



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

POMOCNÉ ZVEDACÍ ZAŘÍZENÍ ZA TRAKTOR

LIFTING EQUIPMENT FOR TRACTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ZÁLEŠÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Jiří Zálešák
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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:

Pomocné zvedací zařízení za traktor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete konstrukční řešení zvedacího zařízení jako přídavného zařízení za traktor. Zvedací zařízení bude uchyceno na třibodovém závěsu traktoru zvolené značky a typové řady. Zařízení bude mít pomocný zdvih poháněný hydraulicky ze systému traktoru.

Technické parametry:

- tlak a průtok hydraulické kapaliny dle zvoleného traktoru
- maximální dosah od zadního obrysu stroje 2000 mm
- nosnost při maximální vyložení 1000 kg

Cíle bakalářské práce:

Proved'te:

Stručnou rešerši obdobných používaných zařízení včetně připojovacích parametrů k daným traktorům.

Konstrukční návrh zvedacího zařízení a základní funkční výpočty.

Analytické výpočty silových parametrů zařízení.

Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních částí dle pokynů vedoucího práce.

Nakreslete:

Celkovou sestavu přídavného zvedacího zařízení.

Podsestavu svařence rámu.

Dílenské výkresy dle pokynů vedoucího práce.

Seznam literatury:

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

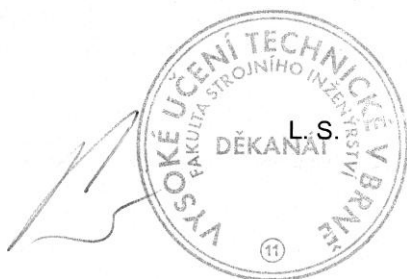
VANĚK, A.: Moderní strojní technika a technologie zemních prací, Academia Praha, Praha, 2003, ISBN 80-200-1045-9.

LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky, vyd. Albra, 2003, s. 865, ISBN: 80-86490-74-2.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 23. 11. 2015



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu


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



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí zařízení neseného traktorem, které bude sloužit k manipulaci s materiálem. Agregace je řešena pomocí třibodového závěsu traktoru a nosnost zařízení je 1000 kg. Práce obsahuje 3D návrh, konstrukční řešení, které je podloženo pevnostními a kontrolními výpočty a výkresovou dokumentací.

KLÍČOVÁ SLOVA

Traktor, manipulace s materiálem, hydraulický válec, rám, třibodový závěs

ABSTRACT

This thesis deals with the design of the device carried by a tractor which will be used for material handling. Aggregation is solved using the three – point hitch of the tractor. The load carrying capacity is 1000 kg. The thesis contains a 3D design, a constructional solution, which is based on strength and control calculations, and technical drawings.

KEYWORDS

Tractor, material handling, hydraulic cylinder, frame, three – point hitch



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Zálešák, J. *Pomocné zvedací zařízení za traktor*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 55 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 27. května 2016

.....

Jiří Zálešák



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a všem, kteří mě při studiu podporovali.



OBSAH

Úvod	10
1 Přehled současného stavu poznání	11
1.1 Manipulace s materiálem v zemědělství	11
1.1.1 Kusový materiál.....	11
1.1.2 Sypký materiál.....	11
1.2 Konstrukční charakteristika zařízení.....	11
1.3 Přehled podobných zařízení.....	12
1.3.1 Agro ruka AR 700	13
1.3.2 Hydraulické rameno k traktoru HRM 1,5.....	13
1.3.3 Hydraulické rameno HRM 1,5 - Molčík	14
1.4 Třibodový závěsný systém.....	15
1.4.1 Rozměry na traktoru	16
1.4.2 Rozměry u neseného zařízení	18
1.5 Volba traktoru	19
2 Konstrukční návrh	20
3 Analytické výpočty silových parametrů zařízení	24
3.1 Kinematický rozbor	24
3.2 Výpočet reakčních sil.....	26
3.2.1 Horní rameno.....	26
3.2.2 Rám.....	26
3.3 Kritická místa.....	28
3.4 Ohybový moment.....	28
3.4.1 Horní rameno.....	29
3.4.2 Rám.....	29
4 Pevnostní výpočet.....	31
4.1 Volba profilů zvedacího zařízení	31
4.1.1 Rám.....	32
4.1.2 Rameno.....	33
4.2 Volba hydraulického válce	34
4.3 Kontrola čepů.....	36
4.3.1 Kontrola čepů na dolních táhlech	37
4.3.2 Kontrola čepu u horního táhla	39
4.3.3 Kontrola čepu u háku.....	40
4.3.4 Kontrola čepů hydraulického válce	41
4.3.5 Kontrola čepu u spoje rámu s ramenem	45



4.4	Kontrola svarů.....	47
4.4.1	Kontrola svaru uchycení horního táhla závěsu traktoru	47
4.4.2	Kontrola svaru dolní a horní částí rámu	48
	Závěr	50
	Seznam literatury	51
	Seznam použitých zkratk a symbolů	53
	Seznam příloh	56



ÚVOD

Hydraulické rameno, nebo také ruka, je pracovní nástroj pro různé typy vozidel. Slouží k manipulaci s těžkými břemeny. Využití najde jak v zemědělství, tak i třeba v lesnictví nebo stavebnictví. Hlavní výhody jsou mobilita, nízká cena a absence jakýchkoliv kladek, navijáků a lan, jako je to u autojeřábů. Nejdůležitější částí jsou hydraulické válce, bez jejichž pomoci by se nemohla ruka pohybovat. [1]

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukční řešení jednoduchého zvedacího zařízení za traktor, které nespadá mezi vyhrazené zvedací zařízení. Cílem této práce je navrhnout rameno podle technických parametrů v zadání.



1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 MANIPULACE S MATERIÁLEM V ZEMĚDĚLSTVÍ

Vzhledem ke specifickým podmínkám, ve kterých zemědělská výroba probíhá, i k vlastnímu charakteru této výroby, ovlivňují manipulační operace v zemědělství výrobní proces více než v ostatních odvětvích hospodářství. Manipulace s materiálem zabezpečuje pohyb a skladování materiálu ve všech výrobních odvětvích, službách a dalších činnostech zemědělského podniku. Každá oblast má své specifické požadavky jak na technické prostředky, tak i na způsob organizace dopravních a manipulačních prací. [2]

Pro volbu dopravního prostředku a řešení dopravních operací má rozhodující význam druh a vlastnosti dopravovaného materiálu. Materiál charakterizují jeho mechanicko-fyzikální, chemické, biologické a jiné vlastnosti. [2]

1.1.1 KUSOVÝ MATERIÁL

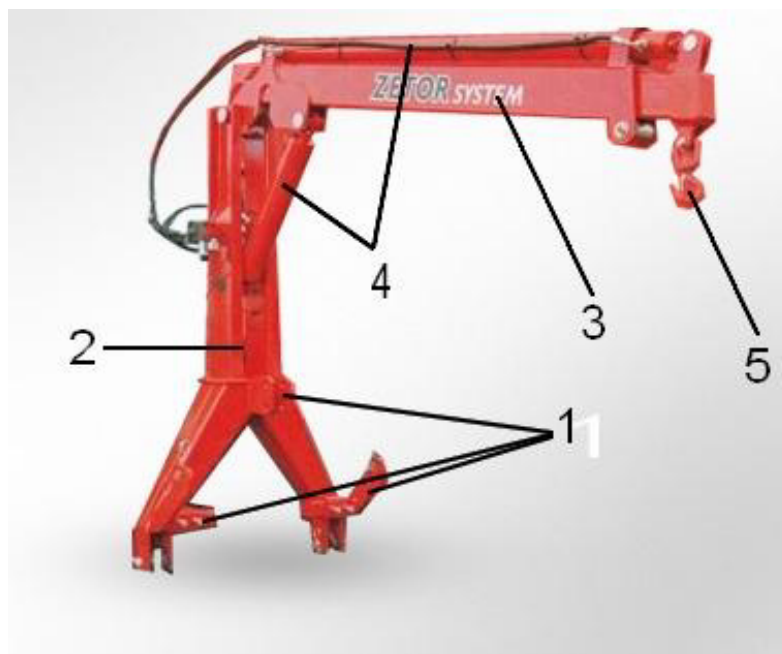
Kusový materiál obsahuje větší množství jednotlivých kusů stejného nebo podobného druhu nebo jej tvoří jednotlivé předměty. Z hlediska manipulace jsou důležité tvar, velikost, největší a nejmenší hmotnost a počet kusů.

1.1.2 SYPKÝ MATERIÁL

Tyto materiály jsou v zemědělství převažující a přepravují se jako volně ložené nebo uložené ve formovacích jednotkách, jako jsou vaky a pytle. [2]

1.2 KONSTRUKČNÍ CHARAKTERISTIKA ZAŘÍZENÍ

Zařízení se skládá z pěti základních částí (uchycení na traktoru, hlavní rám, rameno, hydraulický válec, hák). Na obrázku 1 je vidět hydraulické rameno od firmy Zetor [6]. Většina takových zařízení má dva hydraulické válce. V mé práci budu mít pouze jeden hydraulický válec mezi rámem a horním ramenem.



Obrázek 1 Hydraulické zvedací zařízení [6]; 1 – tříbodový závěsný systém, 2 – rám, 3 – horní rameno, 4 – hydraulické válce, 5 - hák

1.3 PŘEHLED PODOBNÝCH ZAŘÍZENÍ

Na českém trhu je jen málo výrobců, kteří vyrábí hydraulické rameno za traktor. Je to proto, že se rameno v zemědělství používá hlavně na podzim a zjara při setí na polích, jak můžeme vidět na obrázku 2. Ostatní výrobci hydraulických ruk se spíše zaměřují na lesnictví a stavebnictví, kde se taková zařízení používají denně.



