou a závitem M6x1 (6).

Pístní tyč je broušená a chromovaná z oceli 13 220 o průměru $d_{tyč} = 25\text{mm}$. K této pístnici je zvolen válec s vnitřní průměrem $D_{vál} = 50\text{mm}$. Při maximálním vygenerovaném tlaku $p_{max} = 20\text{MPa}$, pístnice působí silou v tlaku $F_{N,1} = 37300\text{N}$ a při opačném působení tlak v kapalině vyvine na mezikruží pístu sílu v tahu $F_{N,2} = 28000\text{N}$.



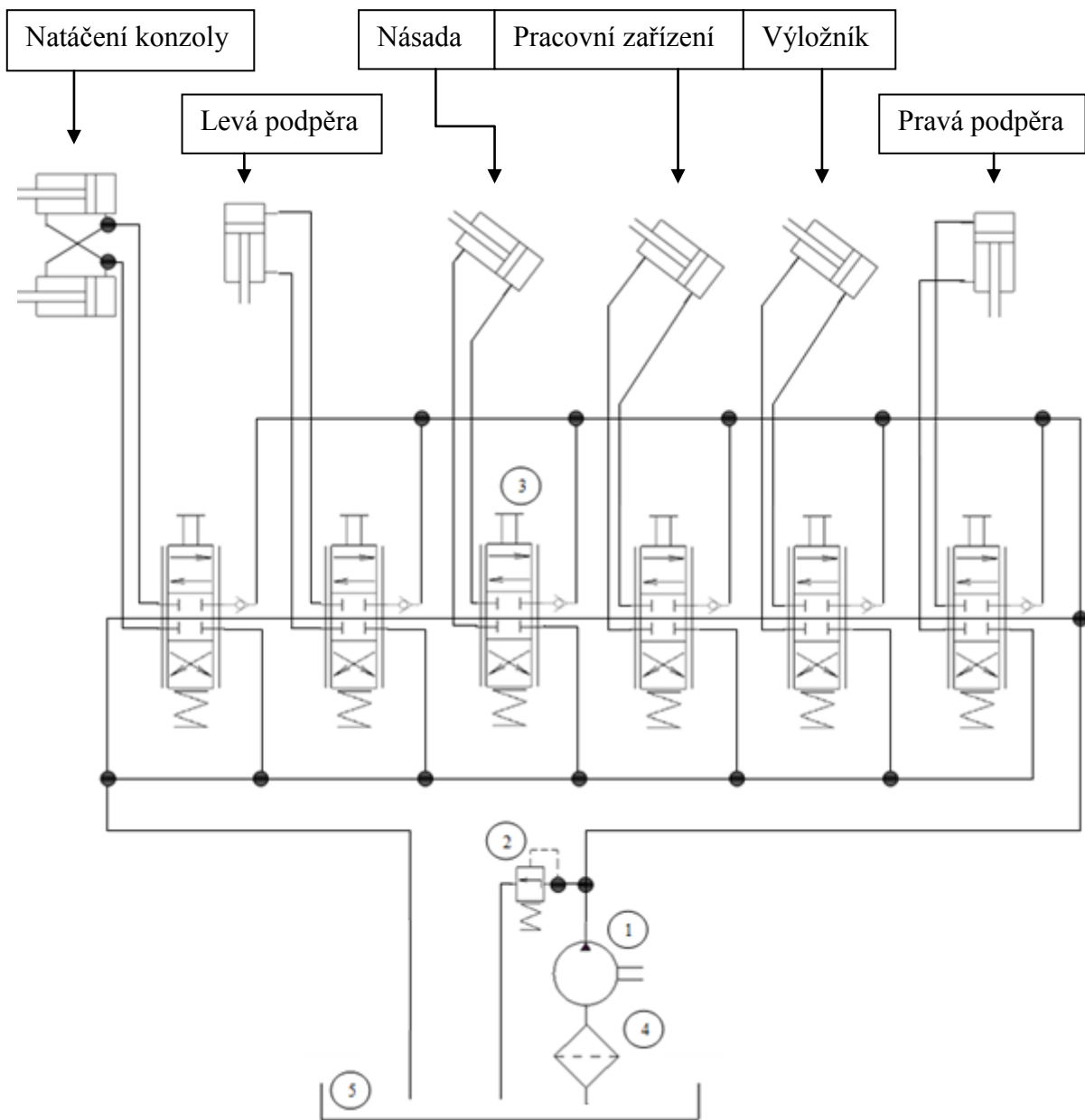
Obr. 52 Části PČHM



Obr. 53 Složený PČHM



4.9 HYDRAULICKÝ OBVOD



Obr. 54 Schéma hydraulického obvodu

Celý hydraulický obvod je poháněn jedním HG (1), který vhání kapalinu pod tlakem nejprve přes pojistný tlakový ventil (2) nastavený na přípustný tlak do 20 MPa a posléze skrze šestisekční proporcionální rozvaděč (3) je buď kapalina usměrněna do libovolného PČHM nebo volně odtéká do hydraulické nádrže (5) odkud je hydraulická kapalina přes olejový filtr nečistot (4) opět nasávána HG.

