

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2024

Josef Machů



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MODIFIKACE JEDNONÁPRAVOVÉHO NÁVĚSU ZA MALOTRAKTOR

MODIFICATION OF A SINGLE-AXLE SEMI-TRAILER FOR A TRACTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Josef Machů

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Josef Machů**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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

Modifikace jednonápravového návěsu za malotraktor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční modifikace jednonápravového přípojného návěsu se sklápěnou valníkovou nástavbou. Úhel sklopení nástavby není dostatečný pro účinné vysypání nákladu. Úprava konstrukce pomocí domácích dílensky dostupných materiálů a technologií.

Technické parametry:

Nosnost traktorového návěsu 1 000 kg.

Maximální rychlost 40 km/h.

Rozměry ložné plochy 1500 x 2100 mm.

Objem zarovnané valníkové korby 1 m³.

Hydraulické sklápění korby do úhlu cca 45 °.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor a popis původní konstrukce návěsu.

Koncepční návrhy možných modifikací návěsu.

Funkční, rozměrové a silové výpočty.

Upřesnění výsledné modifikace konstrukce návěsu.

Pevnostní analytický výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Výkres sestavy modifikovaného návěsu.

Podsestava svařence rámu.

Dílenské výrobní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlč, 2003. ISBN 8023900242.

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

BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 9788086726526.

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

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá úpravou malotraktorového návěsu NSN-10-B za účelem zlepšení vyklápění sypkých materiálů. Úvodní část se zabývá popisem jednotlivých částí současného návěsu a rešeršní částí podobných typů traktorových návěsů. V dalších kapitolách se zabývá návrhnutím a zhodnocením možných konstrukčních řešení a zvolením optimálního řešení. Dále upřesněním výsledné modifikace návěsu a výpočtové ověření přídatné konstrukce. Závěrem nalezneme výkresovou dokumentaci sestavy, podvozku a všech přídatných částí konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Traktorový návěs, zemědělská doprava, návěs za malotraktor

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the modification of the NSN-10-B small tractor trailer for better tipping. The introductory part deals with the description of the individual parts of the current semi-trailer and the research part of similar types of tractor-trailers. The following chapters deal with the design and evaluation of possible design solutions and the selection of the optimum solution. Furthermore, specification of the resulting trailer modification and computational verification of the additional structure. Finally, the assembly, chassis and all additional parts of the structure are documented.

KEYWORDS

Tractor trailer, agricultural transport, small tractor trailer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MACHŮ, Josef. Modifikace jednonápravového návěsu za malotraktor [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/154162>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. května 2024

.....

Josef Machů

PODĚKOVÁNÍ

Hlavní poděkování patří vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za cenné rady a podklady pro řešení práce během konzultací. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě při mém studiu jakýmkoliv způsobem podporovali, především rodičům a celé blízké rodině. Také bych rád poděkoval všem těm, kteří mi svými cennými radami s mou bakalářskou prací pomohli.

OBSAH

Úvod.....	10
1 Rozbor a popis původní konstrukce návěsu	11
1.1 Sklápěcí nástavba	13
1.2 Podvozek.....	15
1.3 Ruční brzda	16
1.4 Hydraulické zvedání	17
1.4.1 Hydromotor zdvihu nástavby	17
1.4.2 Hydrogenerátor	19
1.4.3 Tažné pružiny	20
1.5 Rozvod elektrického vedení.....	21
2 Návěsy obdobné hmotnostní kategorie	22
2.1 ANS-1300 Návěs sklápěcí	22
2.2 ANS-1900 Návěs tří straně sklápěcí.....	23
2.3 MetalFach T736A.....	24
3 Koncepční návrhy možných modifikací návěsu a jejich porovnání.	25
3.1 Současné provedení	26
3.2 Posunutí sklápěcí nástavby dopředu.....	29
3.3 Zvednutí sklápěcí nástavby	33
3.4 Vytvoření rámu pod sklápěcí nástavbou.....	35
3.5 Posun otočného bodu na konec sklápěcí nástavby	38
3.6 Změna umístění otočného bodu	41
3.6.1 Posun sklápěcí nástavby dopředu	41
3.6.2 Posun otočného bodu dozadu	42
4 Výběr vhodného koncepčního návrhu.....	44
5 Upřesnění výsledné modifikace konstrukce návěsu	46
5.1 Sklápěcí nástavba	46
5.2 Hydromotor.....	49
5.3 Podvozek.....	55
5.4 Svary	61
6 Výsledná cena a hmotnost.....	64
Závěr	65
Použité informační zdroje.....	66
Seznam použitých zkratk a symbolů	68
Seznam příloh	71

ÚVOD

Traktorový návěs patří k nedílné součásti výbavy každého vlastníka traktoru. Za jejich pomoci se přesouvá téměř veškerý materiál.

Malotraktor TZ-4K-14 patří do dnešních dnů k hojně využívaným strojům pro zahradní a malohospodářské práce. Traktorový návěs je proto nedílnou součástí výbavy k těmto pracím. Základní funkcí takového návěsu je kromě přesouvání materiálu také jeho efektivní složení

Přímo k malotraktorům TZ-4K-14 byl vyráběn návěs NSN-10. Tento návěs má však jeden nedostatek plynoucí z konstrukčního návrhu, který se týká právě efektivního vyklápění, a kterému bude v této práci věnována pozornost.

1 ROZBOR A POPIS PŮVODNÍ KONSTRUKCE NÁVĚSU

Návěs NSN-10 nejdříve vyráběl národní podnik agrostroj Prostějov a později i Strojní a traktorová stanice Český Těšín. Jedná se o návěs do nosnosti 1 tuny.

Tento typ návěsu se vyráběl ve dvou variantách – NSN-10-B (viz Obr. 1) a NSN-10-2B (viz Obr. 2). Návěsy jsou stejné konstrukce a stejných rozměrů (viz Tab. 1), jedinými rozdíly jsou tvar bočnic použití vratných tažných pružin u návěsu NSN-10-2B. Z toho důvodu jsou veškeré úpravy proveditelné pro oba typy vyráběných návěsů.



Obr. 1 Návěs NSN-10-B [1]

Současná konstrukce návěsu má rotaci vyklápění kolem nápravy. V určitém okamžiku tak dojde k tomu, že se zadní část valníkové nástavby návěsu dotkne země. Náklad tak není sypán z výšky a dochází k tomu, že první vysypaná část nákladu zabraňuje vysypání zbývající části nákladu. Nelze tak ani tvořit vyšší hromady, ale jsme nuceni tvořit nízké roztáhlé hromady.



Obr. 2 Návěs NSN-10-2B

Dále dochází k tomu, že návěs nelze více vyklopit, i když píst hydromotoru není ještě zcela vysunut. Při běžném užívání proto není dosaženo dostatečného úhlu pro efektivní složení materiálu. Nejvíce to platí u méně sypkých materiálů, kde se většina převážené komodity musí následně složit ručně.

Vzhledem k povaze uživatelů tohoto typu návěsu je potřeba, aby bylo úpravy možné provést pomocí domácích dílensky dostupných materiálů a technologií. Zároveň je zde předpoklad co nejefektivnějšího využití stávajících částí stroje, aby se omezily náklady na úpravu a dále také správná konstrukce hydraulického mechanismu, aby byl traktor schopný plně naložený návěs bez potíží vyklopit.

Tab. 1 Technické parametry převzaté z manuálu[2]:

Parametr	Hodnota
Celková délka návěsu	2630 mm
Celková šířka návěsu	1700 mm
Délka ložné plochy	2000 mm
Šířka ložné plochy	1260 mm
Ložná plocha	2,52 m ²
Výška ložné plochy od země	550 mm
Výška bočnic	440 mm
Rozchod kol	1500 mm
Sklopný úhel sklápěcí nástavby	35 °
Nosnost	1000 kg
Hmotnost	360 kg
Maximální pojezdová rychlost	15 km/h
Průměr brzdových bubnů	275 mm
Světlost minimální u brzdového klíče	230 mm
Pneu	6,00-16“
Průměr vysokotlaká hadice	10 mm
Síla hydromotoru	30411 N

V manuálu je uvedena síla hydromotoru jako 3100 kg, z toho důvodu je nutné její přepočtení na jednotku newtonů

Výpočet síly hydromotoru

$$F_h = m_h \cdot g \quad (1)$$

$$F_h = 3100 \cdot 9,81$$

$$F_h = 30411 \text{ N}$$

Kde:

F_h síla hydromotoru

m_h síla hydromotoru v kilogramech

g tíhové zrychlení

1.1 SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBA

Sklápěcí nástavba má rozměry 2000x1260x440 mm, její objem tak činí přibližně 1,1 m³. Maximální hmotnost nákladu je 1000 kg. Spodní část sklápěcí nástavby tvoří nosný rám, na kterém se nachází plech tloušťky 2,5 mm, který tvoří hlavní ložnou plochu sklápěcí nástavby.

Bočnice jsou vytvořeny výliskem z plechu tloušťky 2,5 mm.

Zadní čelo je rovněž tvořeno výliskem o tloušťce plechu 2,5 mm a nabízí dva možné způsoby použití – odjištění čepů s následným vyklopením čela nebo vysunutí celého zadního čela.

Výklopnost sklápěcí nástavby

Jak už jsme dříve avizovali, hlavní problém současného řešení je neefektivní vyklápění nákladu z důvodu malé výklopnosti sklápěcí nástavby. Jeho špatná efektivita stojí zejména na dvou faktorech:

Úhel sklopení příliš malý, takže u méně sypkých materiálů není úhel pro vyklopení dostatečný, aby tíhová síla překonala třecí sílu

Zadní část sklápěcí nástavby se dotýká země (viz Obr. 3). Dochází poté k tomu, že náklad nevysypává z výšky, ale přímo v místě kontaktu sklápěcí nástavby se zemí, a vysypaná část nákladu tak zabrání vysypání celého objemu sklápěcí nástavby.



Obr. 3 Výklopnost sklápěcí nástavby na rovině

Při následném popojetí dopředu je pak náklad rozprostřen po velké ploše v tenké vrstvě. To může být v některých případech vnímáno pozitivně – například při vyklápění chlévského hnoje či makadamu, kde nám díky tomu vznikne poměrně rovnoměrná tenká vrstva, kterou je pak snazší vyrovnat do roviny. Bohužel právě u těchto materiálů je často problém s malým úhlem sklopení sklápěcí nástavby, a tak není možné vždy tuhle výhodu využít.

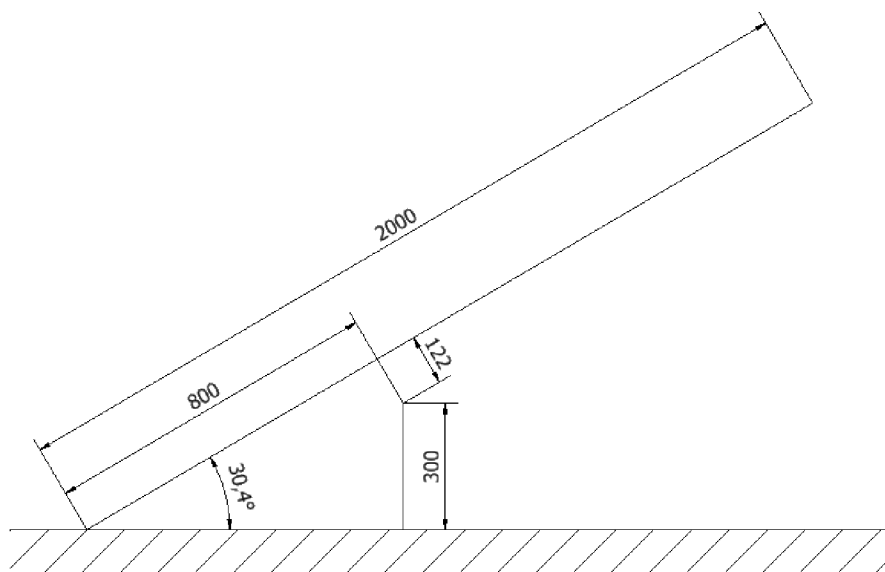
Další výhoda je pak efektivní nakládání menších strojů, jako je štípačka na dřevo či sekačka na trávu bez potřeby jakéhokoliv nakladače. Na sklopenou sklápěcí nástavbu lze strojem pohodlně najet a následně překllopit sklápěcí nástavbu zpět do výchozí pozice. Z důvodu jednočinného

použití hydromotoru je následně nutno přetlačit naloženou sklápěcí nástavbu fyzickou silou pracovníka.

Současná výklopnost sklápěcí nástavby dle manuálu je stanovena na 35° .

V praxi ale dochází ke kontaktu zadní části návěsu se zemí dochází dříve, než je píst hydromotoru zcela vysunut.

Z toho důvodu byl návěs při vyklápění na rovině změřen a na základě měření byla v aplikaci Autodesk Inventor stanovena skutečná výklopnost návěsu na $30,4^\circ$ (viz Obr. 4), což je výrazný rozdíl oproti informaci uvedené v manuálu.



Obr. 4 Model reálné výklopnosti na rovině

Současný zvedací moment sklápěcí nástavby byl stanoven následujícím výpočtem:

Výpočet zvedacího momentu:

$$M_{zv} = F_g \cdot a \quad (2)$$

$$M_{zv} = 11673 \cdot 200$$

$$M_{zv} = 2335 \text{ Nm}$$

Kde:

M_{zv} zvedací moment

F_g tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby

a vzdálenost těžiště od osy rotace

1.2 PODVOZEK

Rám podvozku je trojúhelníkové koncepce. Rám podvozku i náprava jsou tvořena nosníky trubkového kruhového průřezu (viz Obr. 5).



Obr. 5 Podvozek návěsu

Na krajních koncích nápravy jsou přivařeny náboje pojezdových kol. V přední části hlavního nosníku rámu je přivařen blok, na kterém je přes čep připojen otočný závěs pro zapojení do návěsu za traktor. Na bloku je také připevněna páka ruční brzdy. Hned za blokem je pomocí objímek a šroubového spoje připevněno ruční hydraulické čerpadlo.

Ze spodu se nachází pojistná páka sklápěcí nástavby uložená pod pružinou, kterou lze spojit přední část sklápěcí nástavby s rámem a zajistit ji tak proti samovolnému sklápění. Dále se ze spodní části nachází patka, na kterou se návěs postaví při vypínání. Celý detail přední části hlavního nosníku nalezneme na obrázku níže (viz Obr. 6). V zadní části hlavního nosníku jsou přivařeny objímky pro uchycení hydromotoru



Obr. 6 Připojení podvozku k traktoru [3]

1.3 RUČNÍ BRZDA

Na obou kolech návěsu se nachází bubnové brzdy o průměru 275 mm, které jsou složeny brzdných bubnů (viz. Obr. 7) a brzdných čelistí (viz Obr. 8).



Obr. 7 Buben brzdy [4]

Tyto brzdy jsou shodné s traktorovými brzdami malotraktoru TZ-4K-14. Ovládání brzd návěsu je provedeno mechanicky pákou umístěnou na přední straně hlavního nosníku podvozku a je připojeno k brzdám pomocí bowdenu.



Obr. 8 Brzdové čelisti [4]

Ruční brzda slouží pro zajištění návěsu při odpojení od traktoru, případně také pro brzdění naloženého návěsu při jízdě z kopce. Západka páky s ozubeným segmentem umožňuje zajištění páky brzdy v požadované poloze.