Obrázek 2 Hlavní využití hydraulického ramene za traktorem (plnění secích strojů)[3]



1.3.1 AGRO RUKA AR 700

Hydraulické rameno od firmy B AGRO Březová s.r.o. nabízí své zařízení ve třech provedeních ovládání hydrauliky. První varianta je připojení k vnějšímu okruhu hydrauliky traktoru. Druhá varianta je ovládání pomocí elektrického rozvaděče a třetí pomocí pákového rozvaděče. Toto zařízení je schváleno pro provoz na pozemních komunikacích.[4]



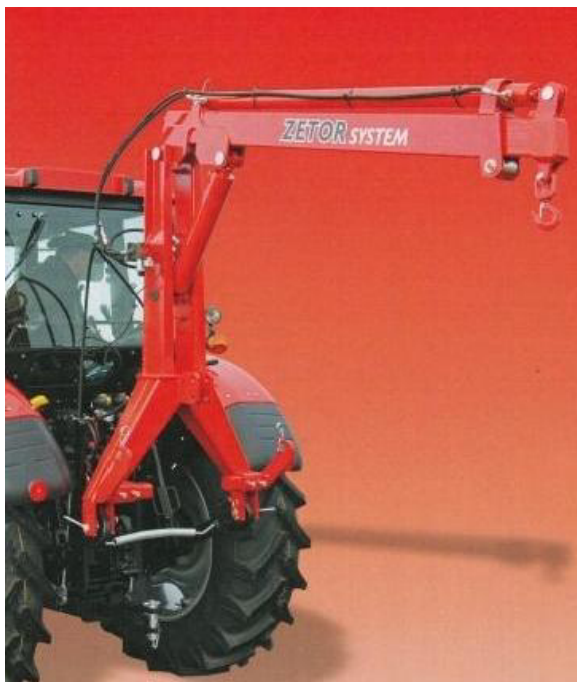
Obrázek 3 AGRO ruka AR 700 v praxi [5]

Technické informace AR 700: [5]

Agregace	tříbodový závěsný systém
Délka ramene	1,95 – 2,85 m
Max. výška vyložení	5,35 m
Nosnost při min. vysunutí	1500 kg
Nosnost při max. vysunutí	700 kg
Závěsné zařízení	samozažijovací hák

1.3.2 HYDRAULICKÉ RAMENO K TRAKTORU HRM 1,5

Hydraulické rameno od firmy Zetor system má ovládání ze zásuvky v kabině traktoru pomocí 12V přepínače. Nosnost je stejná jako u AR 700. Rozsah vyložení je větší od 1,5 m po rovné 3 metry. [6]



Obrázek 4 HRM 1,5 [6]

Technické informace HRM 1,5: [6]

Agregace	tříbodový závěsný systém
Délka ramene	1,5 – 3 m
Max. výška vyložení	5,3 m
Nosnost při min. vysunutí	1500 kg
Nosnost při max. vysunutí	700 kg
Závěsné zařízení	samozaštitovací hák

1.3.3 HYDRAULICKÉ RAMENO HRM 1,5 - MOLČÍK

Jak už název napovídá, toto zařízení od valtické firmy MOLČÍK kipper, a. s. má stejné parametry jako HRM 1,5 od firmy Zetor system. Ovládání je ze zásuvky z kabiny pomocí 12V přepínače. [7]



Obrázek 5 Hydraulické rameno od firmy Molčík [7]

Technické informace HRM 1,5 Molčík: [7]

Agregace	třibodový závěsný systém
Délka ramene	1,5 – 3 m
Max. výška vyložení	5,3 m
Nosnost při min. vysunutí	1500 kg
Nosnost při max. vysunutí	700 kg
Závěsné zařízení	samozajišťovací hák

1.4 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚSNÝ SYSTÉM

Třibodový závěs slouží k připojení neseného nebo návěsného stroje. Konstrukce závěsu podléhá normám ISO 789-1 z roku 1990. Rozměry dané normami se dále rozlišují podle výkonnostních tříd traktorů (viz tab. 1).



Tab. 1 Kategorie třibodových závěsů podle výkonnosti motoru [8]

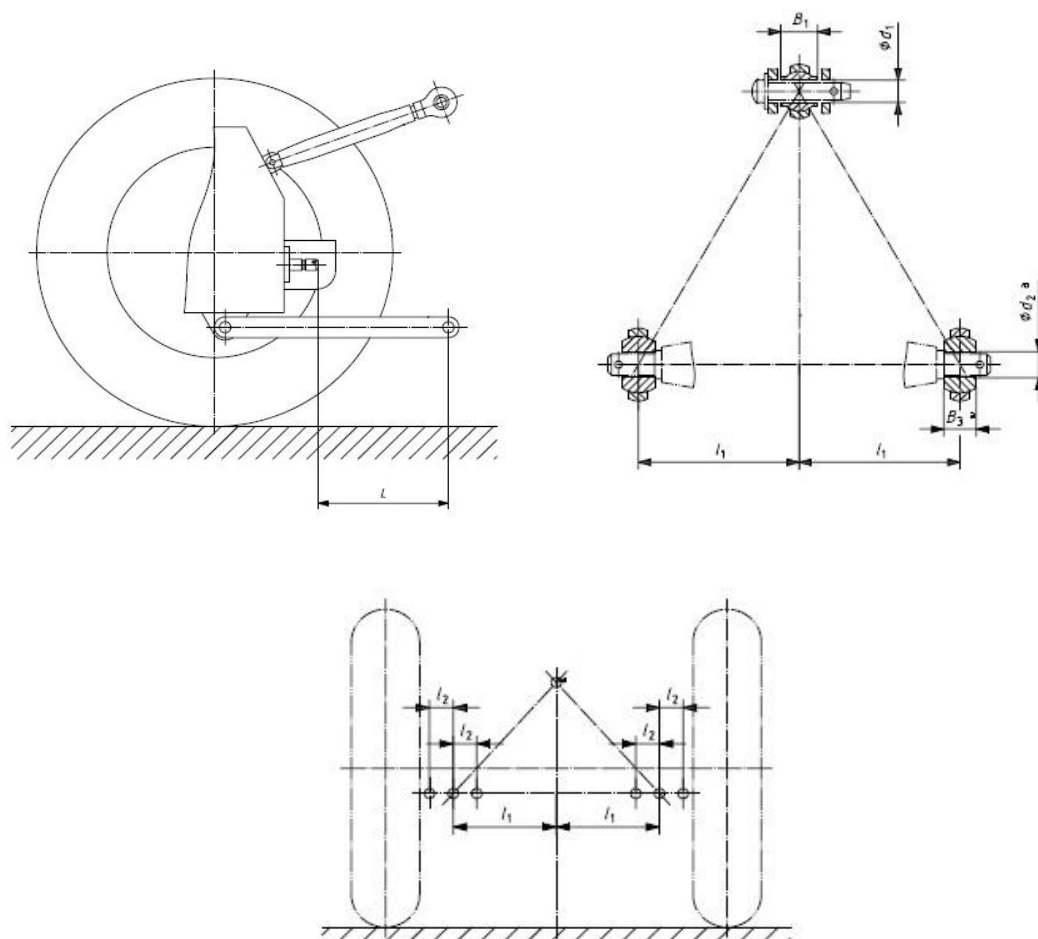
Kategorie	Výkon motoru, podle ISO 789-1 [kW]
1N	Do 35
1	Do 48
2N/2	Od 30 do 92
3N/3	Od 60 do 185
4N/4	Od 110 do 350

1.4.1 ROZMĚRY NA TRAKTORU

Konstrukce a hlavní části systému jsou vidět na obrázku 6. Táhla u systému musí být stavitelná pro správné připojení zařízení. Konkrétní rozměry jsou pak vidět v tabulce 2.



Obrázek 6 Třibodový závěs traktorů [9]; 1 – horní táhlo, 2 – ramena zvedacího ústrojí, 3 – zvedací táhla, 4 – zvedací válce, 5 – dolní táhla



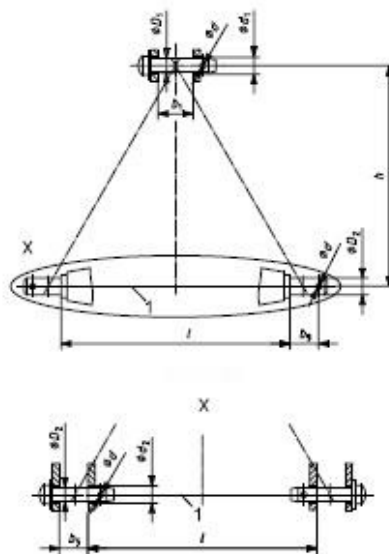
Obrázek 7 Hlavní rozměry tříbodového zadního závěsu traktoru uvedené v tab. 2 [8]

Tab. 2 Rozměry tříbodového závěsu podle ISO 730:2009[8]

Označení	Název	Kategorie				
		1N	1	2	3	4
d_1	Průměr otvoru koule horního táhla	$19,3^{+0,2}_0$	$19,3^{+0,2}_0$	$25,7^{+0,2}_0$	$32^{+0,25}_0$	$45,2^{+0,3}_0$
B_1	Maximální šířka koule horního táhla	$44^{0}_{-0,5}$	$44^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$51^{0}_{-0,5}$	$64^{0}_{-0,5}$
d_2	Průměr otvoru koule dolního táhla	$22,4^{+0,25}_0$	$22,4^{+0,25}_0$	$28,7^{+0,3}_0$	$37,4^{+0,35}_0$	$51^{+0,5}_0$
B_3	Šířka koule dolních táhel	$35^{0}_{-0,5}$	$35^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$45^{0}_{-0,5}$	$57,5^{0}_{-0,5}$
l_1	Rozteč středu koulí od osy traktoru	218	359	435	505	612
l_2	Minimální výkyv dolních táhel	50	100	125	125	125
L	Vzdálenost středu dolních koulí od konce vývodové hřídele	300-375	500-575	550-625	575-675	575-675

1.4.2 ROZMĚRY U NESENÉHO ZAŘÍZENÍ

Rozměry u neseného, případně návěsného zařízení jsou vidět na obrázku 8. V tabulce 3 jsou konkrétní rozměry, které se řídí stejnými normami jako závěsný systém u traktoru.



Obrázek 8 Hlavní rozměry nesených zařízení uvedených v tab. 3[8]

Tab. 3 Rozměry pro připojení k tříbodovému závěsu podle ISO 730:2009[8]

Označení	Název	Kategorie				
		1N	1	2	3	4
D_1	Průměr otvoru u horního táhla	$19_{-0,08}^0$	$19_{-0,08}^0$	$25,5_{-0,13}^0$	$31,75_{-0,2}^0$	$45_{-0,8}^0$
b_1	Šířka uchycení u horního táhla	52 min.	52 min.	52 min.	52 min.	65 min.
D_2	Průměr otvoru u koule dolního táhla	$22_{-0,2}^0$	$22_{-0,2}^0$	$28_{-0,2}^0$	$36,6_{-0,2}^0$	$50,8_{-0,2}^0$
b_3	Vzdálenost díry u dolního kolíku	49 min.	49 min.	49 min.	68 min.	68 min.
b_5	Šířka uchycení u koulí	65_0^{+2}	65_0^{+2}	65_0^{+2}	$72,5_0^{+2}$	$72,5_0^{+2}$
l	Vzdálenost mezi uchycením u koulí	$400 \pm 1,5$	$683 \pm 1,5$	$825 \pm 1,5$	$965 \pm 1,5$	$1166,5 \pm 1,5$
d	Průměr otvoru pro závlačku					
	Horní táhlo u koulí	12 min. 12 min.	12 min. 12 min.	12 min. 12 min.	12 min. 17 min.	17 min. 17 min.
h	Vzdálenost mezi dolním a horním uchycením	300-375	500-575	550-625	575-675	575-675



1.5 VOLBA TRAKTORU

Traktor je volen za předpokladu, že kromě pomocného zařízení bude připojen i valník s nákladem. Proto byl vybrán traktor od italské firmy New Holland model T5.105. Tento traktor disponuje dostačujícím výkonem 79 kW.



Obrázek 9 New Holland T5.105 [10]

Tab. 3 Technické údaje traktoru [11]

Jmenovitý výkon motoru ISO 14396 (kW/k)	79/107
Průtok standardním hydraulickým čerpadlem (l/min)	65
Kategorie zadního závěsu	2
Maximální zvedací kapacita na koulích (kg)	5420
Minimální hmotnost bez závaží (kg)	4250
Tlak standardního čerpadla hydrauliky (bar) při 2300 ot./min.	190



2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Zařízení se bude skládat ze základního rámu, horního ramene a háku. Pro funkčnost bude vybaveno zvoleným pohonem.