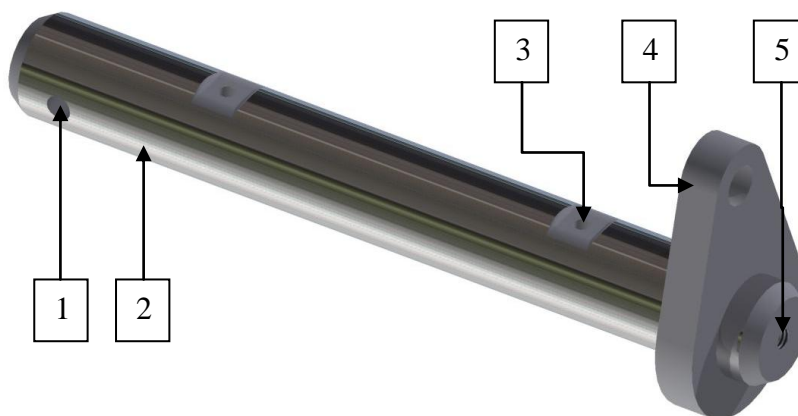


4.10 ČEPY A LOŽISKA

Součásti, které se vůči sobě otočně pohybují jsou uloženy na čepích s danými ložisky. Čepy jsou řešeny s vnitřním přívodem maziva ke kluzným ložiskům, výjimku tvoří pouze kloubová ložiska, která jsou mazána zvenjšku a tudíž čepy v těchto případech jsou jednoduché.

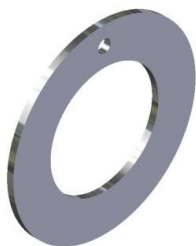
Důležitými prvky čepu je přivařená objímka (4) s dírou pro šroub ISO 8676 M8 x 1 x 20, kterým pojistíme čep proti axiálnímu posuvu. Příčně vyvrtaná díra (1) na druhém konci čepu slouží k sekundárnímu pojištění čepu závlačkou. V ose čepu je do 3/4 délky čepu vyvrtaná díra (5) pro přívod maziva a vyvedená nejčastěji ve dvou místech pod ložisky. Je nutné vytvořit v místech vyvedení mazací plošky (3), které se volí dle norem.

Všechny čepy jsou o průměru $d_{\text{čep}} = 25\text{mm}$ a jsou tvořeny ze zakoupené pístní tyče (2), která je z broušené a chromované oceli 13 220. Objímka je z oceli 11 523 o tloušťce $t = 10\text{mm}$

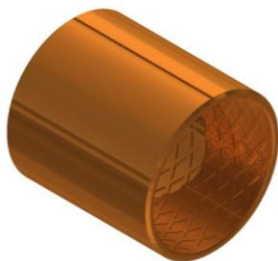


Obr. 55 Čep konzola-výložník

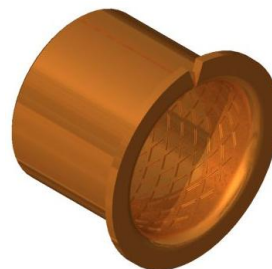
Nejčastěji na podkupu v otočných uloženích bylo nutné převést radiální sílu. Tu přenáší kluzné ložisko radiální s nebo bez osazení ze svinutého bronzového pásu pro jeho nízkou cenu a dobré vlastnosti (viz. Tab. 1). V místech jako jsou např. hlavní konzola výložníku či konzoly podpěr, ve kterých působí kromě sil radiálních tak i axiálních, je nutné tyto síly zachytit Ložiskem axiálním. Toto ložisko je zvoleno z kompozitu POM a je nutné ho proti otáčení pojistit malým čepem.



Obr. 56 Ložisko axiální



Obr. 57 Ložisko radiální



Obr. 58 Ložisko radiální s osazením



ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce je návrh malého podkopy za traktor do hmotnosti 250kg. Po rešeršním úvodu jsme byli seznámeni s problematikou a v další části s možnými variantami jeho řešení.

Na samotném začátku bylo nutné zjistit hrubé rozměry podkopy, které se zjišťovali formou několika 2D návrhů s různými délkami ramen a zdvihy jednotlivých PČHM. Po vhodném zvolení zdvihů PČHM jsme dostali představu jakým směrem se budeme ubírat.