1.4 HYDRAULICKÉ ZVEDÁNÍ

Hydraulické zařízení tvoří, dvoučinný přímočarý hydromotor, který je upraven na jednočinný. Je umístěn mezi sklápěcí nastavbou a hlavním nosníku rámu. Poháněn je ručním dvoučinný hydrogenerátorem, který je umístěn na přední části hlavního nosníku rámu podvozku a vysokotlaká hadice, která tyto 2 komponenty spojuje.

Při zvedání je hydraulický olej vtlačěn do hydraulického válce, kde pracovní píst svým vysunutím naklopí sklápěcí nastavbu návěsu. Při současném maximálním zdvihu limitovaném povahou návěsu je pístní tyč vysunuta téměř celá, a tak nejspíš tento hydromotor nebude možné u některých variant úpravy použít. Zároveň není u současného řešení návěsu zapotřebí velké výklopné síly, jelikož moment tíhové síly materiálu, který se nachází na sklápěcí nastavbě za místem osy rotace nám napomáhá při vyklápění.

V praxi se však setkáme také s variantou, kdy byl vytvořen za použití rychlospojek vývod hydrauliky z traktoru a hydromotor je tak poháněn přímo z traktoru. Bohužel, traktorové čerpadlo má malý výkon a tak při plném zatížení nelze sklápěcí nastavba vyklopit stejně jako při tlakování ručním čerpadlem (viz 1.4.1)

1.4.1 HYDROMOTOR ZDVIHU NÁSTVABY

V současnosti je u návěsu použit dvoučinný přímočarý hydromotor, který se však chová jako jednočinný, jelikož je hydraulická hadice zapojena pouze na jednom vstupu hydromotoru, přičemž druhý vstup je zablokován ucpávkou s odvzdušňovacím ventilem, která zabraňuje vniku nečistot do válce a zároveň umožňuje únik stlačeného vzduchu, který tak netvoří odpor (viz. Obr. 9).



Obr. 9 Hydromotor

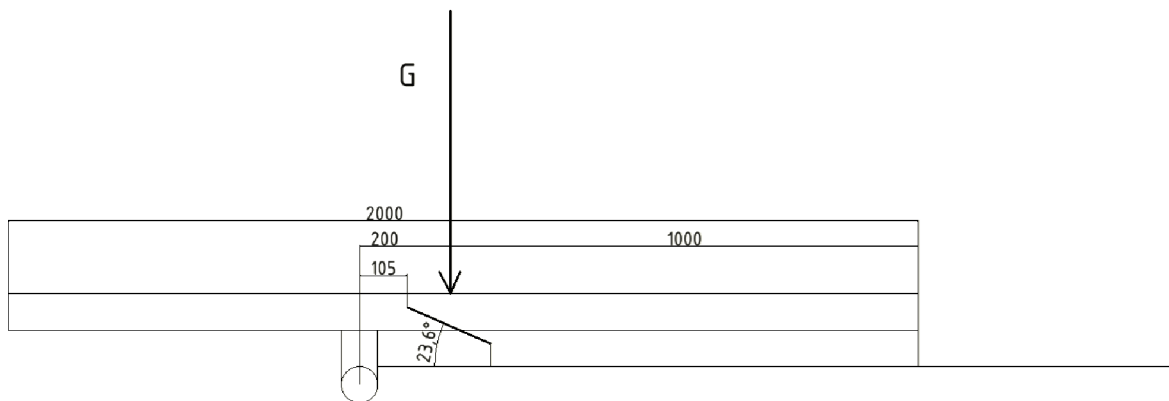
Hydromotor má vnější průměr válce 63 mm, vnitřní průměr válce 55 mm, průměr pístní tyče 32 mm a maximální zdvih pístu 125 mm. Z důvodu malého zdvihu bylo nutno uchycení hydromotoru na sklápěcí nastavbě 105 mm od osy rotace sklápěcí nastavby. Zvedací síla tak působí na krátkém rameni a na překonání tíhového momentu zcela naplněné sklápěcí nastavby je tak zapotřebí velké zvedací síly.

Výhodou použitého hydromotoru je jeho cena a také možnost uchycení pod poměrně vysokým úhlem, který činí 23° díky malé délce hydromotoru v základní poloze. Díky vysokému úhlu dokáže hydromotor využít větší podíl osově síly na zvedací sílu a menší podíl poté připadá na boční sílu.

Maximální síla hydromotoru je dle manuálu 30411 N.

V následujícím kontrolním výpočtu bude zjištěna vhodnost současně použitého hydromotoru.

Výpočet výklopného momentu



Obr. 10 Schéma současného uložení hydromotoru

$$F_{zv} = \frac{M_{zv}}{c_1} \quad (3)$$

$$F_{zv} = \frac{2335000}{105}$$

$$F_{zv} = 22236 \text{ N}$$

$$F_o = \frac{F_{zv}}{\sin \alpha} \quad (4)$$

$$F_o = \frac{22236}{\sin 23^\circ}$$

$$F_o = 56908 \text{ N}$$

Kde:

F_{zv} zvedací síla

F_o osová síla hydromotoru

M_{zv} zvedací moment

$\sin \alpha$ úhel uložení hydromotoru

c_1 Vzdálenost uchycení hydromotoru a místa rotace

Při kontrolním výpočtu vhodnosti současného hydromotoru bylo zjištěno, že hydromotor je již v současné době nevhodný. Potřebná osová síla hydromotoru pro zdvižení zcela naplněné

sklápěcí nástavby činí 56908 N a tak téměř dvojnásobně převyšuje povolenou sílu danou v manuálu.

1.4.2 HYDROGENERÁTOR

V současnosti je hydromotor poháněn dvoučinný ručním hydrogenerátorem (viz Obr. 11), který byl použit především z důvodu absence vývodu hydrauliky na malotraktoru TZ-4K-14, pro který byl návěs určen. Použití tohoto typu tlakování tak byla jediná možná varianta pro možnost vyklápění návěsu bez nutnosti úpravy malotraktoru.

Výhodou zůstává nezávislost vyklápění sklápěcí nástavby na stavu hydraulického systému traktoru a univerzálnost použití pro jiné traktory bez vývodu hydrauliky. Nevýhodou je zdoluhavé a fyzicky namáhavé tlakování pracovníkem. K plnému vyklopení sklápěcí nástavby je dle manuálu zapotřebí 80 zdvihů páky hydrogenerátoru.

Maximální tlak, který dokáže hydrogenerátor dodat je stanoven na 10 MPa.



Obr. 11 Schematické zobrazení ručního hydrogenerátoru [2]

Výpočet potřebného tlaku hydrogenerátoru

$$p_{max} = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_1^2} \quad (5)$$

$$p_{max} = \frac{4 \cdot 56908}{\pi \cdot 55^2}$$

$$p_{max} = 23,9 \text{ MPa}$$

Kde:

p_{\max} tlak válce při vyklápění plně zatíženého návěsu

F_0 osová síla hydromotoru

d_1 vnitřní průměr válce hydromotoru

Došlo k zjištění, že při současném uspořádání je i hydrogenerátor nevhodný, jelikož při plném zatížení sklápěcí nástavby bude zapotřebí tlaku 23,9 MPa pro vyklopení sklápěcí nástavby což je tlak více než dvojnásobný. V praxi se toto tvrzení ukázalo jako pravdivé, protože při větším zatížení lze sklápěcí nástavbu vyklopit buď s obtížemi nebo vůbec.

1.4.3 TAŽNÉ PRUŽINY

Součástí současného systému zvedání návěsu jsou 2 tažné pružiny (viz Obr. 12). Tyto pružiny jsou použity pouze v pozdější variantě NSN-10- 2B a činí jeden z mála rozdílů od NSN-10-B.



Obr. 12 Tažné pružiny

Jelikož použitý hydromotor funguje jako jednočinný, sklápěcí nástavba je vracena zpět pouze svou vlastní vahou. Z toho důvodu byly v místě uchycení hydromotoru přidány 2 tažné pružiny, které přetlačí sklápěcí nástavbu zpět do základní polohy.

Tento systém však není úplně spolehlivý a z důvodu způsobu uložení pružiny někdy nestačí k přetlačení sklápěcí nástavby zpět do výchozí pozice. Děje se tak především pokud se část nákladu nepodaří složit například z důvodu nedostatku místa v místě kontaktu sklápěcí nástavby se zemí (viz. 1.1) nebo pokud se návěs nachází v kopci.

Navíc tyto pružiny tvoří protisílu hydromotoru, který pak potřebuje větší tlak na naklopení návěsu.

1.5 ROZVOD ELEKTRICKÉHO VEDENÍ

Návěs je vybaven zadními světly (viz Obr. 13), která jsou v ocelových obalech navařených z vnější strany bočnic. Jedná se o denní světla, levá a pravá směrovka. Jsou napájeny z traktoru pod napětím 12 V pomocí elektrického kabelu se 7kolíkovou koncovkou



Obr. 13 Světla návěsu [5]

2 NÁVĚSY OBDOBNÉ HMOTNOSTNÍ KATEGORIE

V této kapitole se nachází rozbor jednonápravových návěsů obdobné hmotnostní kategorie. Rozbor se bude zaměřovat především na výklopnost návěsu a způsob vyklápění návěsu, porovnání se způsobem vyklápění u NSN-10-B a případná možnost inspirace u NSN-10-B.

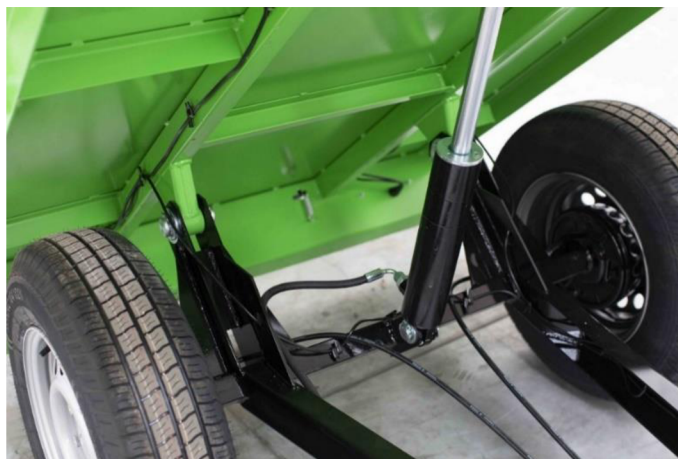
2.1 ANS-1300 NÁVĚS SKLÁPĚCÍ

Návěs sklápěcí ANS-1300 (viz Obr. 14) najde uplatnění zvláště v zemědělství, lesním hospodářství, zahradnictví, zelinářství, stavebnictví a místní dopravě. Používá se především k přepravě sypkého i kusového materiálu. Sklápění sklápěcí nástavby návěsu ANS-1300 je pomocí přímočarého hydromotoru. Sklápěcí nástavba návěsu je se sklopnými kompletně odmontovatelnými bočnicemi. Brzdy mechanické ovládané nájezdovou brzdou se zpětnou automatikou. Návěs ANS-1300 je vhodný pro všechny typy malotraktorů. Schválen pro provoz na pozemních komunikacích[6]. Výklopnost návěsu činí 39°.



Obr. 14 Návěs Šálek ANS-1300 [6]

Koncepce tohoto návěsu je téměř totožná s NSN-10. Rozdíl je při vyklápění, kdy se sklápěcí nástavba neotáčí kolem nápravy, nýbrž kolem čepů umístěných na ramenech nad nápravou (viz. Obr. 15).



Obr. 15 Detail vyklápění návěsu [6]

Vyklápění zajišťuje Přímočarý jednočinný hydromotor poháněný traktorem. Problém NSN-10 zde nenastává, jelikož čepy se jsou dostatečně vzdáleny od země. Navíc je bod osy rotace oproti nápravě posunutý dozadu, takže při vyklápění nedojde ke styku se zemí a je umožněna větší výklopnost návěsu.

2.2 ANS-1900 NÁVĚS TŘÍ STRANĚ SKLÁPĚCÍ

Tento návěs má odlišnou koncepci vyklápění. Na podvozku se nachází rám, který umožňuje vyklápění do třech směrů (viz Obr. 16). sklápěcí nástavba se při vyklápění otáčí okolo kulových čepů, které lze vypínat nebo zapínat v závislosti na požadovaném směru vyklápění. Tyto čepy se nachází na konstrukci rámu návěsu.



Obr. 16 Boční vyklápění návěsu Šálek ANS-1900 [7]

Při směru vyklápění shodném s návěsem NSN-10 (vyklápění dozadu) se vyklápí kolem zadních čepů, které jsou umístěny zcela vzadu a není tak problém dosáhnout vyššího stupně vyklopení a zamezení kontaktu se zemí (viz Obr. 17). Výklopnost návěsu činí 39°.



Obr. 17 Vyklápění návěsu Šálek Ans-1900 [7]

2.3 METALFACH T736A

Zemědělský přívěs Metal-Fach T736A (viz Obr. 18) se vyznačuje přesností zpracování, odolností a spolehlivostí konstrukce, značnou efektivitou a snadnou obsluhou. Nosnost návěsu činí 840kg pro variantu bez brzdění a 1500 kg pro varianty s pneumatickým a hydraulickým brzděním. Rozměry návěsu jsou u všech variant stejné.



Obr. 18 Návěs MatealFach T736 [8]

Sklápěcí nástavba se naklápí kolem zadní části konstrukce, která je protáhnutá část rámu podvozku. Díky tomu se podstatná část nákladu složeného na jedno místo a zamezí se tvorbě nízkých vrstev.

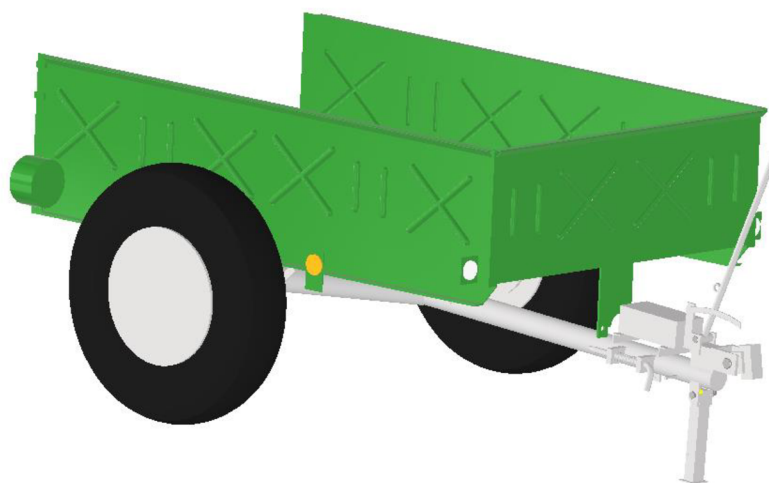
K vyklápění je použit vícestupňový přímočarý hydromotor. Maximální výklopnost návěsu je pouze 35° (viz Obr. 19). Tento úhel je limitován zdvihem pístu hydromotoru. Nevýhodou tohoto typu konstrukce je vysoký tíhový moment vlivem posunutí osy rotace zcela dozadu a s tím spojené vysoké nároky na zvedací sílu.