Základní parametry

Maximální dosah od zadního obrysu stroje	2000 mm
Tlak a průtok hydraulické kapaliny dle zvoleného traktoru	New Holland T5
Nosnost při maximálním vyložení	1000 kg

Materiál

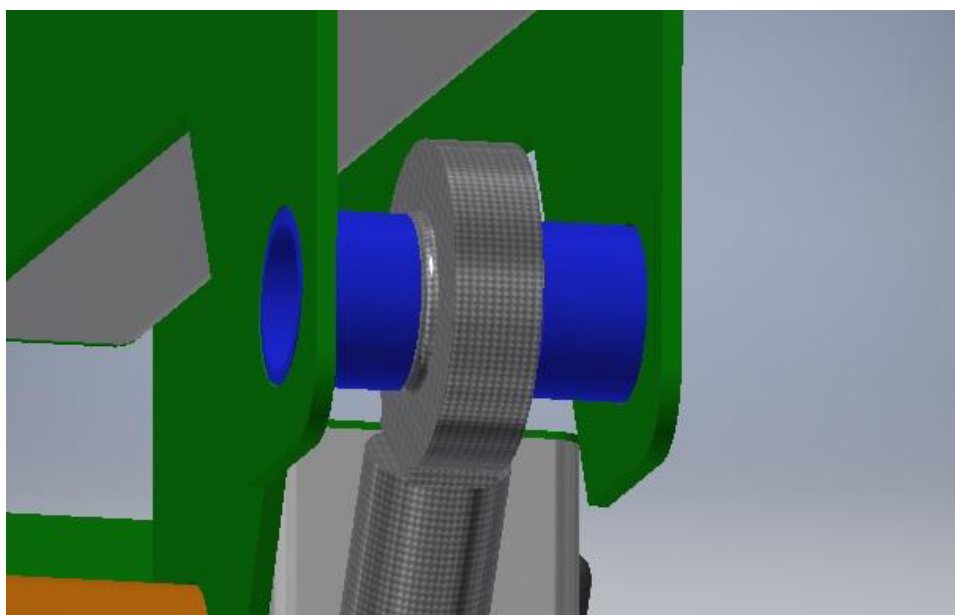
Pro celou konstrukci jsou zvoleny normalizované profily a plechy, které jsou běžně dostupné. Základní rám bude svařenec, který bude pomocí čepů spojen s hydromotorem a horním ramenem.

Pohon

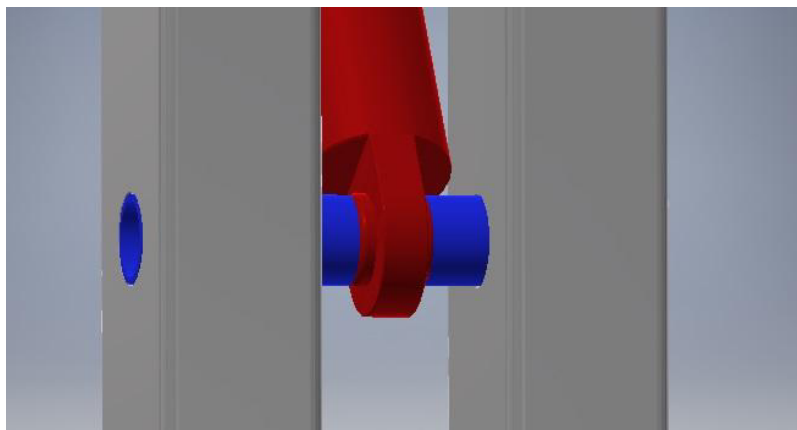
Jako pohon bude sloužit přímočarý hydromotor, jehož parametry (průměr pístu a zdvih) budou stanoveny ve výpočtech.

Uložení hydraulického válce

Pro vymezení vůle při uchycení hydraulického válce budou použity normalizované polotovary. Vnitřní průměr trubky bude závislý na průměru ok u hydraulického válce.



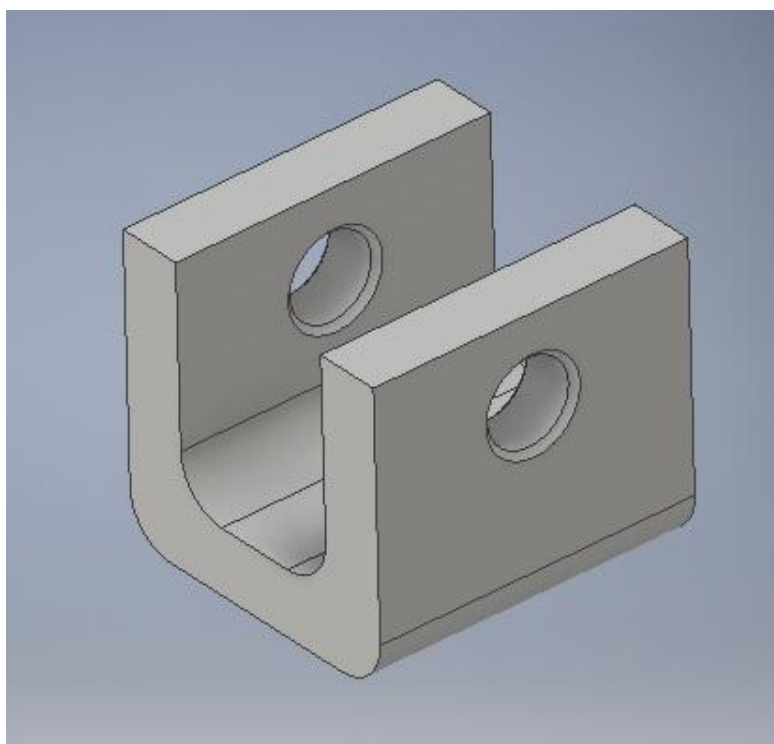
Obrázek 10 Návrh uložení hydraulického válce u pístnice



Obrázek 11 Návrh uložení hydraulického válce u pístu

Uchycení horního táhla traktoru

Pro připojení u třetího bodu traktoru jsem zvolil ohýbaný plech do „U“ s vyvrtanými otvory pro čep, který bude přivařen ke spodní části rámu.

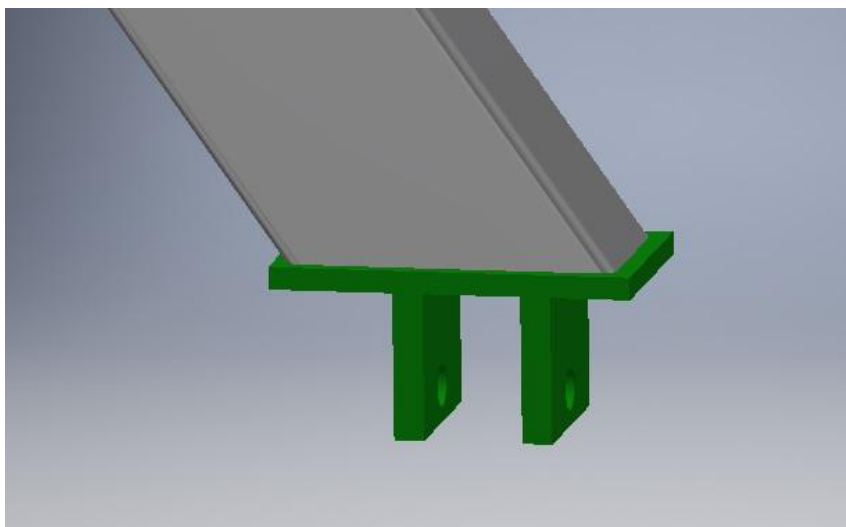


Obrázek 12 Připoj u třetího bodu



Uchycení zařízení na spodních táhlech

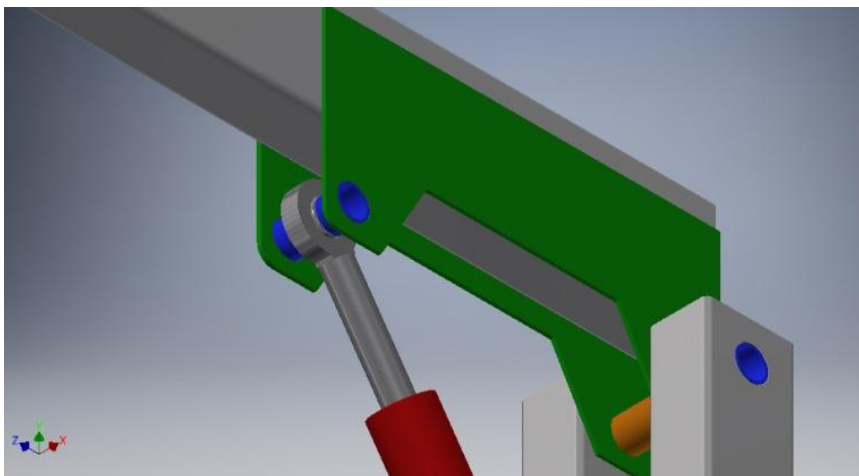
Přípoj na spodních táhlech bude z plechu s vyvrtanými otvory pro čep daného průměru.



Obrázek 13 Návrh uchycení spodního táhla

Spojení rámu a horního ramene

Pro spojení ramene s rámem jsem zvolil variantu, kdy k hornímu rameni budou přivařeny plechové profily. Spojení bude realizováno pomocí čepu.

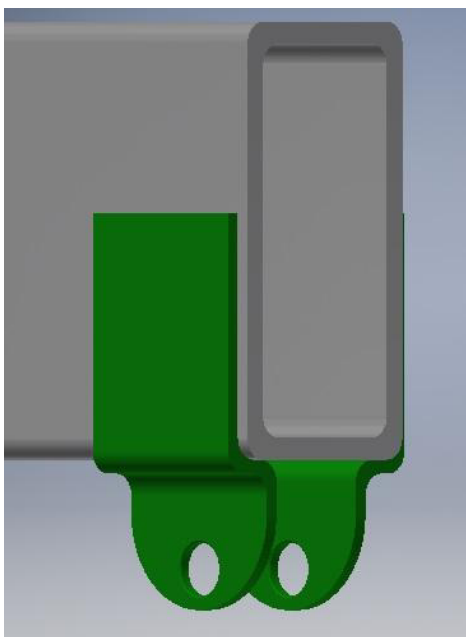


Obrázek 14 Návrh spojení ramene s rámem



Uchycení háku

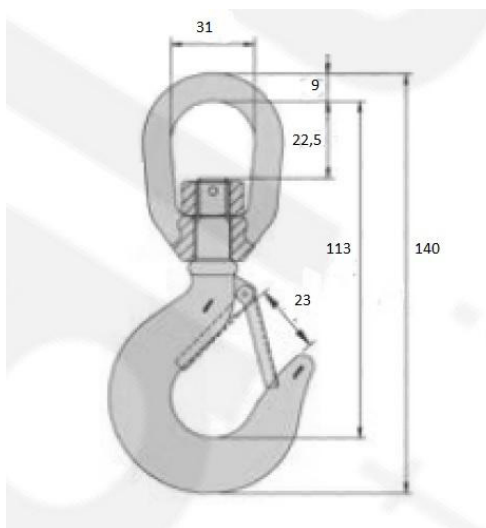
Uchycení háku na konci horního ramene bude obdobné jako u spojení ramene s rámem. Na profil budou navařeny dva ohýbané plechové profily.