Z důvodu předpokladu, že navrhovaný podkop nebude nikdy vyráběn sériově, byly všechny hlavní komponenty řešeny jako svařence pro jejich nízké výrobní náklady, které se projeví v ceně tohoto zařízení. Jednotlivé části pro svaření byly nejčastěji vyřezány a ohýbány z plechu o různých tloušťkách $t = 4$ až 15mm. Kromě jednoho kusu otěru vzdorného hardoxu byly použity plechy pouze z oceli 11 523.

Při vyobrazení všech sil, které působí na ramena byly zjištěny důležité hodnoty sil působících na konci násady. Výpočty neznámé maximální zvedací a rypné síly byly provedeny na nejdelším rameni přes jednoduchou momentovou rovnováhu. Největší síly vykonal PČHM násady, ke kterým ale v praxi nedojde jelikož povolí PČHM výložníku působící na delším rameni. PČHM výložníku tedy vykonal na konci násady zvedací sílu o velikosti 3305 N a rypnou o velikosti 3132 N.

Zatížíme-li rameno na jeho konci silou 3305N, vyvine tato síla na čep konzola-výložník reakční sílu. Tato síla byla vypočtena grafickou metodou pomocí silového obrazce. Jelikož čepy byly zvolené vyrábět z pístní tyče pro nízkou cenu a výborné vlastnosti, nepočítali jsme minimální průměr, ale byla přímo provedena kontrola na otláčení, která byla splněna. Z důvodu jednoduchosti byly použity čepy o tomto průměru na všech uloženích.

Po přiřazení daných materiálů součástem, byla zjištěna hmotnost celé konstrukce podkopy, která činila 245kg. Požadavek byl tedy splněn. Avšak nejedná se o hmotnost skutečnou, která by zahrnovala dále vysokotlaké hydraulické vedení s tlakovým médiem.

Součástí práce jsou výkresy sestavy s technologickými vlastnostmi a převozními rozměry pro jednoduché porovnání s konkurenčními podkopy.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PŮJČOVNA A SERVIS STAVEBNÍCH STROJŮ: *Pásové minirypadlo Wacker Neuson 803*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.passeb.cz/pujcovna-stroju/stavebni-stroje/minirypadla/pasove-minirypadlo-wacker-neuson-803>
- [2] MEZI MUCK: *Nejprodávanější kráčivé rypadlo na světě*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.menzimuck.eu/>
- [3] WAY MORAVA: *Rypadlo nakladač M 542*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.waymorava.cz/prodej-stavebnich-stroju/rypadlonakladace/rypadlo-nakladac-sanko-m-542.htm>
- [4] SCHWAB BAUMASCHINEN UND BAUGERÄTE: *Mobilbagger*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.schwab-gruppe.com/produkte/bau-land-und-industriemaschinen/bagger.html>
- [5] BETEXA: *Automobilový bagr UDS 114*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.betexa.cz/automobilovy-bagr-uds-114/>
- [6] CAR BLUEPRINTS: *Caterpillar 365C L*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://carblueprints.info/blueprints/caterpillar/caterpillar-365c-l.gif>
- [7] H-MALOTRAKTORY: *Podkop*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.h-malotraktory.cz/index.php?VypisKategorie=42&IdProduktu=202>
- [8] AGA S-FHL, INTERNATIONAL GROUP: *Příslušenství k malotraktorům*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.traktory.sk/malotraktory_prislusenstvo.xhtml
- [9] BONAS MILEVSKO: *Tifermec GreenLine BA*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.bonas.cz/zadni-podkop-od-13-k-tifermec-greenline-ba>
- [10] JOHN DEERE OPERATOR MANUAL VIEW: *Lubricating Boom, Swing pivot and Stabilizers*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://manuals.deere.com/omview/OMSJ10027_19/OUO1023_0002BAF_19_06JAN09_1.htm
- [11] STEINN: *Náhradní díly*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.steinn.cz/?page_id=12
- [12] VOLEK: *Hydraulické mechanismy*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2399
- [13] BAGRY: *Detail otoče podkopu*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/veterani/jcb_major_loader_mk_1_prvni_rypadlonakladac_nejslavnejsiho_vyrobce_na_sвете/detail_otoce_podkopu
- [14] MLČOCH, P. *Drapákový manipulátor*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 55 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc..