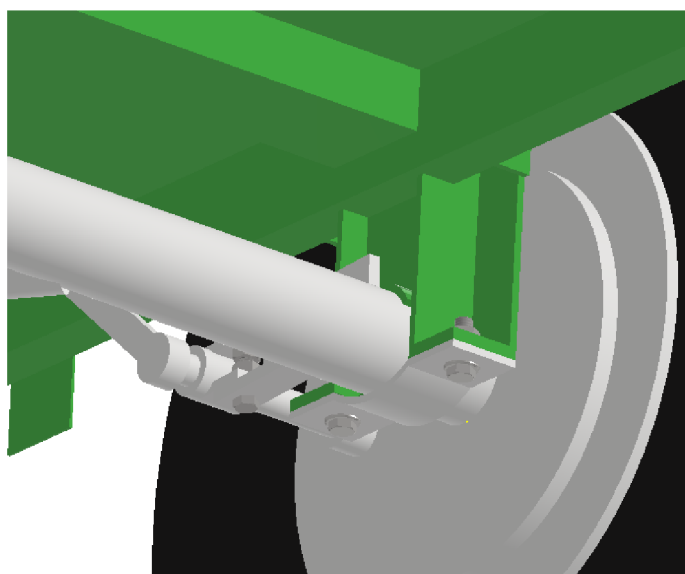
Obr. 19 Vyklápění návěsu MetalFach T736 [8]

3 KONCEPČNÍ NÁVRHY MOŽNÝCH MODIFIKACÍ NÁVĚSU A JEJICH POROVNÁNÍ.

Účelem modifikace návěsu NSN-10-2B (viz Obr. 21) je zejména zefektivnění skládání přepravovaného nákladu. K jeho dosažení je zapotřebí zvětšení úhlu sklopení a zamezení předčasného kontaktu spodní části sklápěcí nástavby se zemí také z důvodu otáčení kolem nápravy (viz Obr. 20). Sledovanými parametry modifikace jsou změna hmotnosti a s tím spojená i změna nosnosti, jednoduchost úpravy, změna těžiště, změna zatížení oje a cena materiálu potřebného pro provedení úpravy.



Obr. 21 Model současného návěsu



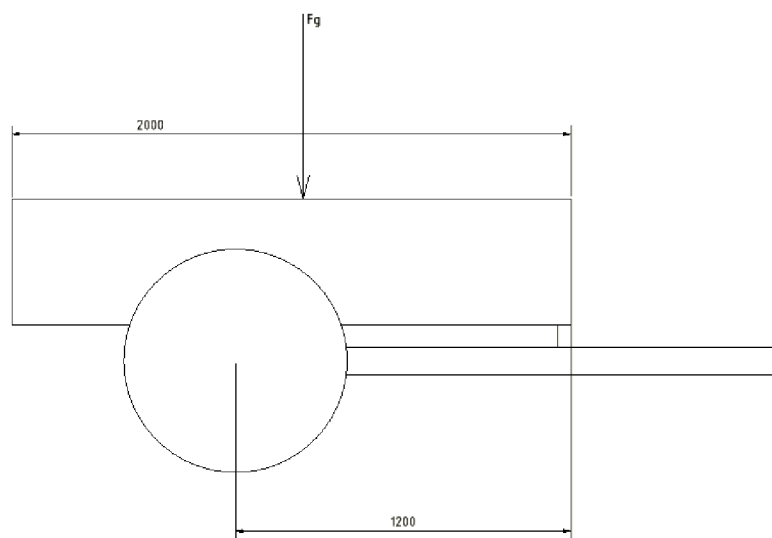
Obr. 20 Detail současného způsobu vyklápění

3.1 SOUČASNÉ PROVEDENÍ

Pro možnost srovnání vhodnosti jednotlivých koncepčních návrhů je nutné nejdříve znát současné zatížení návěsu.

Pro veškeré výpočty bude uvažováno maximální rovnoměrně rozložené zatížení návěsu ve výši 1000 kg, dále vlastní hmotnost sklápěcí nástavby ve výši 190 kg při výpočtu zatížení v místech kontaktu sklápěcí nástavby s podvozkem, respektive vlastní hmotnost celého návěsu ve výši 360 kg při výpočtu zatížení na oji.

Pro zjednodušení výpočtu je při výpočtech použita síla F_g , působící v těžišti sklápěcí nástavby návěsu a jež je aproximací celkové hmotnosti návěsu a převáženého nákladu (viz Obr. 22).



Obr. 22 Schéma současného silového zatížení

Určení zatěžující síly:

$$F_g = (m_k + m_n) \cdot g \quad (6)$$

$$F_g = (1000 + 190) \cdot 9,81$$

$$F_g = 11673 \text{ N}$$

Kde:

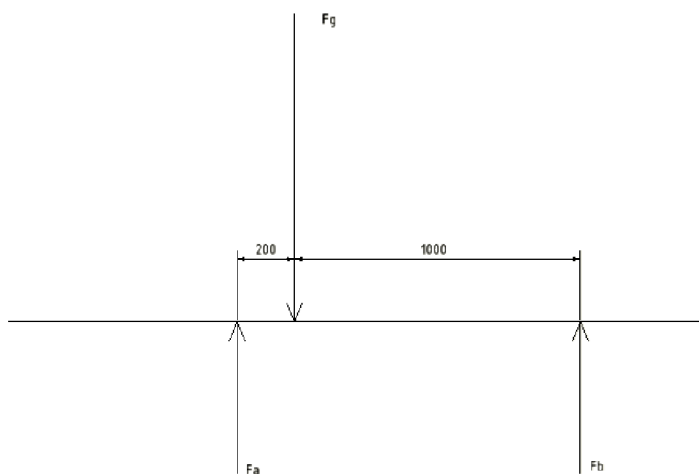
F_g tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby

m_k hmotnost sklápěcí nástavby

m_n hmotnost nákladu

V následujícím obrázku (viz Obr. 23) je sklápěcí nástavba uvolněna. Ze zjištěné tíhové síly je následně zjištěno zatížení F_a a F_b v místě styku sklápěcí nástavby s podvozkem návěsu A a B.

Výpočet reakcí v místech styku A a B:



Obr. 23 Schéma sil současného způsobu vyklápění

$$\Sigma M_A = 0 \quad (7)$$

$$F_B \cdot (a + b) - F_g \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{F_g \cdot a}{(a + b)}$$

$$F_B = \frac{11673 \cdot 200}{200 + 1000}$$

$$F_B = 1945 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (8)$$

$$F_A + F_B - F_g = 0$$

$$F_A = F_g - F_B$$

$$F_A = 11673 - 1945$$

$$F_A = 9728 \text{ N}$$

Kde:

ΣM_A součet momentů k bodu A

ΣF_y součet sil ve svislé ose

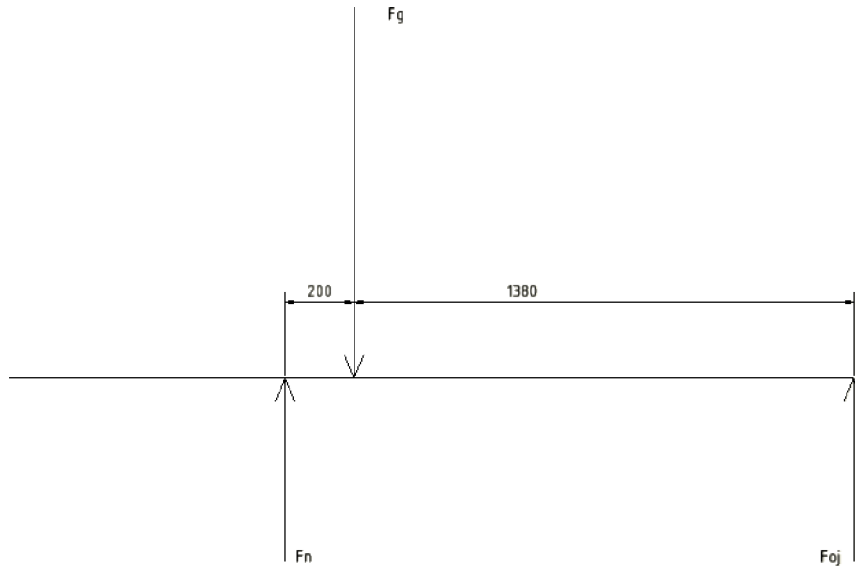
F_A reakční síla v bodě A

F_B reakční síla v bodě B

a vzdálenost těžiště od bodu A

b vzdálenost těžiště od bodu B

Zatížení oje:



Obr. 24 Schéma zatížení oje

$$\Sigma M_A = 0 \quad (9)$$

$$F_{oj} \cdot (c + d) - F_g \cdot c = 0$$

$$F_{oj} = \frac{F_{g1} \cdot c}{c + d}$$

$$F_{oj} = \frac{11673 \cdot 200}{1380 + 200}$$

$$F_{oj} = 1477 \text{ N}$$

Kde:

F_{oj} síla v oji

F_{g1} tíhová síla plně naloženého návěsu

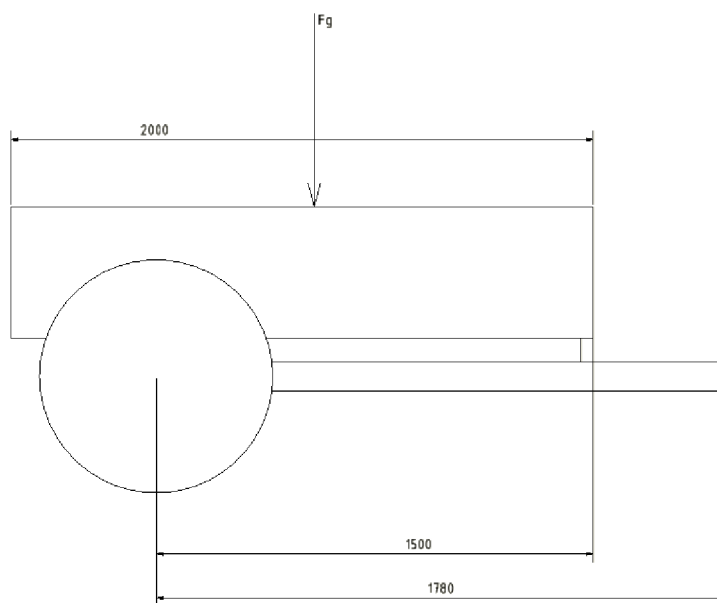
c vzdálenost těžiště od nápravy

d vzdálenost těžiště od osy oje

3.2 POSUNUTÍ SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBY DOPŘEDU

Maximum posunutí – o 300 mm, při demontáži čerpadla, 40 mm bez demontáže

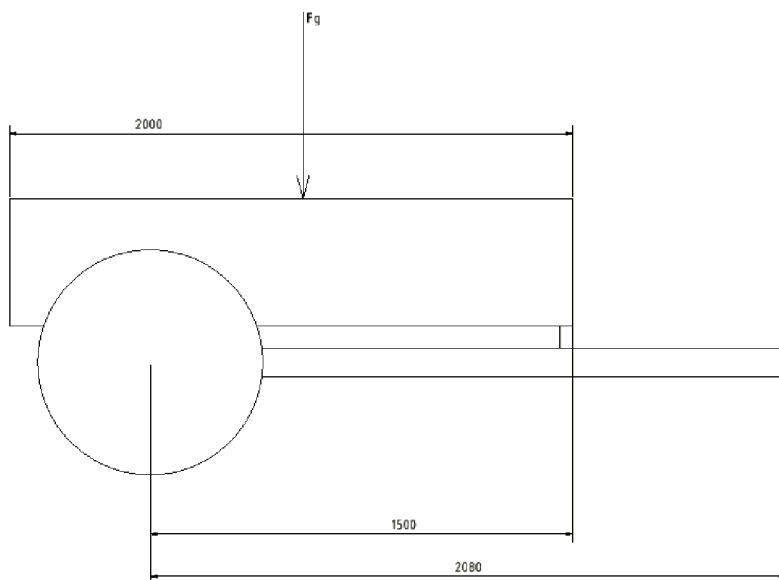
Prvním koncepčním návrhem je posunutí sklápěcí nástavby více dopředu. Pro dosažení požadovaného úhlu 45° , je potřeba posunutí minimálně o 220 mm (viz Obr. 25). U tohoto řešení by nebylo zapotřebí téměř žádného konstrukčního materiálu a není příliš náročné. Současná uchycení sklápěcí nástavby k nápravě budou navařena na nová místa.



Obr. 25 Schéma silového zatížení po posunutí sklápěcí nástavby

Pro posunutí se v přední části nenachází dostatek prostoru. V případě pohánění hydromotoru traktorovým čerpadlem lze odstranit současné ruční čerpadlo, čímž by se uvolnilo až 300 mm místa což je pro požadované posunutí dostatečné.

Vlivem posunutí sklápěcí nastavby dopředu by se sklápěcí nastavba nacházela v přílišné blízkosti traktoru, čímž by se značně zhoršila jeho manévrovatelnost a při prudkém zatačení by hrozila kolize sklápěcí nastavby a zadní části traktoru, především pak světel. Z toho důvodu by musel být prodloužen i hlavní nosník rámu minimálně o délku posunutí sklápěcí nastavby, tedy 220 mm (viz Obr. 26).



Obr. 26 Schéma silového zatížení po prodloužení hlavního nosníku

Díky prodloužení hlavního nosníku podvozku vznikne dostatek místa pro opětovné namontování a použití stávajícího ručního čerpadla. Prodloužením nosníku by se mírně snížila síla na oj, ovšem stále by výrazně převyšovala původní zatížení návěsu.

Prodloužením a posunutím sklápěcí nastavby by došlo ke zvýšení délky celého návěsu a ke změně umístění těžiště, což by stále znamenalo zhoršení manévrovatelnosti a jízdních vlastností.

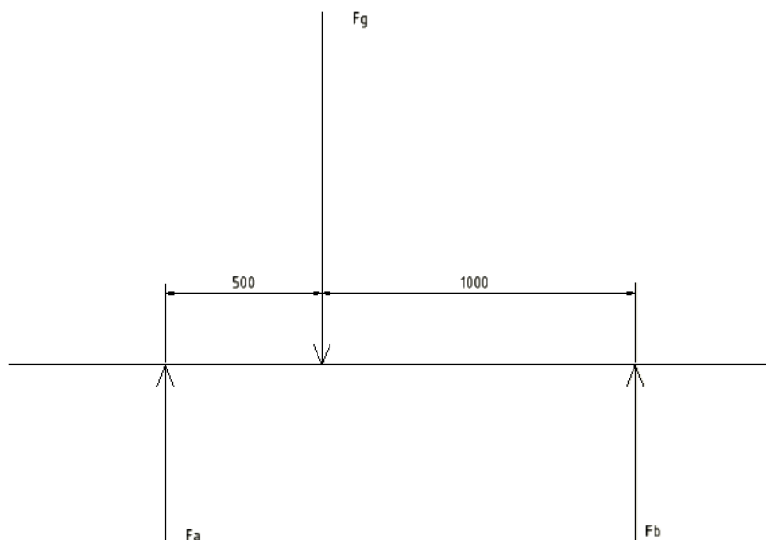
Nosník by byl prodloužen přivařením tyče trubkového profilu o stejných rozměrech, jako má současný nosník. Z toho důvodu by v oblasti svaru došlo ke zhoršení pevnostních charakteristik.

Umístění hydromotoru musí být změněno, zároveň nemůže být současný hydromotor použit pro příliš krátký zdvih, který by pro vyklopení 45° nebyl dostatečný. Na nový hydromotor musí být navařena nová uchycení.