Obrázek 15 Návrh uchycení háku

Hák

Hák volím z nabídky firmy Metaltrade International s.r.o. [11] Hák bude otočný pro lepší manipulaci s břemenem, s bezpečnostní pojistkou, ze zušlechtěné oceli C45E a nosností 1000 kg.



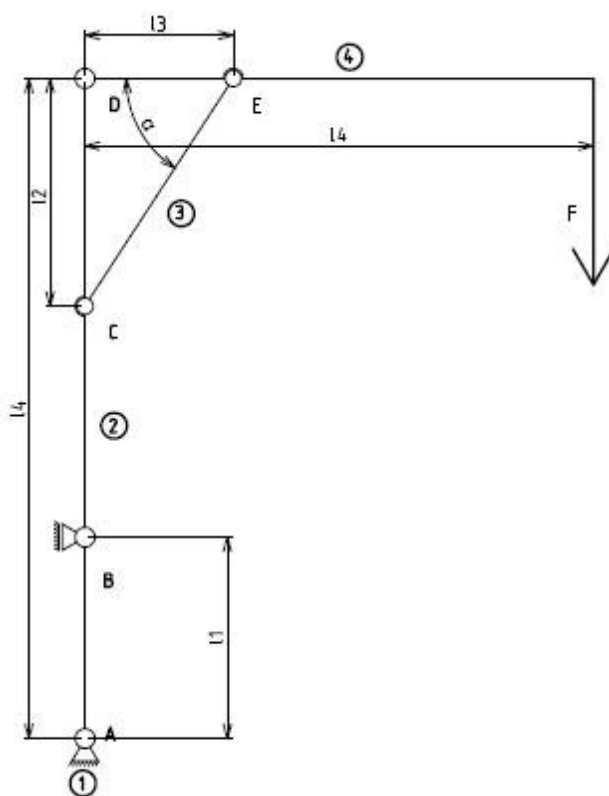
Obrázek 16 Rozměry háku[mm] [12]

3 ANALYTICKÉ VÝPOČTY SILOVÝCH PARAMETRŮ ZAŘÍZENÍ

Zařízení je potřeba zkontrolovat proti vzniku trvalých deformací. Dále jsou důležité bezpečnosti svarů u spoje rámu a uchycení horního táhla traktoru.

3.1 KINEMATICKÝ ROZBOR

Zařízení je rozděleno na čtyři tělesa, přičemž 1 je základní těleso (traktor), 2 rám, 3 hydraulický válec a 4 horní rameno. Maximální zatížení na konci ramene je 1000 kg. Délka ramene je celkově 2 metry při nejdelším vyložení ramene od základny zařízení.



Obrázek 17 Celkové schéma zařízení

Zvolené parametry dle konstrukčních možností:

$$F = 10000 \text{ N}$$

$$l_1 = 0,61 \text{ m}$$

$$l_2 = 0,65 \text{ m}$$

$$l_3 = 0,45 \text{ m}$$

$$l_4 = 2 \text{ m}$$

$$\alpha = \cotg\left(\frac{l_2}{l_3}\right) [^\circ] \quad (1)$$

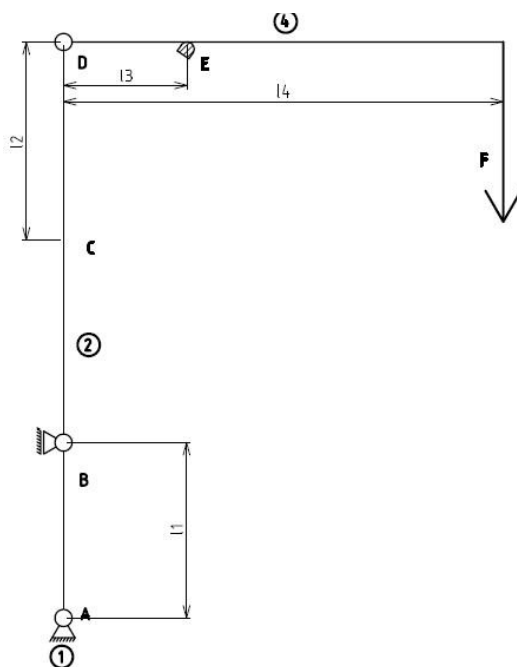


$$\alpha = \cotg \left(\frac{0,65}{0,45} \right)$$

$$\alpha = 55,3^\circ$$

F [N]	maximální zatížení na konci ramene
l_1 [m]	vzdálenost středu koulí od středu uchycení horního táhla
l_2 [m] s rámem	vzdálenost uchycení hydraulického válce na rámu od spojení ramene
l_3 [m] s rámem	vzdálenost uchycení hydraulického válce na rameni od spojení ramene
l_4 [m]	délka horního ramene a výška rámu
α [°]	úhel mezi horním rámem a hydraulickým pístem

Pro silový výpočet použiji zjednodušené schéma. Hydraulický válec nahradím pouze podporou na rameni. Reakční síly budou v bodu C stejné jako v bodu E.

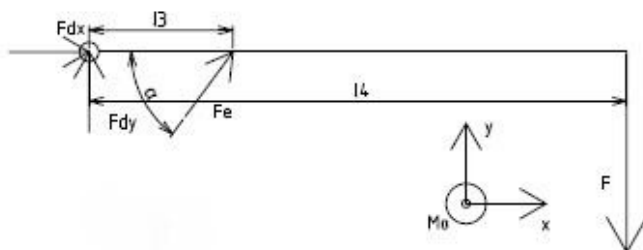


Obrázek 18 Zjednodušené schéma zařízení

3.2 VÝPOČET REAKČNÍCH SIL

Výpočet bude proveden postupným uvolňováním jednotlivých těles.

3.2.1 HORNÍ RAMENO



Obrázek 19 Uvolnění horního ramena

Rovnice statické rovnováhy:

$$\sum F_x = 0 \quad F_{Dx} + F_E \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Dy} + F_E \cdot \sin \alpha - F = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_{OD} = 0 \quad F_E \cdot l_3 \cdot \sin \alpha - F \cdot l_4 = 0 \quad (4)$$

Po vyjádření a dosazení do třech rovnic o třech neznámých nám vychází:

$$F_{Dx} = -31120 \text{ N}$$

$$F_{Dy} = -34444 \text{ N}$$

$$F_E = 54257 \text{ N}$$

F_{Dx} [N] síla u spoje rámu s ramenem ve směru x

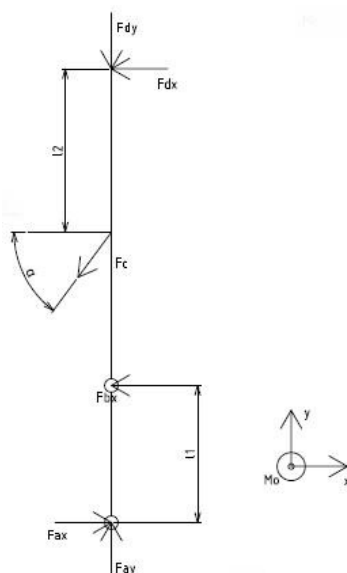
F_{Dy} [N] síla u spoje rámu s ramenem ve směru y

F_E [N] síla u uchycení hydraulického válce

3.2.2 RÁM

Ve výpočtu reakčních sil na rámu jsem počítal s reakčními silami od ramene. Reakční síla F_E je stejná jako F_C a působí pod stejným úhlem.

$$F_E = F_C$$



Obrázek 20 Uvolnění rámu

Rovnice statické rovnováhy:

$$\sum F_x = 0 \quad F_{Ax} - F_{Bx} - F_{Dx} - F_C \cdot \cos \alpha = 0 \quad (5)$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Ay} - F_{Dy} - F_C \cdot \sin \alpha = 0 \quad (6)$$

$$\sum M_{OA} = 0 \quad F_{Bx} \cdot l_1 + F_C \cdot \cos \alpha \cdot (l_4 - l_2) + F_{Dx} \cdot l_4 = 0 \quad (7)$$

Po vyjádření a dosazení do třech rovnic o třech neznámých nám vychází:

$$F_{Ax} = 33160 \text{ N}$$

$$F_{Ay} = 10000 \text{ N}$$

$$F_{Bx} = 33159 \text{ N}$$

F_{Ax} [N] síla na dolních táhlech traktoru ve směru x

F_{Ay} [N] síla na dolních táhlech traktoru ve směru y

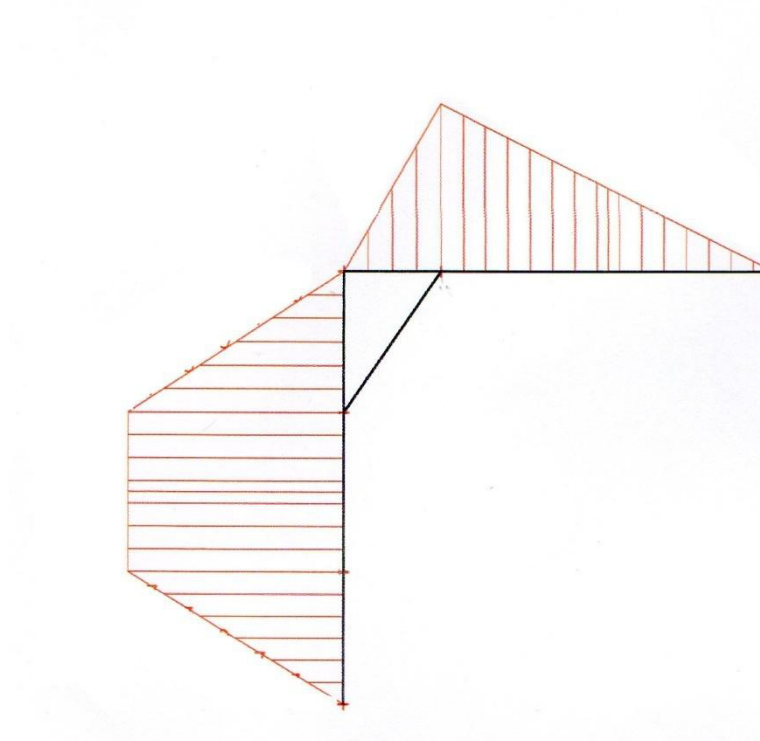
F_{Bx} [N] síla u uchycení horního táhla traktoru



3.3 KRITICKÁ MÍSTA

Průběh ohybového momentu jsem dělal pomocí programu MaFoDeM. Jde pouze o znázorněný průběh bez hodnot.

My



Obrázek 21 VVÚ - Ohybový moment zařízení

Jak lze vidět na obrázku 21, nejhorší místa jsou u hydraulického válce a u uchycení horního táhla traktoru.