- [15] TRANSTECHNIK CS: Příslušenství ke smykovým nakladačům. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.transtechnikcs.cz/produkty/vermeer/smykove-nakladace/prislusenstvi-ke-smykovym-nakladacum>
- [16] OPEN SOURCE ECOLOGY: Backhoe. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://opensourceecology.org/wiki/File:Backhoe.png>
- [17] KOHÚT A SPOL: *Minibagr pásový Wacker Neuson ET 18*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.kohut.cz/minibagr-pasovy-wacker-neuson-et-18>
- [18] BAGRY: *V této poloze s mírně přizvedlou lžící zkusíme vůle na podkopu*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/navody/jak_koupit_starsi_traktorbagr_a_neprohloupit/v_tet_o_poloze_s_mirne_prizvedlou_lzici_zkousime_vule_na_podkopu
- [19] DENISON CZ: *Podkopová lopata pro JCB 3CX/4CX 300mm*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.denison.cz/prislusenstvi/jcb/lopaty/podkopova-lopata-pro-jcb-3cx-4cx-300mm.aspx>
- [20] RAMIRENT: *Svahovací lžice k rypadlu a rypadlo-nakladači*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.ramirent.cz/produkt_550.html
- [21] HYDRAULIKA PETRÁŠ: *Lžicové drapáky na bagry HLD-P2*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.hydraulika-petras.cz/cs/produkty-na-bagry/lzicove-drapaky-na-bagry-hld-p2>
- [22] SUNWARD: *Vrtací zařízení*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://sunward.cz/pridavna-zarizeni/vrtaci-zarizeni/>
- [23] ARROWHEAD ROCKDRILL: *Hydraulická kladiva Arrowhead*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.arrowhead.cz/index.php?page=kladiva.php>
- [24] BERAN, B.: *Prvky tekutinových mechanismů*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2744500/>
- [25] ŠKOPÁN, M.: *Hydraulické pohony strojů, elektronická skripta VUT v Brně 2009*.
- [26] MINNPAR: *Case 580L Series 2 Loader Backhoe Parts*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.minnparbackhoeparts.com/Case-580L-Series-2-Loader-Backhoe-Parts/partlisting.asp?PartCategory=Pins%20and%20Bushings&PartType=Boom%20%26%20Swing%20Tower>
- [27] DIGRITE: *30mm excavator bucket pin*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://digrite.com.au/30mm-excavator-bucket-pin/>
- [28] CZ Katalog *kluzných pouzder SKF*, [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://zbozi.arkov.cz/dl/579/CZ_Katalog_kluznych_pouzder_SKF.pdf.html



- [29] CARREGADOR: *PTO multiplier + gear pump*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/pto-multiplier-gear-pump-1>
- [30] JOHN: Rexroth 840 Air Valve Assy. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/rexroth-840-air-valve-assy>
- [31] ALBERTI, I.: Studio supporto joystick. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/studio-supporto-joystick>
- [32] CARREGADOR: *Seat*. [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/seat-20>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

2D	-	„Dvoudimenzionální“
HG	-	Hydraulický generátor
HM	-	Hydraulický motor
PČHM	-	Přímočarý hydraulický motor
POM	-	Polyoxymethylen
PTFE	-	Polytetrafluorethylen
PTO	-	„Power take-off“ - vývodový hřídel
$d_{\text{čep}}$	[mm]	Průměr čepu
F_{kloub}	[N]	Síla působící na uložení konzola-výložník
$F_{N,1}$	[N]	Síla v tlaku vyvolaná PČHM
$F_{N,2}$	[N]	Síla v tahu vyvolaná PČHM
$F_{N,břm}$	[N]	Síla vyvozená břemenem
$F_{N,odp}$	[N]	Síla vyvozená odporem proti násadě
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
L_1	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod A
L_{1B}	[mm]	Délka ramene: břemeno-bod B
L_2	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod A
L_{2B}	[mm]	Délka ramene: těžiště násady-bod B
L_3	[mm]	Délka ramene: těžiště výložníku-bod A
L_{3B}	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod B
L_4	[mm]	Délka ramene: PČHM-bod A
l_{ok}	[mm]	Otlačovaná šířka vnějšího oka
$M_{N,1}$	[Nm]	Moment od PČHM



$M_{N,2}$	[Nm]	Moment od PČHM
$M_{N,břm}$	[Nm]	Moment od hmotnosti břemene
$M_{N.odp}$	[Nm]	Moment od odporu zeminy
$M_{m,nás}$	[Nm]	Moment od hmotnosti násady
$M_{m,výl}$	[Nm]	Moment od hmotnosti výložníku
$m_{nás}$	[kg]	Hmotnost násady
$m_{výl}$	[kg]	Hmotnost výložníku
p	[MPa]	Tlak na uložení konzola-výložník
p_{dov}	[MPa]	Tlak dovolen



SEZNAM PŘÍLOH

POHLEDY NA KOMPLETNÍ MODEL

- CD:
- 3D model navrženého podkopy
 - Elektronická verze bakalářské práce
 - Výkres technologických vlastností podkopy
 - Výkres převozních rozměrů podkopy