Stávající hydraulická hadice není dostatečně dlouhá, z toho důvodu bude muset být pořízena hadice nová.

Hmotnost bude vlivem výměny hydromotoru a hydraulické hadice, prodloužení hlavního nosníku a vytvoření nových úchytů zvýšena přibližně o 15 kg. Při trvalém odstranění hydraulického čerpadla bude zvýšena přibližně o 5 kg. Z důvodu malé hmotnosti přídatné konstrukce je v předběžných výpočtech tato hmotnost zanedbána.

Z důvodu posunutí sklápěcí nastavby by se změnilo umístění těžiště vůči podvozku, což by vedlo ke změně rozložení sil v místech A a B a také ke zvýšení zatížení oje.

Reakční síly ve vazbách A a B:

Obr. 27 Schéma sil sklápěcí nástavby

$$\Sigma M_A = 0 \quad (10)$$

$$F_B \cdot (a + b) - F_g \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{F_g \cdot a}{(a + b)}$$

$$F_B = \frac{11673 \cdot 500}{500 + 1000}$$

$$F_B = 3891 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (11)$$

$$F_A + F_B - F_g = 0$$

$$F_A = F_g - F_B$$

$$F_A = 11673 - 3891$$

$$F_A = 7782 \text{ N}$$

Kde:

ΣM_A součet momentů k bodu A

ΣF_y součet sil ve svislé ose

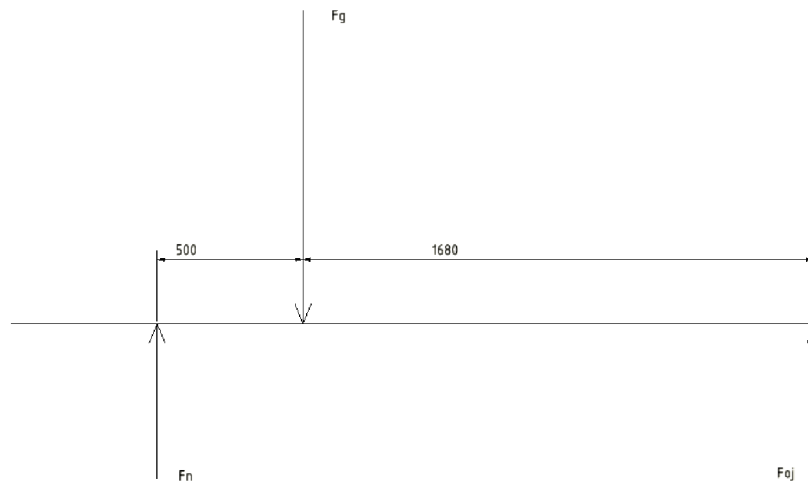
F_A reakční síla v bodě A

F_B reakční síla v bodě B

a vzdálenost těžiště od bodu A

b vzdálenost těžiště od bodu B

Změna zatížení oje



Obr. 28 Schéma sil zatížení oje

$$\Sigma M_A = 0 \quad (12)$$

$$F_{oj} \cdot (c + d) - F_{g1} \cdot c = 0$$

$$F_{oj} = \frac{F_{g1} \cdot c}{d}$$

$$F_{oj} = \frac{11673 \cdot 500}{1880}$$

$$F_{oj} = 3104 \text{ N}$$

Kde:

F_g tíhová síla plně naloženého návěsu

F_{oj} síla v oji

c vzdálenost těžiště od nápravy

d vzdálenost těžiště od osy oje

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžných odhad ceny materiálu (viz Tab. 2)

Tab. 2 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

Položka	Cena [Kč]
Elektrody	200
Hydromotor	5000
Hadice	1000
Nové uchycení hydromotoru	800
Materiál na prodloužení hlavního nosníku	150
Celková cena	7150

3.3 ZVEDNUTÍ SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBY

Dalším koncepčním návrhem je zvednutí celé sklápěcí nástavby. Bylo by použito současných úchytů sklápěcí nástavby, avšak byly by prodlouženy části úchytů profilu U v místě A a plechem v místě B, sklápěcí nástavba by se tak otáčela stále kolem osy nápravy. Případně by v místě A mohlo být použito nových úchytů s čepy na sklápěcí nástavbě, dle konstrukce návěsu ANS-1300. Díky tomu by se sklápěcí nástavba otáčela nad nápravou kolem spodní části sklápěcí nástavby a dosáhlo by se tak většího výklopného úhlu při nižším zvednutí sklápěcí nástavby.

Díky zvednutí sklápěcí nástavby by mohl být hydromotor umístěn pod vyšším úhlem, čímž by byla omezena velikost boční síly. Pro zvednutí by tak bylo zapotřebí menší osová síla hydromotoru. Z předběžného návrhu nelze jednoznačně určit, zda by bylo použití současného hydromotoru vhodné, vzhledem k tomu, že je v současném provedení výrazně nevyhovující, předpokládá se, že bude muset být nahrazen.

Musely by být zhotoveny nové úchyty hydromotoru, současná hydraulická hadice bude nejspíše vyhovující.

Bylo nalezeno provedení této varianty (viz Obr. 29), zhotovitel však kromě zvýšení sklápěcí nástavby také zúžil rozchod kol.



Obr. 29 Zvednutí sklápěcí nástavby provedeno v praxi [9]

Jelikož vzdálenosti, a i b zůstávají stejné, výpočet reakcí i zatížení oje jsou shodné jako u původní konstrukce návěsu v kapitole 3.1

Hmotnost bude vlivem výměny hydromotoru, vytvoření nových úchytů hydromotoru a sklápěcí nástavby zvýšena přibližně o 10 kg. Z důvodu malé hmotnosti přídavné konstrukce je v předběžných výpočtech tato hmotnost zanedbána.

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžný odhad ceny materiálu (viz Tab. 3)

Tab. 3 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

Položka	Cena [Kč]
Elektrody	100,-
Materiál na zvednutí na kolech	500,-
Plech na zvednutí u čela	100,-
Úchyty hydromotoru	300,-
Hydromotor	5000,-
Celková cena při využití současného hydromotoru	1000,-
Celková cena při pořízení nového hydromotoru	6000,-

3.4 VYTVOŘENÍ RÁMU POD SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBOU

Řešení dle konstrukce návěsu ANS-1900 by spočívalo ve vytvoření rámu na nápravě pod sklápěcí nástavbou, podél které by se následně sklápěcí nástavba otáčela. Bohužel sklápěcí nástavba není na tuto variantu modifikace příliš uzpůsobena.

Při této variantě by byl zapotřebí nový hydromotor a nejspíš i delší hadice. Dále by byli zapotřebí profily a elektrody na svařenec rámu. Vytvoření takového rámu by bylo velmi nákladné, časově náročné a bylo by obtížné správně připevnit rám k podvozku kruhového tvaru. Taková konstrukce by značně ovlivnila hmotnost návěsu a tím spíš jeho maximální nosnost. Na druhou stranu by nepřinesla příliš mnoho benefitů, kromě možnosti modifikace na třístranného sklápění. Z těchto důvodů se tato varianta nejvíce příliš vhodně.

Pro předběžný výpočet hmotnosti byl zvolen rám zhotoven z dutých tyčí čtvercového průřezu o délce strany 60 mm a síle stěny 5 mm. Budou použity 2 podélné nosníky v délce nosníku 2000 mm a 4 příčné nosníky o délce nosníku 1260 mm. Ze stránek výrobce byla zjištěna tíha tyčí 7,89 kg/m.

Výpočet hmotnosti rámu:

$$m = l \cdot M \quad (13)$$

$$m_r = (l_1 \cdot n_1 + l_2 \cdot n_2) \cdot M$$

$$m_r = (2 \cdot 2 + 1,26 \cdot 4) \cdot 7,89$$

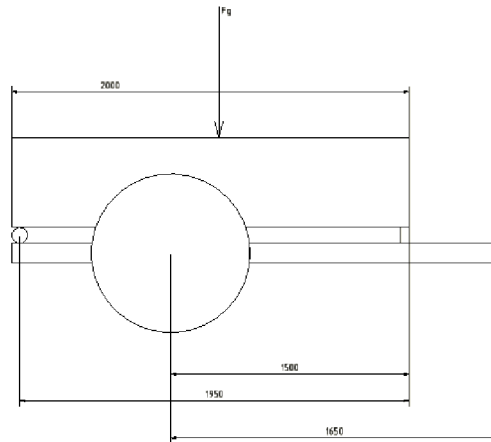
$$m = 71,3 \text{ kg}$$

Kde:

- m_r hmotnost konstrukce rámu
- l celková délka
- l_1 délka podélného profilu
- l_2 délka příčného profilu
- n_1 počet podélných profilů
- n_2 počet příčných profilů
- M hmotnost délkové jednotky metru

Nachází se zde hrozba vysokého ohybového napětí nové konstrukce a nutnosti zhotovení přídatné konstrukce.

Z důvodu vytvoření rámu nebude místo uchycení A nad osou nápravy nýbrž na konci rámu. Z toho důvodu se budou reakční síly oproti původní konstrukci návěsu v místech A i B lišit. Nosnost návěsu a tím i hmotnost a tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby bude snížena o hmotnost rámu, tedy o 71 kg.

Výpočet zatěžovací síly:


Obr. 30 Schéma silového zatížení

$$F_{g2} = (m_k + m_n - m_r) \cdot g \quad (14)$$

$$F_{g2} = (1000 + 190 - 71) \cdot 9,81$$

$$F_{g2} = 10980 \text{ N}$$

Kde:

 F_{g2} tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby s rámem

 m_k hmotnost sklápěcí nástavby

 m_n hmotnost nákladu

 m_r hmotnost konstrukce rámu

Výpočet reakcí v místech styku A a B:

$$\Sigma M_A = 0 \quad (14)$$

$$F_B \cdot (a + b) - F_{g2} \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{F_{g2} \cdot a}{(a + b)}$$

$$F_B = \frac{10980 \cdot 1000}{1000 + 1000}$$

$$F_B = 5490 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad (15)$$

$$F_A + F_B - F_g = 0$$

$$F_A = F_{g2} - F_B$$

$$F_A = 10980 - 5490$$

$$F_A = 5490 \text{ N}$$

Kde:

ΣM_A součet momentů k bodu A

ΣF_y součet sil ve svislé ose

F_{g2} tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby s rámem

F_A reakční síla v bodě A

F_B reakční síla v bodě B

a vzdálenost těžiště od bodu A

b vzdálenost těžiště od bodu B

Zvýšená hmotnost je kompenzována sníženou nosností návěsu, vnější charakteristika návěsu tedy zůstává stejná. Z těchto důvodů je zatížení oje stejné jako u původního provedení návěsu.

Celkově bude vlivem vytvoření konstrukce rámu, výměny hydromotoru a použitím nových úchytů hydromotoru a sklápěcí nástavby zvýšena hmotnost o přibližně 80 kg.

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžný odhad ceny materiálu (viz Tab. 4)

Tab. 4 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

Položka	Cena [Kč]
Elektrody	600
Materiál na rám	2500
Hydromotor	5000
Hydraulická hadice	1000
Úchyty hydromotoru a spojovací materiál	500
Celková cena	12100

3.5 POSUN OTOČNÉHO BODU NA KONEC SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBY

Toto řešení obdobné jako u konstrukce návěsu MetalFach T736. Ze zadní strany nápravy by byla navažena část konstrukce, kolem které by se sklápěcí nástavba otáčela. Bylo nalezeno provedení této varianty modifikace (viz Obr. 31).



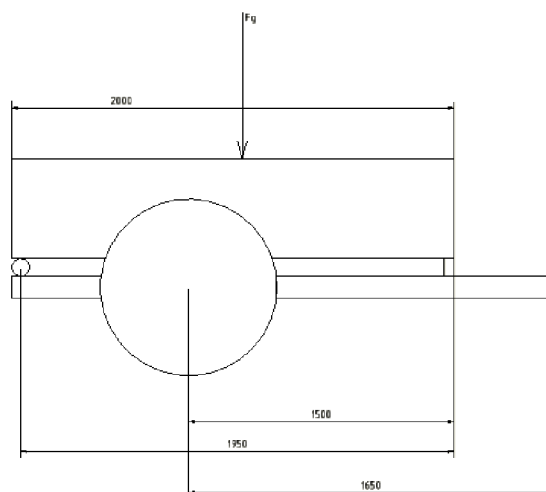
Obr. 31 Posun otočného bodu na konec korby proveden v praxi [10]

Pokud bude bod osy rotace umístěn zcela dozadu, výrazně se tím zvýší požadavky na zvedací sílu. Z toho důvodu bude nutná výměna stávajícího hydromotoru.

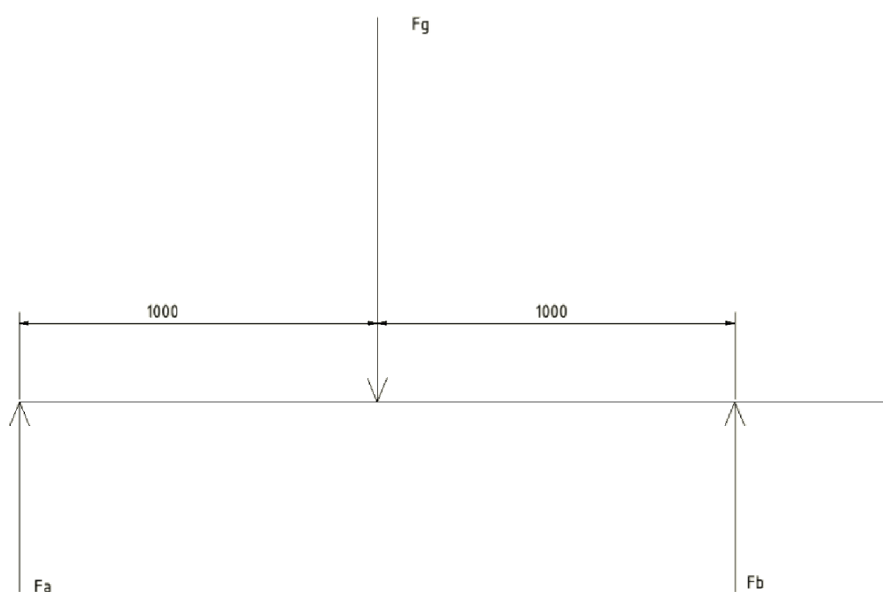
Vnější charakteristika návěsu nebude změněna a zatížení oje zůstane stejná.

Nachází se zde nachází hrozba vysokého ohybového napětí nové konstrukce a nutnosti zhotovení přídavné konstrukce.

Výpočet reakcí v místech styku A a B:



Obr. 33 Schéma silového zatížení při použití rámu



Obr. 32 Silové uvolnění při použití rámu

$$\Sigma M_A = 0 \quad (16)$$

$$F_B \cdot (a + b) - F_g \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{F_g \cdot a}{(a + b)}$$

$$F_B = \frac{11673 \cdot 1000}{1000 + 1000}$$

$$F_B = 5836 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \tag{16}$$

$$F_A + F_B - F_g = 0$$

$$F_A = F_g - F_B$$

$$F_A = 11673 - 5836$$

$$F_A = 5836 \text{ N}$$

Kde:

ΣM_A součet momentů k bodu A

ΣF_y součet sil ve svislé ose

F_A reakční síla v bodě A

F_B reakční síla v bodě B

a vzdálenost těžiště od bodu A

b vzdálenost těžiště od bodu B

Hmotnost bude vlivem výměny hydromotoru, vytvoření nové konstrukce a vytvoření nových úchytů zvýšena přibližně o 25 kg. Z důvodu nízké hmotnosti přídatné konstrukce je v předběžných výpočtech tato hmotnost zanedbána.