3.4 OHYBOVÝ MOMENT

Pro výpočet největšího ohybového momentu použijí rovnici:

$$M_{Omax} = F \cdot r \quad (8)$$

M_{Omax} [Nmm] maximální ohybový moment

F [N] síla

r [mm] rameno síly



3.4.1 HORNÍ RAMENO

Nevětší ohybový moment je dle obr. 21 u uchycení hydraulického válce.

$$M_{OmaxH} = F \cdot (l_4 - l_3) [Nmm] \quad (9)$$

$$M_{OmaxH} = 10000 \cdot (2000 - 450)$$

$$M_{OmaxH} = 15,5 \cdot 10^6 Nmm$$

F [N]	maximální zatížení
M_{OmaxH} [Nmm]	maximální ohybový moment na rameni
l_3 [mm]	vzdálenost hydraulického válce na rameni
l_4 [mm]	délka ramene

3.4.2 RÁM

Na rámu je konstantní ohybový moment od uchycení hydraulického válce po uchycení horního táhla traktoru. Velikost ohybového momentu podle (8) je:

$$M_{OmaxR} = F \cdot l_4 [Nmm] \quad (10)$$

$$M_{OmaxR} = 10000 \cdot 2000$$

$$M_{OmaxR} = 20 \cdot 10^6 Nmm$$

F [N]	maximální zatížení
M_{OmaxR} [Nmm]	maximální ohybový moment na rámu
l_4 [mm]	délka ramene

Porovnání maximálního ohybového momentu podle reakčních sil v místě uchycení hydraulického válce s rovnicí (10):

$$M_{OC} = -F_{Dx} \cdot l_2 \quad (11)$$

$$M_{OC} = 31120 \cdot 650$$

$$M_{OC} = 20,2 \cdot 10^6 Nmm$$



F_{Dx} [N]	reakční síla ve spoji ramene s rámem
M_{OC} [Nmm]	maximální ohybový moment na rámu u hydraulického válce
l_2 [mm]	vzdálenost uchycení hydraulického válce od spoje ramene s rámem

Porovnání maximálního ohybového momentu podle reakčních sil v místě uchycení horního táhla traktoru s rovnicí (10):

$$M_{OB} = -F_{Dx} \cdot (l_4 - l_1) - F_C \cdot \cos \alpha \cdot (l_4 - l_1 - l_2) \quad (12)$$

$$M_{OB} = 31120 \cdot (2000 - 610) - 54257 \cdot \cos 55^\circ \cdot (2000 - 610 - 650)$$

$$M_{OB} = 20,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

F_{Dx} [N]	reakční síla ve spoji ramene s rámem
F_C [N]	reakční síla od hydraulického válce
α [°]	úhel mezi horním rámem a hydraulickým pístem
M_{OB} [Nmm]	maximální ohybový moment na rámu u horního táhla traktoru
l_1 [m]	vzdálenost středu koulí od středu uchycení horního táhla
l_2 [m]	vzdálenost uchycení hydraulického válce od spojení ramene s rámem
l_4 [m]	výška rámu

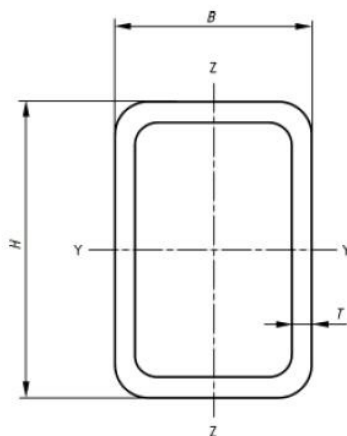


4 PEVNOSTNÍ VÝPOČET

4.1 VOLBA PROFILŮ ZVEDACÍHO ZAŘÍZENÍ

Profily jsem zvolil uzavřené svařované obdélníkového průřezu následujících rozměrů.

Volil jsem profily z materiálu S355J2H dle EN 10219-1 od firmy Feron a.s. [12].



Obrázek 22 Rozměry profilu [12]

Vlastnosti materiálu S355J2H (označován také jako 1.0576)

$$R_{em} = 355 \text{ MPa}$$

$$R_{mm} = 470 \text{ MPa}$$

R_{em} [MPa] minimální mez kluzu svařovaného materiálu

R_{mm} [MPa] minimální mez pevnosti svařovaného materiálu

Pro určení profilů zařízení použiji rovnici pro ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{dov} \quad (13)$$

σ_o [MPa] ohybové napětí

M_o [Nmm] ohybový moment

W_o [mm³] modul průřezu v ohybu



Z rovnice (13) vyjádřím modul průřezu v ohybu W_O . Za M_O pak dosadím maximální ohybový moment. U materiálu S355J2H pro statické zatěžování v ohybu je uvedeno $\sigma_{dov} = 150$ MPa [13].

4.1.1 RÁM

Největší ohybový moment na rámu je v místě uchycení hydraulického válce a horního táhla traktoru $M_{OmaxR} = 20 \cdot 10^6$ Nmm.

$$W_{OR} = \frac{M_{OmaxR}}{\sigma_{dov}} [mm^3] \quad (14)$$

$$W_{OR} = \frac{20 \cdot 10^6}{150}$$

$$W_{OR} = 133,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

σ_{dov} [MPa] dovolené ohybové napětí

M_{OmaxR} [Nmm] maximální ohybový moment na rámu

W_{OR} [mm³] modul průřezu v ohybu horní části rámu pro oba profily

Jelikož rám budou tvořit 2 profily, bude modul průřezu poloviční než výsledná hodnota z rovnice (11).

$$W_{OR1,2} = \frac{W_{OR}}{2} [mm^3] \quad (15)$$

$$W_{OR1,2} = \frac{133,33 \cdot 10^3}{2}$$

$$W_{OR1,2} = 66,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

W_{OR} [mm³] modul průřezu v ohybu horní části rámu pro oba profily

$W_{OR1,2}$ [mm³] modul průřezu v ohybu pro jeden profil

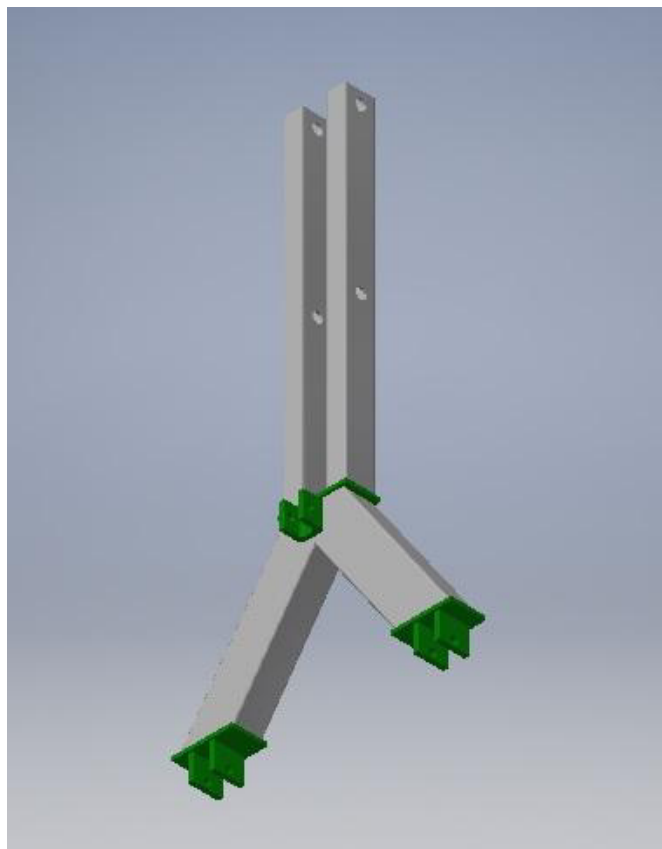
Pro horní část rámu volím profil z katalogu firmy Feron a.s. [12] 120x80x8, který má modul průřezu $79,31 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$.

$$W_{O1} = 79,31 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



Pro spodní část rámu, jež slouží k připojení k traktoru, volím profil 180x120x5, který má modul průřezu $141,93 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$.

$$W_{O2} = 141,93 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



Obrázek 23 Výsledná konstrukce rámu

4.1.2 RAMENO

Největší ohybový moment na rameni je $M_{OmaxH} = 15,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$.

$$W_{OH} = \frac{M_{OmaxH}}{\sigma_{dov}} [\text{mm}^3] \quad (16)$$

$$W_{OH} = \frac{15,5 \cdot 10^6}{150}$$

$$W_{OH} = 103,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

σ_{dov} [MPa] dovolené ohybové napětí

M_{OmaxH} [Nmm] maximální ohybový moment na horním rameni

W_{OH} [mm³] modul průřezu v ohybu ramena

Pro rameno volím profil z katalogu firmy Feron a.s. [12] 160x80x8, který má modul průřezu $125,15 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$.

$$W_{O3} = 125,15 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

4.2 VOLBA HYDRAULICKÉHO VÁLCE

Hydromotor bude zatěžován silou $F_E = 54257 \text{ N}$, která je dána z rovnice (4)

Volím jednočinný přímočarý hydromotor od firmy Hydrolider. eu s.r.o. [14].



Obrázek 24Přímocharý hydromotor [14]

Parametry hydromotoru [14]:

Průměr pístu	63 mm
Průměr pístnice	36 mm
Zdvih	400 mm
Průměr ok	35 mm
Závit pro přípoj hadice	M22x1,5
Provozní tlak	250 bar



Kontrola hydraulického válce

Síla hydraulického válce závisí na provozním tlaku traktoru. Na píst má dle výpočtu působit síla $F_E = 54257 \text{ N}$. Provozní tlak udávaný výrobcem traktoru je $190 \text{ bar} = 19 \text{ MPa}$. U výrobce hydraulického válce je dán maximální provozní tlak 25 MPa . Budu proto počítat s provozním tlakem traktoru a průměrem pístu 63 mm .

$$F_V = p_T \cdot S_{\check{c}} [N] \quad (17)$$

$$F_V = p_T \cdot \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} [N]$$

$$F_V = 19 \cdot \frac{\pi \cdot 63^2}{4}$$

$$F_V = 59228 \text{ N}$$

$$F_V \geq F_{Ey}$$

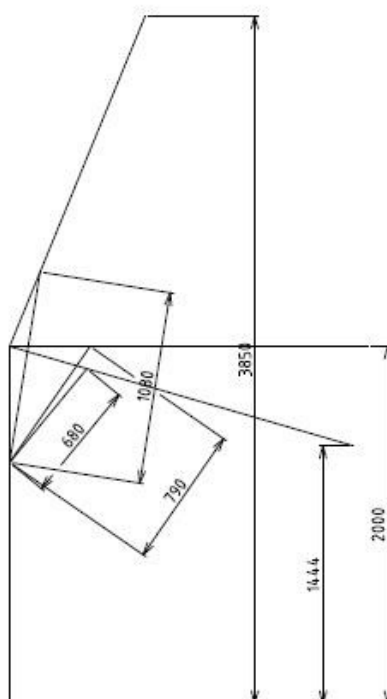
p_T – provozní tlak traktoru

F_E – síla působící s bodě E (uložení pístu) $F_E = 54257 \text{ N}$

F_V – maximální síla, kterou dokáže hydraulický válec vyvinout

$S_{\check{c}}$ – plocha pístu hydraulického válce

Vzpěrná stabilita, i při maximálním vysunutí, je zaručena výrobcem [14].



Obrázek 25 Minimální a maximální výška ramene v závislosti na zdvihu pístu

Maximální a minimální zdvih od konce háku po zem, bude přibližně 1,3 – 3,7 metru.

4.3 KONTROLA ČEPŮ

Čepy pro připojení traktoru a zajištění háku jsou z oceli C55 s číselným označením 1.0535. [15]

$$R_{e\check{C}} = 330 \text{ MPa}$$

$$R_{m\check{C}} = 640 \text{ MPa}$$

$$p_{D\check{C}} = 105 \text{ MPa}$$

$R_{e\check{C}}$ [MPa] mez kluzu materiálu čepu

$R_{m\check{C}}$ [MPa] mez pevnosti materiálu čepu

$p_{D\check{C}}$ [MPa] dovolený tlak ve stykových plochách čepu



4.3.1 KONTROLA ČEPŮ NA DOLNÍCH TÁHLECH

Na stříhové namáhání

$$F_{A1,2} = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} [N] \quad (18)$$

$$F_{A1,2} = \sqrt{33160^2 + 10000^2}$$

$$F_{A1,2} = 34635 \text{ N}$$

Rovnice (18) platí pro dva čepy u spodních táhel, proto je síla poloviční.

$$F_A = \frac{F_{A1,2}}{2} [N] \quad (19)$$

$$F_A = \frac{34635}{2}$$

$$F_A = 17317 \text{ N}$$

$$S_{\check{c}A} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}A}^2}{4} [mm^2] \quad (20)$$

$$S_{\check{c}A} = \frac{\pi \cdot 27^2}{4}$$

$$S_{\check{c}A} = 572,56 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\check{c}A} = \frac{F_A}{S_{\check{c}A}} [MPa] \quad (21)$$

$$\tau_{\check{c}A} = \frac{17317}{572,56}$$

$$\tau_{\check{c}A} = 30,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot R_E [MPa] \quad (22)$$

$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot 330$$

$$\tau_{D55} = 190,41 \text{ MPa}$$



$$k_{\check{c}A} = \frac{\tau_{D55}}{\tau_{\check{c}A}} [-] \quad (23)$$

$$k_{\check{c}A} = \frac{190,41}{30,25}$$

$$k_{\check{c}A} = 6,29$$

Bezpečnost **6,29** vyhovuje.

F_A [N]	maximální síla působící na dolních táhlech
$S_{\check{c}A}$ [mm ²]	průřez čepu u koulí
$\tau_{\check{c}A}$ [MPa]	smykové napětí čepu u koulí
τ_{d55} [MPa]	dovolené smykové napětí v materiálu čepu
$k_{\check{c}A}$	součinitel bezpečnosti čepu u koulí

Na otlačení

$$p_A = \frac{F_A}{d_{\check{c}A} \cdot t_A} [MPa] \quad (24)$$

$$p_A = \frac{17317}{27 \cdot 20}$$

$$p_A = 32,07 \text{ MPa}$$

$$105 \text{ MPa} \geq 32,07 \text{ MPa}$$

F_A [N]	maximální síla působící na koulích
$d_{\check{c}A}$ [mm]	průměr čepu u koulí
t_A [mm]	šířka plechu u koulí
p_A [Mpa]	stykový tlak čepu u koulí



4.3.2 KONTROLA ČEPU U HORNÍHO TÁHLA

Na stříhové namáhání

$$F_{Bx} = 33159 \text{ N}$$

$$S_{\check{C}B} = \frac{\pi \cdot d_{\check{C}B}^2}{4} [\text{mm}^2] \quad (25)$$

$$S_{\check{C}B} = \frac{\pi \cdot 24^2}{4}$$

$$S_{\check{C}B} = 452,39 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\check{C}A} = \frac{F_{Bx}}{S_{\check{C}B}} [\text{MPa}] \quad (26)$$

$$\tau_{\check{C}A} = \frac{33159}{452,39}$$

$$\tau_{\check{C}A} = 73,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot R_E [\text{MPa}] \quad (27)$$

$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot 330$$

$$\tau_{D55} = 190,41 \text{ MPa}$$

$$k_{\check{C}B} = \frac{\tau_{D55}}{\tau_{\check{C}B}} [-] \quad (28)$$

$$k_{\check{C}B} = \frac{190,41}{73,30}$$

$$k_{\check{C}B} = 2,60$$

Bezpečnost **2,60** vyhovuje.

F_{Bx} [N]	síla působící na horní táhlo traktoru
$S_{\check{C}B}$ [mm ²]	průřez čepu u uchycení horního táhla
$\tau_{\check{C}B}$ [MPa]	smykové napětí v čepu u horního táhla traktoru
τ_{D55} [MPa]	dovolené smykové napětí v materiálu čepu



$k_{\check{C}B}$ součinitel bezpečnosti čepu B

Na otlačení

$$p_B = \frac{F_{Bx}}{d_{\check{C}B} \cdot t_B} [MPa] \quad (29)$$

$$p_B = \frac{33159}{24 \cdot 20}$$

$$p_B = 69,08 MPa$$

$$105 MPa \geq 69,08 MPa$$

$d_{\check{C}B}$ [mm] průměr čepu uchycení horního táhla traktoru

t_B [mm] šířka plechu uchycení horního táhla traktoru

p_B [MPa] stykový tlak čepu uchycení horního táhla

4.3.3 KONTROLA ČEPU U HÁKU

Na stříhové namáhání

$$F_H = 10000 N$$

$$S_{\check{C}H} = \frac{\pi \cdot d_{\check{C}H}^2}{4} [mm^2] \quad (30)$$

$$S_{\check{C}H} = \frac{\pi \cdot 20^2}{4}$$

$$S_{\check{C}H} = 314,16 mm^2$$

$$\tau_{\check{C}H} = \frac{F_H}{S_{\check{C}H}} [MPa] \quad (31)$$

$$\tau_{\check{C}H} = \frac{10000}{314,16}$$

$$\tau_{\check{C}H} = 31,83 MPa$$

$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot R_E [MPa] \quad (32)$$



$$\tau_{D55} = 0,577 \cdot 330$$

$$\tau_{D55} = 190,41 \text{ MPa}$$

$$k_{\check{C}H} = \frac{\tau_{D55}}{\tau_{\check{C}H}} [-] \quad (33)$$

$$k_{\check{C}H} = \frac{190,41}{31,83}$$

$$k_{\check{C}H} = 5,98$$

Bezpečnost **5,98** vyhovuje.

F_H [N]	maximální zatížení háku
$S_{\check{C}H}$ [mm ²]	průřez čepu háku
$\tau_{\check{C}H}$ [MPa]	smykové napětí čepu u háku
τ_{D55} [MPa]	dovolené smykové napětí materiálu čepu
$k_{\check{C}H}$	součinitel bezpečnosti čepu háku

Na otlačení

$$p_H = \frac{F_H}{d_H \cdot t_H} [\text{MPa}] \quad (34)$$

$$p_H = \frac{10000}{20 \cdot 5}$$

$$p_H = 100 \text{ MPa}$$

$$105 \text{ MPa} \geq 100 \text{ MPa}$$

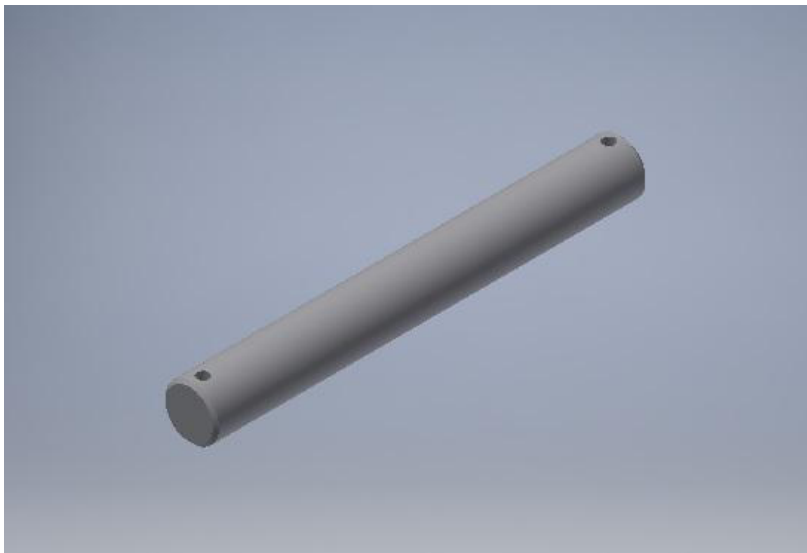
d_H [mm]	průměr čepu u háku
t_H [mm]	šířka plechu u háku
p_H [MPa]	stykový tlak čepu háku

4.3.4 KONTROLA ČEPŮ HYDRAULICKÉHO VÁLCE

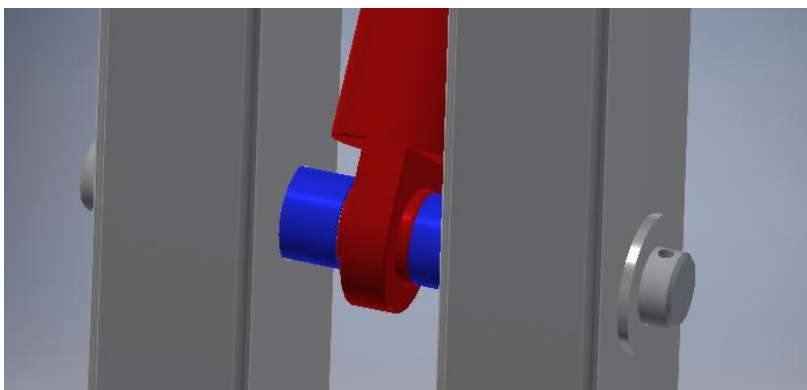
Z důvodu šířky profilů na hlavním rámu a šířky hydraulického válce je nutno čep navrhnout a vyrobit. Volím kruhovou tyč taženou za studena od firmy Feron a. s. [12] Do tyče budou



vyvrtány díry pro závlačky viz obrázek 26. Průměr tyče je shodný s průměrem ok u hydraulického válce dle výrobce [14].