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžných odhad ceny materiálu (viz Tab. 5)

Tab. 5 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

Položka	Cena [Kč]
Přídavná konstrukce	600
Hydromotor	5000
Úchyty	400
Elektrody	100
Celková cena	6100

3.6 ZMĚNA UMÍSTĚNÍ OTOČNÉHO BODU

Tato varianta by spočívala ve změně osy otočného bodu. Sklápěcí nástavba by se neotáčela kolem nápravy, nýbrž kolem bodu sklápěcí nástavby, tudíž o 70 mm výše. Samotná změna umístění bodu rotace nahoru by nestačila, z toho důvodu se nabízejí dvě varianty na zvýšení výklopnosti návěsu.

3.6.1 POSUN SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBY DOPŘEDU

sklápěcí nástavba by se posunula více dopředu. Tím by bylo dosaženo větší výklopnosti, ovšem platí zde stejné charakteristiky jako ve kapitole 3.2 Posunutí sklápěcí nástavby do předu, tudíž by se dala posunout pouze o 40 mm, případně při odstranění ručního čerpadla o 300 mm, přičemž by se nám zhoršila manévrovatelnost a změnilo by se nám zatížení oje.

Výhodou by byla možnost použití stávajících úchyťů sklápěcí nástavby, který by byli přivařeny na jiné místa.

Hmotnost bude vlivem výměny hydromotoru, vytvoření nové konstrukce a vytvoření nových úchyťů zvýšena přibližně o 20 kg. Z důvodu malé hmotnosti přídavné konstrukce je v předběžných výpočtech tato hmotnost zanedbána.

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžný odhad ceny materiálu (viz Tab. 6)

Tab. 6 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

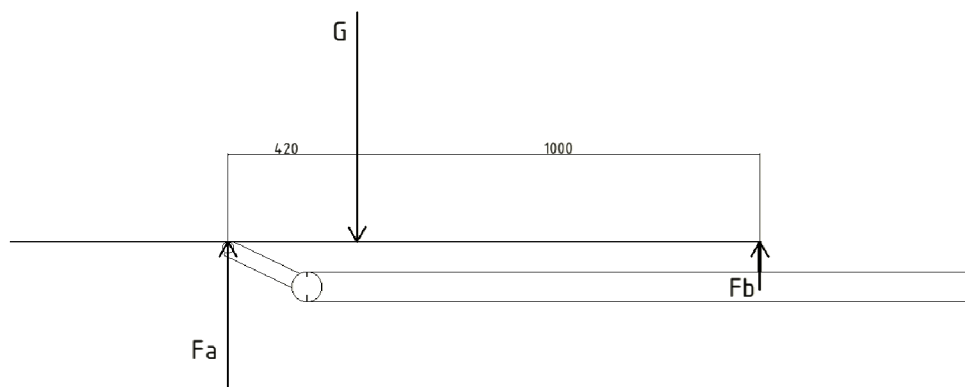
Položka	Cena [Kč]
Elektrody	200
Hydromotor	5000
Hydraulická hadice	1000
Nové uchycení hydromotoru	800
Úchyty	200
Materiál na prodloužení hlavního nosníku	150
Celková cena	7350

3.6.2 POSUN OTOČNÉHO BODU DOZADU

Při této variantě by byl více dozadu posunut pouze nově umístěný otočný bod umístěný na sklápěcí nástavbě. Nenacházel by se přímo nad nápravou, ale více vzadu. Tím by se dosáhlo vyšší možnosti vyklápění. Zároveň by vnější charakteristiky návěsu zůstaly téměř nezměněné a namáhání oje by zůstalo stejné jako u původní konstrukce návěsu.

Vlivem posunutí uchycení sklápěcí nástavby v místě A se změní reakční

Výpočet reakčních sil v místech A a B



Obr. 34 Schéma sil při změně bodu otace sklápěcí nástavby

$$\Sigma M_A = 0 \quad (17)$$

$$F_B \cdot (a + b) - F_g \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{F_g \cdot a}{(a + b)}$$

$$F_B = \frac{11673 \cdot 420}{420 + 1000}$$

$$F_B = 3452 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \tag{18}$$

$$F_A + F_B - F_g = 0$$

$$F_A = F_g - F_B$$

$$F_A = 11673 - 3452$$

$$F_A = 8221 \text{ N}$$

Kde:

ΣM_A součet momentů k bodu A

ΣF_y součet sil ve svislé ose

F_A reakční síla v bodě A

F_B reakční síla v bodě B

a vzdálenost těžiště od bodu A

b vzdálenost těžiště od bodu B

Hmotnost bude vlivem výměny hydromotoru, vytvoření nové konstrukce a vytvoření nových úchytů zvýšena přibližně o 25 kg. Z důvodu malé hmotnosti přídatné konstrukce je v předběžných výpočtech tato hmotnost zanedbána.

Na základě použitého materiálu byl vytvořen předběžných odhad ceny materiálu (viz tab. 7)

Tab. 7 Odhad ceny provedení ke květnu 2024

Položka	Cena [Kč]
Přídavná konstrukce	200
Hydromotor	5000
Úchyty	300
Elektrody	200
Celková cena	5700

4 VÝBĚR VHODNÉHO KONCEPČNÍHO NÁVRHU

V následující tabulce (viz Tab. 7) budou srovnány parametry jednotlivých konstrukčních návrhů, na jejichž základě bude následně zvolena nejvhodnější varianta.

Tab. 7 Srovnání jednotlivých koncepčních návrhů

Varianta	Významná změna zatížení oje	Významná změna těžiště návěsu	Nárůst hmotnosti [kg]	Jednoduchost proveditelnosti	Cena [Kč ke květnu 2024]
3.2 Posunutí sklápěcí nástavby dopředu	Ano	Ano	15	Ano	7150
3.3 Zvednutí sklápěcí nástavby	Ne	Ano	10	Ano	6000
3.4 Vytvoření rámu pod sklápěcí nástavbou	Ne	Ne	80	Ne	12100
3.5 Posun otočného bodu sklápěcí nástavby	Ne	Ne	25	Ano	6100
3.6.1 Změna umístění otočného bodu s posunem sklápěcí nástavby dopředu	Ano	Ano	15	Ano	7350
3.6.2 Změna umístění otočného bodu s posunem otočného bodu dozadu	Ne	Ne	25	Ano	5700

U varianty v kapitole 3.2 Posunutí sklápěcí nástavby dopředu je výhodná především jednoduchost provedení, ovšem především pro zvýšení zatížení oje se nejeví jako vhodné řešení

Varianta v kapitole 3.3 Zvednutí sklápěcí nástavby se jeví jako vhodná, výhodou je jednoduchost provedení, stejné zatížení oje jako u původní konstrukce návěsu a také příznivá cena provedení. Nevýhodou zůstává posunutí těžiště návěsu směrem nahoru, čímž by se snížila stabilita návěsu.

Varianta v kapitole 3.4 Vytvoření rámu pod sklápěcí nástavbou není vhodné pro přílišné zvýšení hmotnosti návěsu a s ním spojené snížení nosnosti, vysoké ceny a složitosti provedení.

Varianta v kapitole 3.5 Posun otočného bodu sklápěcí nástavby. Posun otočného bodu sklápěcí nástavby je vhodné pro svou cenu, jednoduchost provedení a nezměnění těžiště ani zatížení oje oproti původní konstrukci návěsu. Nevýhodou návěsu zůstávají vysoké nároky na zvedací síly a vysoké ohybové napětí ramen.

Varianta v kapitole 3.6.1 podobně jako varianta 3.2 Posunutí sklápěcí nástavby dopředu není zcela vhodná především pro vysoké navýšení namáhání oje.

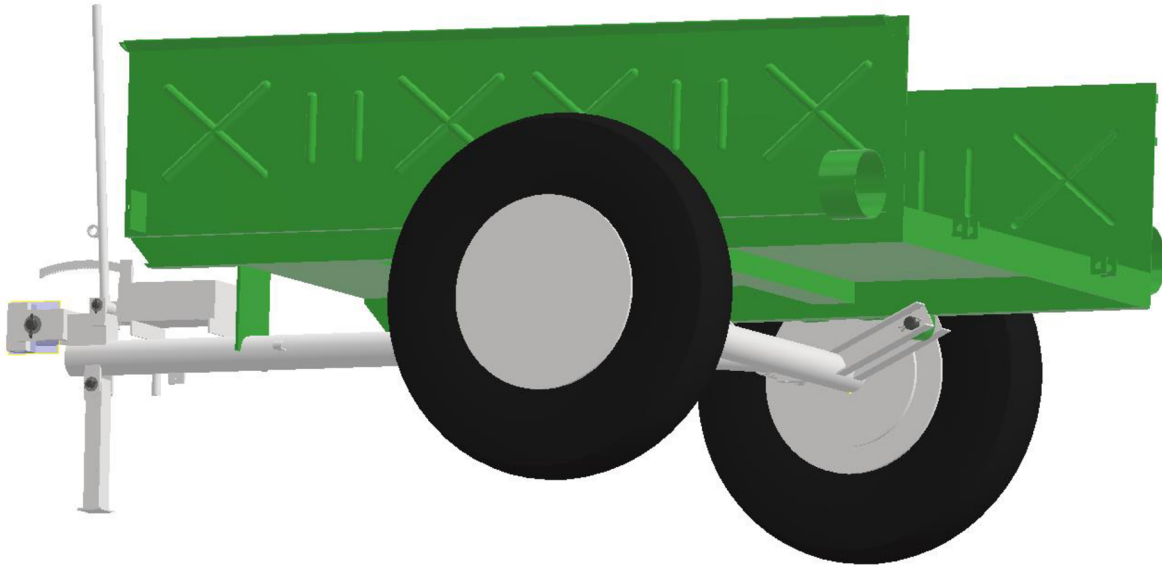
Varianta v kapitole 3.6.2 se jeví jako vhodná pro nezměněné napětí v oji a nezměnění těžiště oproti původní konstrukci, zároveň se zde jedná o jednoduchost provedení a příznivou cenu.

Po zvážení všech možností bylo rozhodnuto, že nejvhodnější řešení jsou řešení kapitoly 3.3 Zvednutí sklápěcí nástavby a kapitoly 3.6.2 Změna umístění otočného bodu s posunem otočného bodu dozadu.

Zvoleno bylo řešení kapitoly 3.6.2 Změna umístění otočného bodu s posunem otočného bodu dozadu, jelikož při tomto řešení se nezmění způsob zatížení nápravy a oje a nezmění se ani těžiště návěsu. Změna bude proveditelná pomocí dílenského vybavení. Cenová náročnost není příliš vysoká. Příbytek hmotnosti a s ním spojené snížení nosnosti rovněž jsou rovněž nízké.

5 UPŘESNĚNÍ VÝSLEDNÉ MODIFIKACE KONSTRUKCE NÁVĚSU

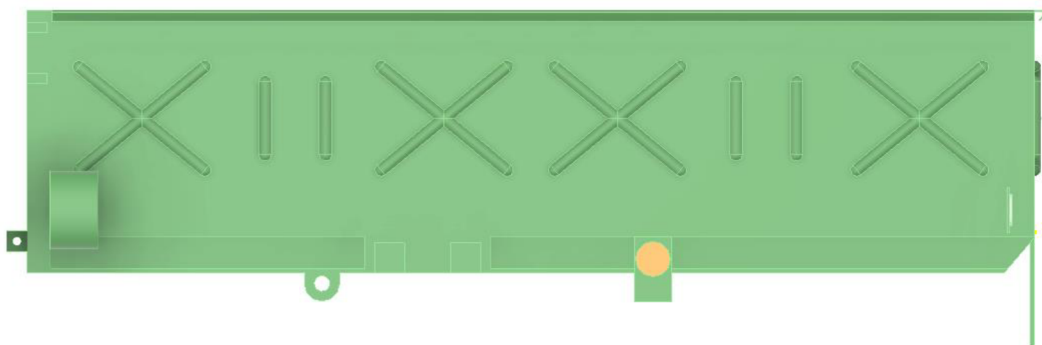
Modifikace bude spočívat v odstranění stávajícího rotačního uchycení sklápěcí nástavby na nápravě, které bude nahrazeno pevným uchycením svařeným spojem. Na spodní straně sklápěcí nástavby bude současné pevné uchycení sklápěcí nástavby nahrazeno rotačním uchycením pomocí čepu (viz Obr. 35). Umístění uložení čepů nebude přímo nad nápravou, nýbrž posunuto o 220 mm, aby bylo dosaženo podmínky výklonosti 45°.



Obr. 35 Model modifikovaného návěsu

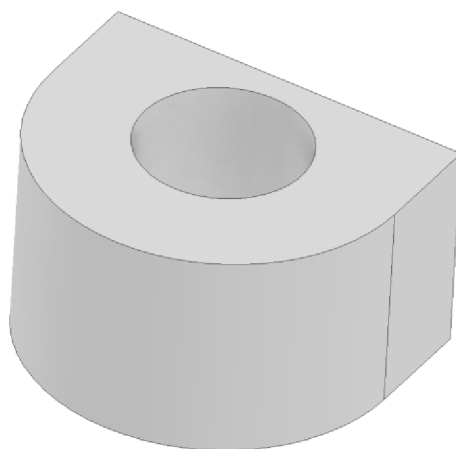
5.1 SKLÁPĚCÍ NÁSTAVBA

U sklápěcí nástavby dojde k odstranění současného způsobu uchycení k nápravě. Na spodní část sklápěcí nástavby budou navařena oka na uchycení čepu, kterým bude sklápěcí nástavba spojena s nápravou (viz Obr. 36). Osa těchto ok bude umístěna ve vzdálenosti 585 mm od konce sklápěcí nástavby.



Obr. 36 modifikovaná sklápěcí nástavba

V těchto úchytech budou vyvrtány díry o průměru 32 mm, vzdálenost osy díry od zarovnané plochy úchyty 21,5 mm (viz Obr. 37).



Obr. 37 Nové úchyty sklápěcí nástavby

Dále budou na sklápěcí nástavbě navařeny nové úchyty na vyklápění hydromotorem (viz 5.2).

Vlivem posunu bodu rotace bude změněn zvedací moment.