Obrázek 26 Alternativa čepu



Obrázek 27 Řešení čepu u hydraulického válce

Materiál tyče C45 (1.0503)

Průměr tyče $d = 35 \text{ mm}$

Vlastnosti materiálu [15]

$$R_{eT} = 305 \text{ MPa}$$

$$R_{mT} = 580 \text{ MPa}$$

$$p_{DT} = 85 \text{ MPa}$$



R_{eT} [MPa]	mez kluzu materiálu tyče
R_{mT} [MPa]	mez pevnosti materiálu tyče
p_{DT} [MPa]	dovolený tlak ve stykových plochách tyče

Na stříhové namáhání

$$F_E = 54257 \text{ N} = F_C$$

$$S_{\check{C}HV} = \frac{\pi \cdot d_{\check{C}HV}^2}{4} [\text{mm}^2] \quad (35)$$

$$S_{\check{C}HV} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4}$$

$$S_{\check{C}HV} = 962,11 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\check{C}HV} = \frac{F_{Ey}}{S_{\check{C}HV}} [\text{MPa}] \quad (36)$$

$$\tau_{\check{C}HV} = \frac{54257}{962,11}$$

$$\tau_{\check{C}HV} = 56,39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{D45} = 0,577 \cdot R_E [\text{MPa}] \quad (37)$$

$$\tau_{D45} = 0,577 \cdot 305$$

$$\tau_{D45} = 175,99 \text{ MPa}$$

$$k_{\check{C}HV} = \frac{\tau_{D45}}{\tau_{\check{C}HV}} [-] \quad (38)$$

$$k_{\check{C}HV} = \frac{190,41}{56,39}$$

$$k_{\check{C}HV} = 3,38$$

Bezpečnost **3,38** vyhovuje.



F_C, F_E [N]	maximální zatížení hydraulického válce
$S_{\check{C}HV}$ [mm ²]	průřez čepů u hydraulického válce
$\tau_{\check{C}HV}$ [MPa]	smykové napětí čepů hydraulického válce
τ_{D45} [MPa]	dovolené smykové napětí v materiálu tyče u hydraulického válce
$k_{\check{C}HV}$	součinitel bezpečnosti čepu hydraulického válce

Na otlačení u pístu

$$p_{HV1} = \frac{F_C}{d_{\check{C}HV} \cdot t_{HV1}} \text{ [MPa]} \quad (39)$$

$$p_{HV1} = \frac{54257}{35 \cdot 36}$$

$$p_{HV1} = 43,06 \text{ MPa}$$

$$85 \text{ MPa} \geq 43 \text{ MPa}$$

$d_{\check{C}HV}$ [mm] průměr čepu u pístu

t_{HV1} [mm] šířka oka u pístu

p_{HV1} [MPa] stykový tlak u pístu

Na otlačení u pístnice

$$p_{HV2} = \frac{F_C}{d_{\check{C}HV} \cdot t_{HV2}} \text{ [MPa]} \quad (40)$$

$$p_{HV2} = \frac{54257}{35 \cdot 30}$$

$$p_{HV2} = 51,67 \text{ MPa}$$

$$85 \text{ MPa} \geq 52 \text{ MPa}$$

$d_{\check{C}HV}$ [mm] průměr čepu u pístnice

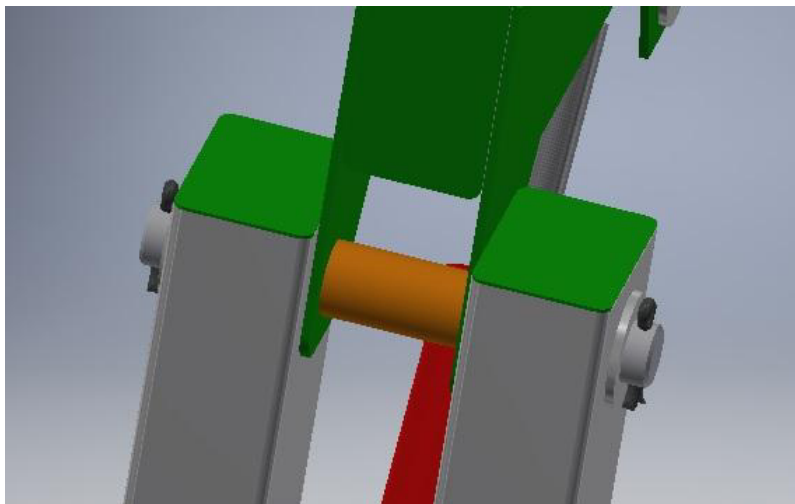
t_{HV2} [mm] šířka oka u pístnice

p_{HV2} [MPa] stykový tlak u pístnice



4.3.5 KONTROLA ČEPU U SPOJE RÁMU S RAMENEM

Problém s délkou čepu byl řešen stejně jako v kapitole 4.3.4. Čep je totožný s čepem u pístu.



Obrázek 28 Řešení čepu u spojení rámu s ramenem

Na stříhové namáhání

$$F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} [N] \quad (41)$$

$$F_D = \sqrt{(-31120)^2 + (-34444)^2}$$

$$F_D = 46420 \text{ N}$$

$$S_{\check{c}s} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}s}^2}{4} [mm^2] \quad (42)$$

$$S_{\check{c}s} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4}$$

$$S_{\check{c}s} = 962,11 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\check{c}s} = \frac{F_D}{S_{\check{c}s}} [MPa] \quad (43)$$

$$\tau_{\check{c}s} = \frac{46420}{962,11}$$

$$\tau_{\check{c}s} = 48,25 \text{ MPa}$$



$$\tau_{D45} = 0,577 \cdot R_E \text{ [MPa]} \quad (44)$$

$$\tau_{D45} = 0,577 \cdot 305$$

$$\tau_{D45} = 175,99 \text{ MPa}$$

$$k_{\check{C}S} = \frac{\tau_{D45}}{\tau_{\check{C}S}} [-] \quad (45)$$

$$k_{\check{C}S} = \frac{175,99}{48,25}$$

$$k_{\check{C}S} = 3,65$$

Bezpečnost **3,65** vyhovuje.

F_D [N]	maximální zatížení ve spoji ramene s rámem
$S_{\check{C}S}$ [mm ²]	průřez čepu spoje ramene s rámem
$\tau_{\check{C}S}$ [MPa]	smykové napětí čepu spoje ramene s rámem
τ_{D45} [MPa]	dovolené smykové napětí materiálu čepu spoje ramene s rámem
$k_{\check{C}S}$	součinitel bezpečnosti čepu spoje ramene s rámem

Na otlačení

$$p_S = \frac{F_D}{d_{\check{C}S} \cdot t_{HS}} \text{ [MPa]} \quad (46)$$

$$p_S = \frac{46420}{35 \cdot 80}$$

$$p_S = 16,58 \text{ MPa}$$

$$85 \text{ MPa} \geq 17 \text{ MPa}$$

$d_{\check{C}S}$ [mm]	průměr čepu spoje
t_{HS} [mm]	šířka trubky u spoje
p_S [MPa]	stykový tlak spoje ramene s rámem



4.4 KONTROLA SVARŮ

Svařování bude realizováno metodou MIG (svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře). Jako svařovací kov bude použit drát s označením ISO 14341 – A – G 46 3 M G3Si1. [17]

$$R_{eD} = 460 \text{ MPa}$$

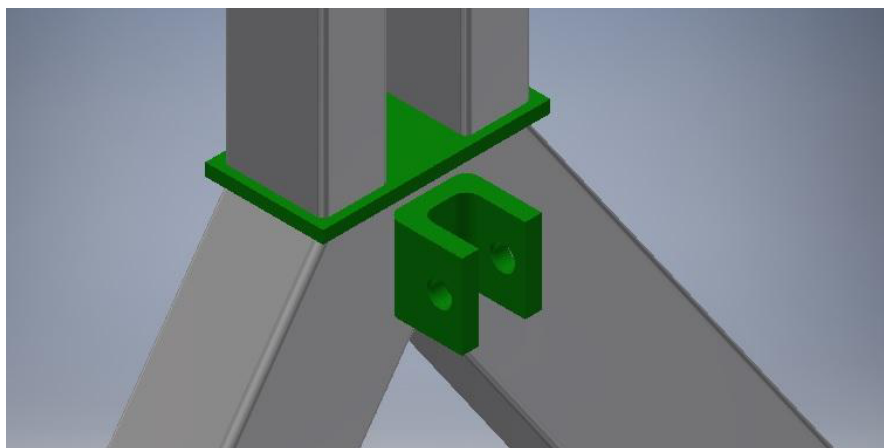
$$R_{mD} = 530 \text{ MPa}$$

R_{eD} [MPa] mez kluzu svařovacího drátu

R_{mD} [MPa] mez pevnosti svařovacího drátu

4.4.1 KONTROLA SVARU UCHYCENÍ HORNÍHO TÁHLA ZÁVĚSU TRAKTORU

Uchycení je vyrobené z ohýbaného plechu a bude zavařeno dokola koutovým svarem ke spodní části rámu. Kontrolu budu provádět pomocí výpočtu podle ČSN 05 0120. [16]



Obrázek 29 Uchycení 3. bodu

$$\tau_3 = \frac{1,414 \cdot F_B}{z_3 \cdot l_{3SV}} \text{ [MPa]} \quad (47)$$

$$\tau_3 = \frac{1,414 \cdot 33159}{10 \cdot (2 \cdot 65 + 2 \cdot 100)}$$

$$\tau_3 = 14,21 \text{ MPa}$$

Zvolíme – li součinitel bezpečnosti $k_3 = 2$, bude dovolené napětí základního materiálu

$$\sigma_D = \frac{R_{em}}{k_3} \text{ [MPa]} \quad (48)$$

$$\sigma_D = \frac{355}{2}$$



$$\sigma_D = 177,50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Dsv3} = \alpha_T \cdot \sigma_D \text{ [MPa]} \quad (49)$$

$$\tau_{Dsv3} = 0,75 \cdot 177,50$$

$$\tau_{Dsv3} = 133,13 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Dsv3} \geq \tau_3$$

α_T [-]	převodový součinitel svarového spoje
τ_3 [MPa]	smykové napětí v nosném průřezu svaru
z_3 [mm]	výška koutového svaru
l_{3SV} [mm]	celková délka svaru
R_{em} [MPa]	minimální mez kluzu základního materiálu
σ_D [MPa]	dovolené napětí základního materiálu
τ_{Dsv3} [MPa]	dovolené napětí svaru

4.4.2 KONTROLA SVARU DOLNÍ A HORNÍ ČÁSTÍ RÁMU

V tomto místě nastává maximální ohybový moment $M_{maxR} = 20 \cdot 10^6$ Nmm. Kontrola bude prováděna pomocí obecné metody. [16] Profil bude zavařen dokola koutovým svarem. Jelikož se jedná o dva stejné profily, bude počítáno s polovičním ohybovým momentem.

$$\tau_R = \frac{1,414 \cdot M_{maxR}}{2 \cdot z_R \cdot b_R \cdot h_R} \text{ [MPa]} \quad (50)$$

$$\tau_R = \frac{1,414 \cdot 20 \cdot 10^6}{2 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 120}$$

$$\tau_R = 147,29 \text{ MPa}$$

$$R_{eSD} = 0,577 \cdot R_{eD} \text{ [MPa]} \quad (51)$$

$$R_{eSD} = 0,577 \cdot 460$$

$$R_{eSD} = 265,42 \text{ MPa}$$



$$k_R = \frac{R_{ESD}}{\tau_R} [-] \quad (52)$$

$$k_R = \frac{265,42}{147,29} = 1,8$$

$$k_R = 1,8$$

Bezpečnost 1,8 **vyhovuje**

M_{omaxR} [Nmm]	maximální ohybový moment na rámu
τ_R [MPa]	smykové napětí v nosném průřezu svaru
z_R [mm]	výška koutového svaru
b_R [mm]	šířka čtvercové trubky
h_R [mm]	výška čtvercové trubky
R_{eSD} [MPa]	minimální mez kluzu svařovacího materiálu
R_{eD} [MPa]	mez kluzu svařovacího materiálu
k_R [MPa]	bezpečnost svaru



ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl konstrukční návrh pomocného zvedacího zařízení za traktor, které bude sloužit v malém zemědělském podniku jako pomocník při manipulaci s materiálem. Dále bylo cílem podložit návrh pevnostními a kontrolními výpočty. Při návrhu jsem použil takové materiály a profily, které jsou běžně dostupné. Konstrukční návrh jsem provedl pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2016.

Kontrolní výpočet zahrnoval zejména výpočet jednotlivých reakčních sil na zařízení. S použitím programu MaFoDem byl vykreslen průběh výsledných vnitřních účinků ohybového momentu. Poté jsem maximální ohybový moment spočítal.

U pevnostního výpočtu bylo na začátku nutno vypočítat modul průřezu a poté zvolit vhodný profil rámu a horního ramene. V dalším kroku probíhala kontrola zvoleného hydraulického válce tak, aby byla spočítána největší možná vyvinutá síla válce s použitím zvoleného traktoru. Následovala kontrola všech čepů na otlačení a stříh. U připojení k traktoru a háku byly použity normalizované čepy. Kvůli šířce rámu a hydraulického válce nebylo možné použít běžný čep u připojení hydraulického válce a spojení rámu s ramenem. Byla použita alternativa v podobě normalizované tyče s tím, že na koncích jsou vyvrtány díry na závlačky. Jako poslední byly zkontrolovány svary u uchycení horního táhla traktoru a svary u spojení profilů rámu.



SEZNAM LITERATURY

- [1] Hydraulická ruka. Výroba vlastní hydraulické ruky. [online]. [2009] [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.hydraulickaruka.cz/vyroba-vlastni-hydraulicke-ruky/>
- [2] SYROVÝ, Otakar. 2008. Doprava v zemědělství, 1. vydání Praha: Profi Press, 248 stran, ISBN 978-80-86726-30-4.
- [3] Agroseznam. AGRO ruka AR 700. [online]. [2007] [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/51528-hydraulicka-agro-ruka-ar-700-technicak.html> [4]
- [4] Zdekup. Agro ramena AR 700. [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdekup.cz/zemedelska-technika/agro-ramena-ar-700/>
- [5] Agrosklad. AGRO RUKA AR 700. [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.agrosklad.cz/hydraulicka-ruka-ar700/agro-ruka-ar-700-ctyri-rychlospojky/>
- [6] Kubík Zetor. Hydraulické rameno. [online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.kubikzetor.cz/dalsi-sortiment/zetor-system/hydraulicke-rameno/>
- [7] Molčík kipper a. s.. Ostatní zemědělská technika. [online]. [2010] [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.molcik.eu/ostatni-technika.html>
- [8] International standard ISO 730. Agricultural wheeled tractors – Real-mounted free-point linkage-categories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N and 4. 2009. 1. vyd.
- [9] Stroje slovakia. Technický popis stroja T4. [online]. [2010] [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: <http://www.strojeslovakia.sk/polnohospodarske-stroje/product/281-NEW-HOLLAND-T8020/>
- [10] Agrotec. T5 – TIER 4A (99 až 114 hp). [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.eagrotec.cz/t5-tier-4>
- [11] Metaltrade international s. r. o.. Hák otočný 322A. [online]. 2008 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.metal-trade.cz/cs/eshop/item/474-hak-otocny-322a>
- [12] Feron a. s.. Feron E-železná kniha. [online]. 2004 – 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php>
- [13] E – konstruktér. Hodnoty mezí pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. [online]. 2013 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezi-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [14] Hydrolider.eu s.r.o.. Hydraulický válec jednočinný 680/63/36/400mm U35. [online]. 2013 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-valec-jednocinny-6806336400mm-U35/2863
- [15] Engeneering Ostrava a. s.. ČSN EN 10083-2 Oceli k zušlechťování . [online]. 2014 [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: http://www.eng-ova.cz/_files/eng-ova-a3dd0c506fc3ef9ff698e258c7dff6d5/csnen100832.pdf



- [16] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. 2010 Konstruování strojních součástí. 1.vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. V Brně: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [17] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František Prokeš. 2011. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Vyd.4. Brno: CERM, 227 s. ISBN 978-80-7204-751-2



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

b_R	[mm]	šířka čtvercové trubky horní části rámu
$d_{\check{C}A}$	[mm]	průměr čepů u dolních táhel
$d_{\check{C}B}$	[mm]	průměr čepu u uchycení horního táhla traktoru
$d_{\check{C}H}$	[mm]	průměr čepu háku
$d_{\check{C}HV}$	[mm]	průměr čepu u pístu a pístnice
$d_{\check{C}S}$	[mm]	průměr čepu u spoje
F	[N]	zatížení podle zadání
F_A	[N]	maximální zatížení na dolním táhle
$F_{A1,2}$	[N]	maximální zatížení na dolních táhlech
F_{Ax}	[N]	síla na koulích ve směru x
F_{Ay}	[N]	síla na koulích ve směru y
F_B	[N]	maximální zatížení uchycení horního táhla traktoru
F_{Bx}	[N]	síla u uchycení horního táhla traktoru ve směru x
F_C	[N]	maximální zatížení hydraulického válce u pístu
F_D	[N]	maximální zatížení ve spoji ramene s rámem
F_{Dx}	[N]	síla ve spoji ramene s rámem ve směru x
F_{Dy}	[N]	síla ve spoji ramene s rámem ve směru y
F_E	[N]	maximální zatížení hydraulického válce u pístnice
F_{Ey}	[N]	síla ve spoji ramene s hydraulickým válcem ve směru y
F_H	[N]	maximální zatížení háku
F_V	[N]	maximální síla, kterou dokáže hydraulický válec vyvinout
h_R	[mm]	výška čtvercové trubky horní části rámu
$k_{\check{C}A}$	[-]	součinitel bezpečnosti čepů u koulí
$k_{\check{C}B}$	[-]	součinitel bezpečnosti čepu uchycení horního táhla
$k_{\check{C}H}$	[-]	součinitel bezpečnosti čepu háku
$k_{\check{C}HV}$	[-]	součinitel bezpečnosti čepů hydraulického válce
k_R	[-]	součinitel bezpečnosti svaru mezi dolní a horní částí rámu
$k_{\check{C}S}$	[-]	součinitel bezpečnosti čepu spoje ramene s rámem
l_1	[mm]	vzdálenost koulí od uchycení horního táhla traktoru
l_2	[mm]	vzdálenost uchycení pístu od spoje ramene s rámem
l_3	[mm]	vzdálenost uchycení pístnice od spoje ramene s rámem
l_4	[mm]	délka horního ramene a výška rámu



l_{3SV}	[mm]	délka svaru u uchycení horního táhla traktoru
M_o	[Nmm]	ohybový moment
M_{omax}	[Nmm]	maximální ohybový moment
M_{omaxH}	[Nmm]	maximální ohybový moment na horním rameni
M_{omaxR}	[Nmm]	maximální ohybový moment na rámu
p_A	[MPa]	stykový tlak čepu na dolních táhlech
p_B	[MPa]	stykový tlak čepu uchycení horního táhla traktoru
$p_{DČ}$	[MPa]	dovolený tlak ve stykových plochách čepů
p_{DT}	[MPa]	dovolený tlak ve stykových plochách čepů z tyče
p_H	[MPa]	stykový tlak čepu háku
p_{HV1}	[MPa]	stykový tlak u pístu
p_{HV2}	[MPa]	stykový tlak u pístnice
p_S	[MPa]	stykový tlak u spoje ramene s rámem
p_T	[MPa]	provozní tlak traktoru
r	[mm]	rameno síly
$R_{eČ}$	[MPa]	mez kluzu materiálu čepu
R_{eD}	[MPa]	mez kluzu svařovacího materiálu
R_{em}	[MPa]	minimální mez kluzu svařovaného materiálu
R_{eSD}	[MPa]	minimální mez kluzu svařovacího materiálu
R_{eT}	[MPa]	mez kluzu materiálu čepu
$R_{mČ}$	[MPa]	mez pevnosti materiálu čepů
R_{mD}	[MPa]	mez pevnosti svařovacího materiálu
R_{mm}	[MPa]	minimální mez pevnosti svařovaného materiálu
R_{mT}	[MPa]	mez pevnosti materiálu čepu
$S_{Č}$	[mm ²]	plocha pístu hydraulického válce
$S_{ČA}$	[mm ²]	průřez čepu u dolních táhel
$S_{ČB}$	[mm ²]	průřez čepu uchycení horního táhla traktoru
$S_{ČH}$	[mm ²]	průřez čepu háku
$S_{ČHV}$	[mm ²]	průřez čepů hydraulického válce
$S_{ČS}$	[mm ²]	průřez čepu spoje ramene s rámem
t_A	[mm]	šířka plechu u dolních táhel
t_B	[mm]	šířka plechu u uchycení horního táhla traktoru
t_H	[mm]	šířka plechu u háku



t_{HS}	[mm]	šířka trubky u spoje ramene s rámem
t_{HV1}	[mm]	šířka oka u pístu
t_{HV2}	[mm]	šířka oka u pístnice
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
W_{o1}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu zvoleného profilu horní části rámu
W_{o2}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu zvoleného profilu spodní části rámu
W_{o3}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu zvoleného profilu ramena
W_{oH}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu ramena
W_{oR}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu horní části rámu pro oba profily
$W_{oR1,2}$	[mm ³]	modul průřezu v ohybu pro jeden profil
z_3	[mm]	výška svaru u uchycení horního táhla traktoru
z_R	[mm]	výška svaru mezi dolní a horní částí rámu
α	[°]	úhel mezi ramenem a hydraulickým válcem
αT	[-]	převodní součinitel svarového spoje
σ_d	[MPa]	dovolené napětí základního materiálu
σ_{dov}	[MPa]	dovolené ohybové napětí profilů
σ_o	[MPa]	ohybové napětí
τ_3	[MPa]	smykové napětí v nosném průřezu svaru u uchycení horního táhla
$\tau_{\check{C}A}$	[MPa]	smykové napětí čepů u koulí
$\tau_{\check{C}B}$	[MPa]	smykové napětí čepu uchycení horního táhla
$\tau_{\check{C}H}$	[MPa]	smykové napětí čepu háku
$\tau_{\check{C}HV}$	[MPa]	smykové napětí čepů u hydraulického válce
$\tau_{\check{C}S}$	[MPa]	smykové napětí s čepu u spoje ramene s rámem
τ_{D45}	[MPa]	dovolené smykové napětí v materiálu čepu u spoje ramene s rámem
τ_{D55}	[MPa]	dovolené smykové napětí v materiálu čepů u traktoru a háku
τ_{DSV3}	[MPa]	dovolené napětí svaru u uchycení horního táhla traktoru
τ_R	[MPa]	smykové napětí v nosném průřezu svaru mezi dolní a horní částí rámu



SEZNAM PŘÍLOH

S-2-2016-1

V-3-2016-2

V-3-2016-3