Výpočet zvedacího momentu

$$M_{zv} = F_g \cdot c \quad (19)$$

$$M_{zv} = 11673 \cdot 420$$

$$M_{zv} = 4903 \text{ Nm}$$

Kde:

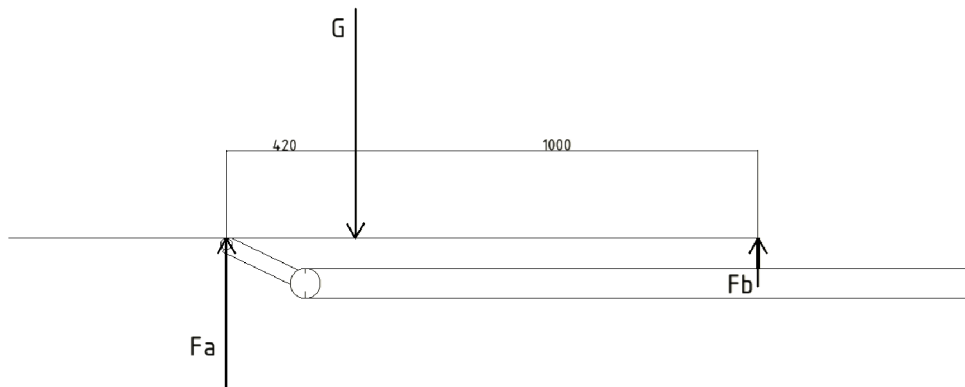
M_{zv} Zvedací moment plně naložené sklápěcí nástavby

F_g Tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby

c Vzdálenost težiště od bodu rotace

Vlivem změny polohy styčných bodů sklápěcí nástavby se změní jejich namáhání. Přední podpěra B bude namáhána více, přičemž zadní uchycení sklápěcí nástavby bude namáháno méně, než v původní konstrukci návěsu (viz Obr. 38)

Z důvodu změny reakční síly F_B , bude změněno namáhání plechu v místě podpory B, jeho vhodnost je proto nutno ověřit.

Výpočet namáhání na tlak v místě podpory B


Obr. 38 Schéma po posunutí robodu rotace

$$p_1 = \frac{F_B}{S_1} \quad (20)$$

$$p_1 = \frac{F_B}{D_1 \cdot t}$$

$$p_1 = \frac{2901}{80 \cdot 8}$$

$$p_1 = 4,5 \text{ MPa}$$

Kde:

p_1 Tlak v místě podpory B

S_1 Styčná plocha v místě B

D_1 Průměr hlavního nosníku

F_B Reakční síla v místě B

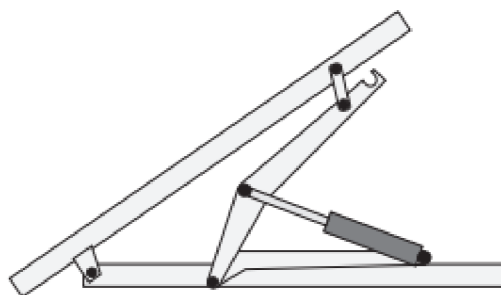
t Tloušťka plechu v místě

Vnější charakteristika celého návěsu zůstane nezměněna, a tak bude zatížení oje stejně jako u původního návěsu.

5.2 HYDROMOTOR

Umístění hydromotoru bude změněno na obou stranách. Vlivem změny rotačního bodu budou zvýšeny nároky na zvedací sílu. Požadavek na zvedací sílu je, aby byla co nejmenší, zároveň je zapotřebí, aby byla osová síla hydromotoru pod co největším úhlem pro její větší využitelnost, a to z důvodu tlakování ručním čerpadlem, respektive čerpadlem přímo z traktoru, které není příliš výkonné.

Dalším změněným aspektem bude velikost ramena síly pro vyklopení sklápěcí nástavby, vlivem vyšší výklopnosti sklápěcí nástavby a změny bodu otáčení. Jeden z návrhů řešení je použití třibodového mechanismu (viz Obr. 39). Bohužel, při jeho použití bude hydromotor uložen pod příliš nízkým úhlem, tudíž by pro zvednutí bylo zapotřebí násobně větší síly a rovněž by byla zvýšena boční síla. Z toho důvodu nebude třibodový mechanismus použit.



Obr. 39 Schéma třibodového mechanismu

Při nízkém zdvihu hydromotoru bude hydromotor umístěn blízko bodu rotace, nároky na zvedací sílu tak budou vysoké.

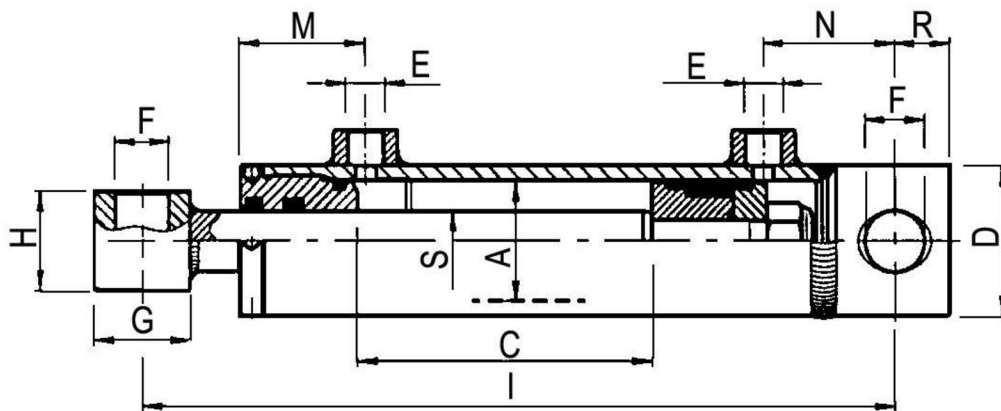
Při vysokém zdvihu, bude moct být umístěn hydromotor dále od bodu otáčení, čímž se zvýší rameno zvedací síly a sníží se tím i nároky na zvedací sílu, avšak sníží se jeho výchozí úhel, čímž se sníží i využití osová síly hydromotoru a hydromotor nebude schopen dosáhnout vysokých zvedacích sil.

Po zvážení možností byl nakonec zvolen dvoučinný hydromotor od společnosti trans-technik o vnějším průměru válce 80 mm, vnitřním průměru válce 70 mm, rozteči ok v základní poloze 410 mm a zdvihu 200 mm (viz Obr. 40).



Obr. 40 Ilustrační obrázek použitého hydromotoru [11]

Rozměrové charakteristiky použitého hydromotoru jsou k nalezení na obrázku níže (viz Obr. 41), dále pak jejich hodnoty (viz.Tab. 8)

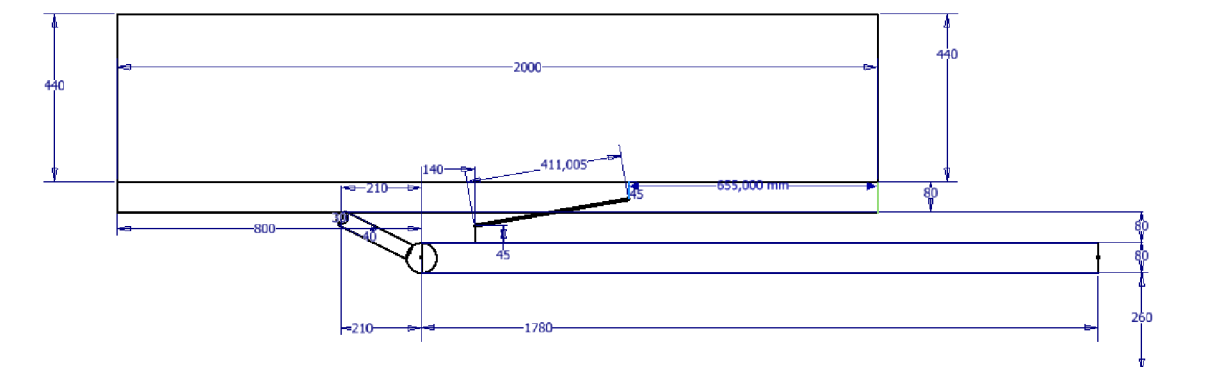


Obr. 41 Schematické zobrazení hydromotoru [11]

Tab. 8 Rozměry hydromotoru [11]

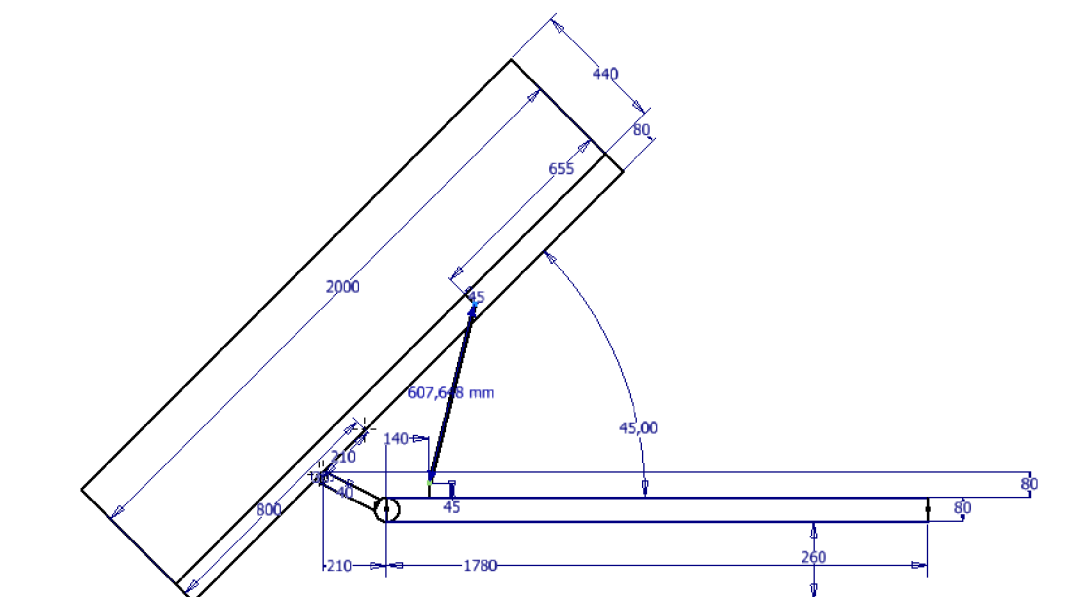
Rozměr	Hodnota	Rozměr	Hodnota
A	70 mm	C	200 mm
D	80 mm	E	3/8 "
F	30,5 mm	G	54 mm
H	55 mm	L	410 mm
M	51 mm	R	25 mm

Pro vyklopení sklápěcí nástavby do úhlu 45° , bude umístěn hydromotor ve vzdálenosti 140 mm od osy nápravy a na druhé straně ve vzdálenosti 650 mm od čela sklápěcí nástavby. Dle modelu v aplikaci Autodesk Inventor byla zjištěna rozteč ok hydromotoru 411 mm. Při rozteči ok v základní poloze 410 mm je tak zaručena smontovatelnost i při nižší výrobní přesnosti (viz Obr. 42).



Obr. 42 Schéma uložení hydromotoru v základní poloze

Pro vyklopení bude píst hydromotoru téměř zcela vysunut, při dosažení úhlu vyklopení 45° se zadní část sklápěcí nástavby blíží ke kontaktu se zemí, ke kontaktu však nedojde. Rozteč ok hydromotoru byl v modelu aplikace Autodesk Inventor zjištěn přibližně 607,5 mm, tudíž bude téměř dosaženo jeho maximálního vysunutí, při kterém je vzdálenost os 610 mm. Při postavení v kopci tak lze dosáhnout i vyšších úhlů vyklápění než 45° (viz Obr. 43).



Obr. 43 Schéma uložení hydromotoru při vyklopení 45°

Hydromotor, je konstruován na provozní tlak 10 MPa. Stejně tak současný hydrogenerátor dle manuálu vyvine maximálně tlak ve výši 10 MPa. Z těchto důvodů je nutno provedení výpočtu zvedací síly a kontroly tlaku hydromotoru při plném zatížení sklápěcí nástavby.

Výpočet zvedací síly

$$F_{zv} = \frac{M_{zv}}{c_1} \quad (21)$$

$$F_{zv} = \frac{4903000}{750}$$

$$F_{zv} = 6537 \text{ N}$$

Kde:

F_{zv} Svislá zvedací síla při základní poloze sklápěcí nástavby

M_{zv} Zvedací moment při základní poloze sklápěcí nástavby

c_1 Vzdálenost uchycení hydromotoru a místa rotace

Výpočet osová síly hydromotoru

$$F_o = \frac{F_{zv}}{\sin \alpha} \quad (22)$$

$$F_o = \frac{6537}{\sin 9,8^\circ}$$

$$F_o = 38407 \text{ N}$$

$$p_2 = \frac{F_o \cdot 4}{\pi \cdot d_1^2} \quad (23)$$

$$p_2 = \frac{38407 \cdot 4}{\pi \cdot 70^2}$$

$$p_2 = 9,98 \text{ MPa}$$

Kde:

F_o Osová síla hydromotoru

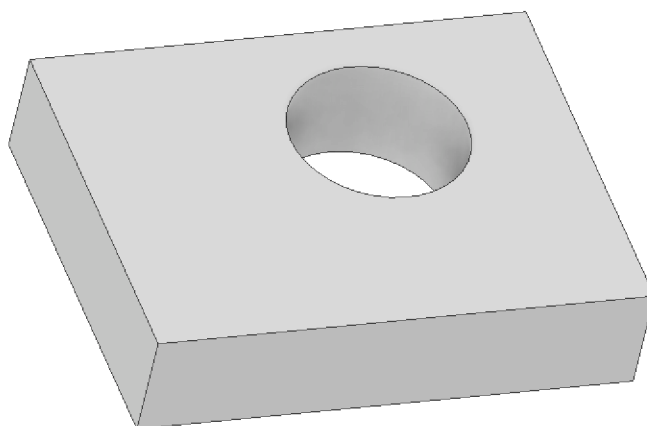
F_{zv} Svislá zvedací síla při základní poloze sklápěcí nástavby

α Úhel naklonění hydromotoru

p_2 Potřebný tlak hydromotoru při plně naloženém návěsu

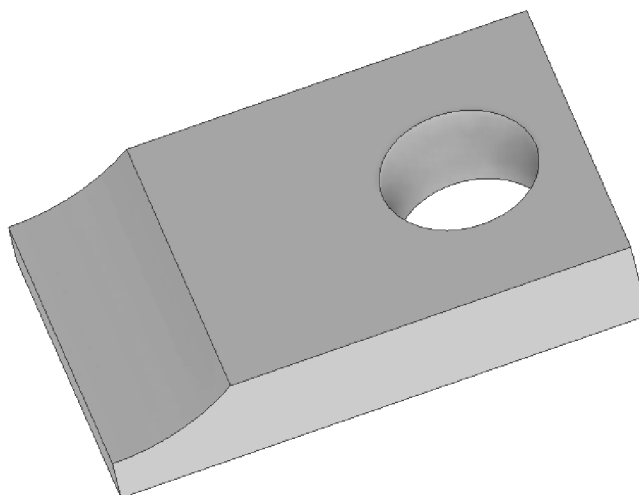
d_1 Vnitřní průměr válce hydromotoru

Úchyty hydromotoru na sklápěcí nástavbě budou tvořeny z plechu tloušťky 20 mm obdélníkového průřezu 90x70 mm, ve kterých budou vyvrtány díry o průměru 32 mm (viz Obr. 44). Z důvodu zlepšení stability sklápěcí nástavby bude za nově navařený úchyt hydromotoru přes celou šířku nástavby ze spodní strany navařena ocelová tyč plochého průřezu 6x50 mm a délce 1180 mm, která bude přivařena z obou stran přerušovaným svarem o délce svaru 20 mm v počtu 10 svarů na každou stranu.



Obr. 44 Model úchytu hydromotoru na sklápěcí nástavbě

Na nápravě budou úchyty tvořeny rovněž plechem o tloušťce 20 mm a rozměrech 110x70 mm. V plechu bude vyvrtána díra o průměru 32 mm. Dále se zde bude nacházet vyhloubení rádiusu o velikosti R40, díky kterému bude úchyt kopírovat profil hlavního nosníku (viz Obr. 45)



Obr. 45 Úchyt hydromotoru na podvozku

Dle velikosti díry na čep hydromotoru je zvolen čep o průměru 30 mm, a délce 120 mm, který je zkontrolován na otláčení. Styčné plochy čepů na obou stranách jsou stejné, z toho důvodu platí výpočet na čep hydromotoru u sklápěcí nástavby i u podvozku.

Výpočet namáhání čepů hydromotoru

$$p_3 = \frac{F_o}{S_3} \quad (24)$$

$$p_3 = \frac{F_A}{d \cdot i_3 \cdot t_3}$$

$$p_3 = \frac{38407}{30 \cdot 2 \cdot 20}$$

$$p_3 = 32 \text{ MPa}$$

Kde:

- F_o Osová síla hydromotoru
- p_3 Tlak čepu hydromotoru
- S_3 Styčná plocha čepu hydromotoru
- i_3 Počet styčných ploch čepu hydromotoru
- t_3 Tloušťka úchyty hydromotoru

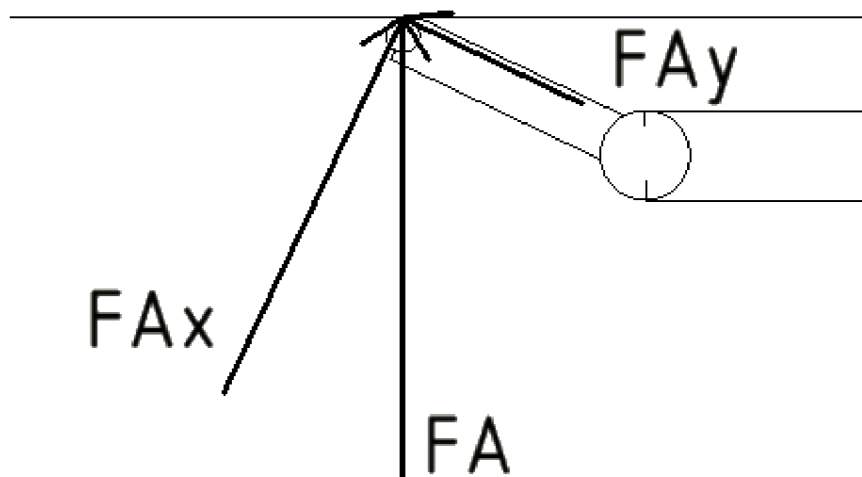
Na sklápěcí nástavbě bude v místě uchycení hydromotoru přidána podélně ocelová tyč obdélníkového průřezu o rozměrech 6x50x1180 mm pro zlepšení pevnostních charakteristik sklápěcí nástavby při vyklápění.

Obdobně jako u současného provedení, bude použit dvoučinný hydromotor jako jednočinný. Zapojení hydromotoru bude shodné jako v původním provedení, tedy olej bude vtlačován ze strany válce hydraulickou hadicí a vstup ze strany pístu bude ucpán zátkou, přičemž bude použita zátko z původního hydromotoru.

5.3 PODVOZEK

Pro zvolení velikosti ramen podvozku, na kterých bude sklápěcí nástavba uchycena je nutno zjistit jakou měrou, bude rameno podvozku zatěžováno na tlak a jakou na ohyb. Z toho důvodu je zjištěna velikost jednotlivých složek síly působící na ramena podvozku.

Výpočet složek sil ramene podvozku



Obr. 46 Rozložení síly FA na složky FAX a FAY

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{e}{f} \quad (25)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{70}{210}$$

$$\alpha_1 = 18,4^\circ$$

$$F_{Ax} = \frac{F_A \cdot \cos \alpha}{i_1} \quad (26)$$

$$F_{Ax} = \frac{8221 \cdot \cos 18,4}{4}$$

$$F_{Ax} = 1950 \text{ N}$$

$$F_{Ay} = \frac{F_A \cdot \sin \alpha}{i_1} \quad (27)$$

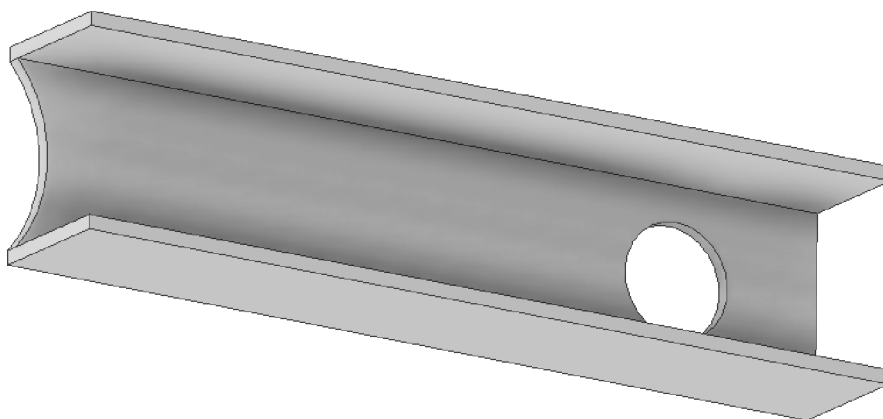
$$F_{Ay} = \frac{8221 \cdot \sin 18,4}{4}$$

$$F_{Ay} = 649 \text{ N}$$

Kde:

- i_1 Počet ramen podvozku
 e Vzdálenost bodu rotace A a osy nápravy v ose Y
 f Vzdálenost bodu rotace A a osy nápravy v ose X
 α_1 Úhel naklonění ramene podvozku
 F_{Ax} Síla působící kolmo na osu ramene podvozku
 F_{Ay} Síla působící v ose ramene podvozku

Pro dosažení délkového i výškového rozdílu mezi nápravou a úchytem sklápěcí nástavby je stanovena délka nosného ramene podvozku na 250 mm. Na základě velikosti a charakteristiky namáhání byl zvolen U profil, o velikosti 60x40x4 z materiálu S235JR. Do profilu bude laserem vypálena díra na čep a radius velikosti R40, který bude sloužit ke správnému navaření profilu na nápravu kruhového průřezu o průměru 80 mm (viz Obr. 47).



Obr. 47 Model ramene podvozku sklápěcí nástavby

Vhodnost volby profilu je zjištěna následujícím výpočtem.

Výpočet namáhání ramene podvozku na ohyb

$$J_x = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 - \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3 \quad (28)$$

$$J_x = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 80^3 - \frac{1}{12} \cdot 48 \cdot 68^3$$

$$J_x = 1302270 \text{ mm}^4$$

$$e_x = \frac{h}{2} = 40 \text{ mm} \quad (29)$$

$$e_x = \frac{80}{2}$$

$$e_x = 40 \text{ mm}$$

$$W_o = \frac{J_x}{e_x} \quad (30)$$

$$W_o = \frac{1302270}{40}$$

$$W_o = 32557 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (31)$$

$$\sigma_o = \frac{F_{Ax} \cdot r_2}{W_o}$$

$$\sigma_o = \frac{1950 \cdot 250}{32556}$$

$$\sigma_o = 13,3 \text{ MPa}$$

Kde:

J_x Kvadratický moment průřezu U-profilu v ose x

b_1 Vnější šířka U-profilu

h_1 Vnější výška U-profilu

b_2 Vnitřní šířka U-profilu

h_2 Vnitřní výška U-profilu

e_x Vzdálenost okrajového vlákna od osy x

M_o Ohybový moment

W_o Modul průřezu v ohybu

σ_o Napětí v ohybu

r_2 rameno síly F_{Ax}

Výpočet tlakového napětí ramene podvozku

$$\sigma_t = \frac{F_{Ay}}{S_r} \quad (32)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{Ay}}{b_1 \cdot h - b_2 \cdot h_2}$$

$$\sigma_t = \frac{1298}{80 \cdot 60 - 68 \cdot 48}$$

$$\sigma_t = 0,9 \text{ MPa}$$

Kde:

σ Napětí v tlaku

F_{Ay} Síla působící v ose ramene podvozku

S_r Obsah U-profilu

b_1 Vnější šířka U-profilu

h_1 Vnější výška U-profilu

b_2 Vnitřní šířka U-profilu

h_2 Vnitřní výška U-profilu

Sečtením složek napětí je získáno celkové napětí působící na rameno podvozku

Výpočet celkového namáhání ramene podvozku

$$\sigma = \sigma_o + \sigma_t \quad (33)$$

$$\sigma = 26,4 + 0,9$$

$$\sigma = 27,3 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_o Napětí v ohybu

σ_t Napětí v tlaku

σ Celkové napětí působící na rameno podvozku

V širší stěně profilu bude vyvrtána díra o na čep, z důvodu jednotnosti byl zvolen čep o průměru 30 mm a délce 70 mm.

Díra na čep bude o průměru 32 mm ve vzdálenosti 43,8 mm od čela profilu a ve vzdálenosti 30 mm od vnější stěny profilu. Na druhé straně profilu bude zhotoven radius velikosti R40, který bude sloužit ke správnému navaření profilu na nápravu kruhového průřezu o průměru 80 mm (viz Obr. 47). Díky malé tloušťce stěny lze operace provést také pomocí laserového vypalování.

Z důvodu jednotnosti byly zvoleny stejné průměry čepů jako u hydromotoru, tedy o průměru 30 mm, avšak o délce 70 mm. Tyto čepy jsou kontrolovány na tlak.

Výpočet namáhání čepů sklápěcí nástavby

$$p_4 = \frac{F_A}{S_4} \quad (34)$$

$$p_4 = \frac{F_A}{d \cdot i_4 \cdot t_4}$$

$$p_4 = \frac{8221}{30 \cdot 4 \cdot 6}$$

$$p_4 = 11,4 \text{ MPa}$$

Kde:

- p_4 Tlak čepů v místě A
- F_A Reakční síla v bodě A
- S_4 Styčná plocha ramen podvozku
- i_4 Počet styčných ploch ramen podvozku
- d Průměr čepu
- t_4 Tloušťka ramene podvozku

V blízkosti děr na uchycení čepů mohou vznikat kritické průřezy, z toho důvodu je nutná jejich kontrola.

Výpočet ohybového namáhání ramene podvozku v blízkosti děr na čep

$$W_{o1} = \frac{W_o}{2} \quad (35)$$

$$W_{o1} = \frac{32557}{2}$$

$$W_{o1} = 16278,5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{o1} = \frac{M_o}{W_{o1}} \quad (36)$$

$$\sigma_{o1} = \frac{F_{Ax} \cdot a_1}{W_{o1}}$$

$$\sigma_{o1} = \frac{3900 \cdot 15}{16278,5}$$

$$\sigma_{o1} = 36 \text{ MPa}$$

Kde:

W_{o1} Modul průřezu v ohybu v místě děr na čep

W_o Modul průřezu v ohybu

M_o Ohybový moment v místě děr na čep

F_{Ax} Síla působící kolmo na osu ramene podvozku

a_1 Vzdálenost osy díry od okraje díry

σ_{o1} Napětí v ohybu působící na rameno podvozku v oblasti díry na čep

Tlakové napětí bude v celé délce ramene podvozku stejné, z toho důvodu je následujícím výpočtem zjištěno celkové namáhání ramene podvozku v blízkosti děr.

Výpočet celkového namáhání ramene podvozku v blízkosti děr na čep

$$\sigma_1 = \sigma_{o1} + \sigma_t \quad (37)$$

$$\sigma_1 = 36 + 0,9$$

$$\sigma_1 = 36,9 \text{ MPa}$$

Kde:

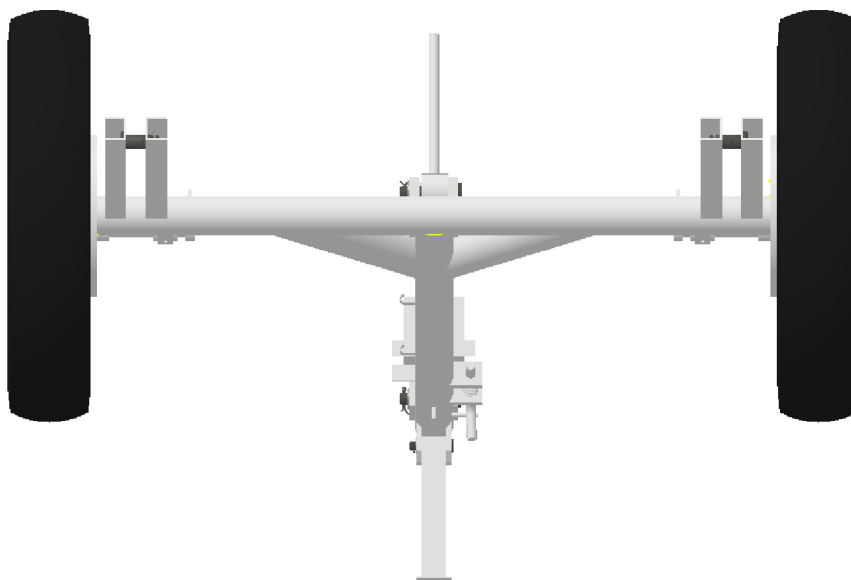
σ_{o1} Napětí v ohybu působící na rameno podvozku v oblasti díry na čep

σ_t Napětí v tlaku

σ_1 Celkové napětí působící na rameno podvozku v oblasti děr na čep

Profily budou navařeny tak, aby jejich strany o šířce 60 mm směřovali k sobě a čep mohl být správně usazen a byl podepřen po celé jeho funkční délce (viz Obr. 48).

U nápravy tedy dojde k navaření nových nosníků na upevnění sklápěcí nástavby a úchytů hydromotoru (viz. Obr. 48).



Obr. 48 Podvozek po modifikaci

5.4 SVARY

Na podvozku budou použity koutové svary o velikosti svaru a3 v délce 112 mm na jeden U-profil, tedy v celkové délce 448 mm. Dále zde budou použity koutové svary o velikosti a3 na úchyty hydromotoru na podvozku v délce 196 mm na jeden úchyt, tedy 392 mm celkově.

Úchyty hydromotoru na sklápěcí nástavbě budou navařeny koutovými svary o velikosti a3 o délce 140 mm, tedy 280 mm celkem. Úchyty sklápěcí nástavby budou navařeny tupým svarem o délce 70 mm na jeden úchyt, tedy 140 mm celkově. Podélná výztuha sklápěcí nástavby v místě uchycení hydromotoru bude navařena přerušovaným koutovým svarem velikosti a3 o celkové délce svaru 200 mm.

Boční síla bude tečně namáhat svary úchytů hydromotoru. Jelikož je délka svaru na straně sklápěcí nástavby kratší, bude kontrola svaru provedena pouze na této straně.

Svary úchytů velikosti a3 byly zvoleny z důvodu tenkých stěn, na kterých se svary budou nacházet.

Výpočty byly provedeny za pomoci odborné literatury [17]

Výpočet namáhání svaru úchytu hydromotoru

$$\tau_h = \frac{F_{zv} \cdot \cos\alpha}{a_{s1} \cdot l_5 \cdot i_5} \quad (38)$$

$$\tau_h = \frac{38407 \cdot \cos 9,8^\circ}{3 \cdot 70 \cdot 4}$$

$$\tau_h = 45 \text{ MPa}$$

Kde:

τ_h Napětí svaru úchytů hydromotoru

a_{s1} Nejmenší výška svaru úchytu hydromotoru

l_5 Délka svaru úchytu hydromotoru

i_5 Počet svarů úchytů hydromotoru

Dále je nutná kontrola svaru nových úchytů sklápěcí nástavby. Kritický bude moment, při kterém bude nástavba zcela sklopena, tedy do úhlu 45° (viz Obr. 43), kdy bude na svary vyvíjeno největší smykové napětí. Při výpočtu je použito zatížení plně zatížené sklápěcí nástavby, ačkoliv je zde předpoklad, že v praxi bude při sklopení 45° již velká část nákladu vysypána.

Výpočet namáhání svaru úchytu sklápěcí nástavby

$$\tau_n = \frac{F_g \cdot \cos \beta}{a_{s2} \cdot l_6 \cdot i_6} \quad (39)$$

$$\tau_n = \frac{11673 \cdot \cos 45^\circ}{5 \cdot 220 \cdot 2}$$

$$\tau_n = 3,75 \text{ MPa}$$

Kde:

τ_n Napětí svaru úchytů hydromotoru

F_g tíhová síla plně zatížené sklápěcí nástavby

β maximální úhel sklopení sklápěcí nástavby

a_{s2} Nejmenší výška svaru

l_6 Délka svaru úchytu sklápěcí nástavby

i_6 Počet svarů úchytů sklápěcí nástavby

Níže je provedena kontrola svaru ramene, které je namáháno především na krut. Z důvodu nízkého zatížení na tlak (viz. 5.3)

$$J_{ZU} = \frac{l_{sr}^3}{6} \quad (40)$$

$$J_{ZU} = \frac{360^3}{6}$$

$$J_{ZU} = 7776000 \text{ mm}^3$$

$$\tau_r = \frac{M_{o2}}{W_{o2}} \quad (41)$$

$$\tau_r = \frac{F_{Ax} \cdot r_2}{\frac{J_{ZU}}{2 \cdot R}}$$

$$\tau_r = \frac{F_{Ax} \cdot r_2 \cdot 2 \cdot R}{J_{ZU}}$$

$$\tau_r = \frac{1950 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 40}{7776000}$$

$$\tau_r = 5 \text{ MPa}$$

Kde

J_{ZU} osový kvadratický moment účinného průřezu svaru ramene podvozku

l_{sr} celková délka svaru ramene

τ_r napětí v ohybu svaru ramene podvozku

M_{o2} Moment síly působící na rameno podvozku

W_{o2} Modul průřezu v ohybu svaru ramena podvozku

F_{Ax} Síla působící kolmo na osu ramene podvozku

r_2 rameno síly F_{Ax}

R vzdálenost svaru od osy rotace

Celkově bude při modernizaci návěsu použito 2360 mm svaru velikosti a3 a 280mm svaru velikosti a5.

Bude se tedy jednat o svary o celkové délce 2640 mm.

6 VÝSLEDNÁ CENA A HMOTNOST

Díky malému množství přídavných konstrukcí bude výsledná cena materiálu i přídavná hmotnost nízká. Z důvodu vysokého množství svarů a vzhledem k obvyklé dílenské vybavenosti bylo zvoleno balení obalovaných elektrod Supra rozměrech 2,5x350 mm normy ASME SFA/AWS A 5.1, jež je obdobou normy ČSN EN 499. Balení obsahuje 146 ks.

Dále budou přidány 4 U-profilů o rozměrech 60x40x4 v délce 250 mm, tedy v celkové délce 1000 mm.

Dále pak ocelové tyče obdélníkového průřezu o rozměrech 20x70 mm, v délce 70 mm v počtu 2 kusů a v délce 110 mm v počtu 2 kusů, celková délka tohoto průřezu ocelové tyče bude 360 mm. Dále ocelové tyče obdélníkového průřezu o rozměrech 40x70 mm, v délce 70 mm v počtu 2 kusů, tedy v celkové délce 140 mm a 1 kus ocelové tyče obdélníkového průřezu 6x50 mm v délce 1180 mm.

Největší vliv jak na cenu, tak i na hmotnost bude mít Hydromotor od společnosti Trans-Technik o hmotnosti 11 kg a ceně 3599 Kč (viz Tab. 9).

Pomocí modelu návěsu v aplikaci Autodesk Inventor bylo zjištěno, že odstraněním původního hydromotoru a původních částí konstrukce návěsu bude hmotnost snížena o 12,3 kg.

Celkově se tedy hmotnost zvýší o 15,6 kg.

Tab. 9Nárůst hmotnosti a cena modifikace

Položka	Počet	Výrobce	Celková hmotnost	Celková cena
U-Profil 60x40x4 [12]	4	Ferona	3,9 kg	170 Kč
Obdelníkový profil 20x70x70[13]	2	Ferona	1,7 kg	56 Kč
Obdelníkový profil 20x70x110[13]	2	Ferona	2,6 kg	70 Kč
Obdelníkový profil 40x70x70[14]	2	Ferona	3,1 kg	89 Kč
Obdelníkový profil 6x50x1180[15]	1	Ferona	2,8 kg	81 Kč
Hydromotor[11]	1	Trans-Technik	11 kg	3599 Kč
Obalené elektrody[16]	146	Ferona	2,8 kg	649 Kč
Celkem			27,9	4714 Kč

ZÁVĚR

Po analýze současné konstrukce návěsu, rozboru jednonápravových návěsů obdobné hmotnostní kategorie a navržnutí možných variant modernizace byla zvolena varianta kapitoly 3.8.2 Změna otočného bodu.

Tato varianta nemění vnější charakteristiky návěsu jako nosnost, těžiště, rozměry a manévrovatelnost. Také se jedná o značně jednoduché řešení, které bude proveditelné dílenskými prostředky.

Splňuje požadavek na výklopnost 45° na rovině. Při plném vyklopení sklápěcí nástavby se zadní část stále bude dotýkat země.

Jedná se tak o kompromis, při umístění otočného bodu blíže k nápravě by se snížil výklopný úhel pod 45° , při umístění dále od nápravy by vznikl prostor pod zadní částí sklápěcí nástavby, avšak požadavky na zvedací síly by narostly, čímž by převýšily možnosti použitého hydromotoru a především hydrogenerátoru.

Výhodou zůstává, že většina materiálů se sype při nižším vyklopení, než je 45° a tak při neúplném vyklopení bude pod sklápěcí nástavbou dostatek místa na vyklopení.

Po zjištění že současné uspořádání hydraulického zvedání není vhodné byla zvolena varianta nového uspořádání, kde dosáhneme na požadované tlaky hydromotoru.

Celková cena materiálu na úpravu návěsu činí 4714 Kč a hmotnost bude navýšena o 15,6 kg. Jelikož byl hlavní nedostatek návěsu napraven a jedná se o starší typ návěsu není zde důvod na této práci pokračovat.

Jelikož byl hlavní nedostatek návěsu spojený se špatným vyklápěním a také později zjištěný nedostatek týkající se hydraulickým mechanismem napraven a jedná se o starší typ návěsu není zde důvod na této práci pokračovat.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Návěs NSN-10-B. In: Agroinform.hu [online]. 2014, 2014-09-27 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.agroinform.hu/forum?act=showTopic&tid=100&page=12&order=created>
- [2] Manuál s technickými parametry. In: Nasetraktory.cz [online]. 2024, 2019-05-11 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?t=50712&start=150>
- [3] Připojení podvozku k traktoru. In: Nasetraktory.cz [online]. 2024, 2015-06-24 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?f=96&t=50712&start=75>
- [4] Bubnové brzdy. In: Rajce.net [online]. 2024, 2019-09-02 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.rajce.idnes.cz/matusfulajtar/album/vlek-nsn-10-2>
- [5] Svítilna zadní kulatá ZETOR 78.351.947 pravá. In: Ags-shop.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.ags-shop.cz/cz/e-shop/1204491/c73012-pozicni-obrysove-svitilny/svitilna-zadni-kulata-zetor-78351947-prava.html>
- [6] ANS-1300 NÁVĚS SKLÁPĚCÍ. In: Agroservispv.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://agroservispv.cz/cs/naradi/doprava/ans-1300-naves-sklapeci/>
- [7] ANS-1900 NÁVĚS TŘÍ STRANNĚ SKLÁPĚCÍ. In: Agroservispv.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://agroservispv.cz/cs/naradi/doprava/ans-1900-naves-tri-stranne-sklapeci/>
- [8] T736 Single-Axle Agricultural Trailer. In: Metalfach.com [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.metalfach.com.pl/en/products/agricultural-trailers/t736-single-axle-agricultural-trailer/>
- [9] Zvednutí sklápěcí nástavby. In: Nasetraktory.eu [online]. 2024, 2017-10-20 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?t=50712&start=135>
- [10] Změna bodu rotace sklápěcí nástavby. In: Agroinform.hu [online]. 2024, 2013-09-18 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.agroinform.hu/forum?function=felhasznalo&act=reszletek&uid=18358&page=11>
- [11] Válec hydraulický dvoučinný - typ F. In: Trans-technik.cz [online]. [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.trans-technik.cz/valec-hydraulicky-dvoucinny-typ-f-0726070-020>
- [12] Profil otevřený průřezu U rovnoramenný, EN 10162 // U 60x40x4. In: Feron.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27092/profil-otevreny-prurezu-u-rovnoramenny-en-10162-u-60x40x4>

- [13] Tyč ocelová plochá válcovaná za tepla, EN 10058 // rozměr 70x20. In: Feron.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23478/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-70x20>
- [14] Tyč ocelová plochá válcovaná za tepla, EN 10058 // rozměr 70x40. In: Feron.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27233/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-70x40>
- [15] Tyč ocelová plochá válcovaná za tepla, EN 10058 // rozměr 50x6. In: Feron.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/30665/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-50x6t>
- [16] Svařovací elektrody Supra (lincoln) // rozměr 2,5x350. In: Feron.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/26461/svarovaci-elektrody-supra-lincoln-rozmer-2-5x350?_fid=3pyd
- [17] *Jan Leinveber - Pavel Vávra Strojnické tabulky*. Čtvrté doplněné vydání. Úvaly, Havlíčkova 197: ALBRA-pedagogické nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Vzdálenost těžiště sklápěcí nástavby od bodu A
a_{s1}	[mm]	Nejmenší výška svaru úchyty hydromotoru
a_{s2}	[mm]	Nejmenší výška svaru úchyty sklápěcí nástavby
b	[mm]	Vzdálenost těžiště sklápěcí nástavby od bodu A
b_1	[mm]	Vnější šířka U-profilu ramene podvozku
b_2	[mm]	Vnitřní šířka U-profilu ramene podvozku
c	[mm]	Vzdálenost těžiště od nápravy
c_1	[mm]	Vzdálenost uchycení hydromotoru a místa A
d	[mm]	Vzdálenost těžiště od osy oje
d_1	[mm]	Vnitřní průměr válce hydromotoru
D_1	[mm]	Průměr hlavního nosníku
e	[mm]	Vzdálenost bodu rotace A a osy nápravy v ose Y
e_x	[mm]	Vzdálenost okrajového vlákna od osy x
f	[mm]	Vzdálenost bodu rotace A a osy nápravy v ose X
F_A	[N]	Reakční síla v bodě A
F_{Ax}	[N]	Síla působící kolmo na osu ramene podvozku
F_{Ay}	[N]	Síla působící v ose ramene podvozku
F_B	[N]	Reakční síla v bodě B
F_g	[N]	Tíhová síla
F_{g1}	[N]	Tíhová síla plně naloženého návěsu
F_{g2}	[N]	Tíhová síla plně naložené sklápěcí nástavby s rámem
F_h	[N]	Síla původního hydromotoru
F_o	[N]	Osová síla hydromotoru
F_{oj}	[N]	Síla v oji
F_{zv}	[N]	Svislá zvedací síla při základní poloze sklápěcí nástavby
G	[N]	Tíhové zrychlení
h_1	[mm]	Vnější výška U-profilu ramene podvozku
h_2	[mm]	Vnitřní výška U-profilu ramene podvozku
i_1	-	Počet ramen podvozku
i_3	-	Počet styčných ploch ramen podvozku
i_4	-	Počet styčných ploch čepů a ramene podvozku
i_5	-	Počet svarů úchytů hydromotoru

i_6	-	Počet svarů úchytných sklápěcího nastavby
J_x	[mm ⁴]	Kvadratický moment průřezu ramene podvozku k ose x
J_{ZU}	[mm ⁴]	Osový kvadratický moment účinného průřezu svaru ramene podvozku
l	[mm]	Celková délka profilů na tvorbu rámu
l_1	[mm]	Délka podélného profilu rámu
l_2	[mm]	Délka příčného profilu rámu
l_5	[mm]	Délka svaru úchytného hydromotoru
l_6	[mm]	Délka svaru úchytného sklápěcího nastavby
l_{sr}	[mm]	Celková délka svaru ramene
M	[kg]	Hmotnost 1 metru profilu rámu
m_h	[kg]	Síla původního hydromotoru v manuálu
m_k	[kg]	Hmotnost sklápěcího nastavby
m_n	[kg]	Hmotnost nákladu
M_o	[N·mm]	Ohybový moment ramene raene podvozku
M_{o2}	[N·mm]	Moment síly působící na rameno podvozku
m_r	[kg]	Hmotnost konstrukce rámu
m_r	[kg]	Hmotnost konstrukce rámu
M_{zv}	[N]	Zvedací moment při základní poloze sklápěcího nastavby
n_1	-	Počet podélných profilů rámu
n_2	-	Počet příčných profilů rámu
p_1	[MPa]	Tlak v místě podpory B
p_2	[MPa]	Tlak hydromotoru při vyklápění plně naloženého návěsu
p_3	[MPa]	Tlak čepu hydromotoru
p_4	[MPa]	Tlak čepů sklápěcího nastavby
p_{max}	[MPa]	Tlak hydromotoru při vyklápění plně zatíženého návěsu
r	[mm]	Rameno zvedací síly
R	[mm]	Vzdálenost svaru ramena podvozku od osy rotace
S_1	[mm ²]	Styčná plocha v místě B
S_3	[mm ²]	Styčná plocha čepu hydromotoru
S_4	[mm ²]	Obsah styčné plochy čepu a ramene podvozku
S_r	[mm ²]	Obsah U profilu
t	[mm]	Tloušťka plechu v místě B
t_3	[mm]	Tloušťka úchytného hydromotoru

t_4	[mm]	Tloušťka ramene podvozku
W_o	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu
W_{o1}	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu v oblasti děr na čep
W_{o2}	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu svaru ramena podvozku
α	[°]	Úhel naklonění hydromotoru
α_1	[°]	Úhel naklonění ramene podvozku
β	[°]	Maximální úhel sklopení sklápěcí nástavby
σ	[MPa]	Celkové napětí působící na rameno podvozku
σ_1	[MPa]	Celkové napětí působící na rameno podvozku v oblasti děr na čep
ΣF_y	[N]	Součet sil v ose y
ΣM_A	[N·m]	Součet momentů k bodě A
σ_o	[MPa]	Napětí v ohybu
σ_{o1}	[MPa]	Napětí v ohybu v oblasti díry na čep
σ_t	[MPa]	Napětí v tlaku
τ_h	[MPa]	Napětí svaru úchytů hydromotoru
τ_{n-}	[MPa]	Napětí svaru úchytů hydromotoru
τ_r	[MPa]	Napětí v ohybu svaru ramene podvozku

SEZNAM PŘÍLOH

Výkres modifikované sestavy

Výkres modifikované sklápěcí nástavby

Výkres modifikovaného podvozku

Výkres ramena podvozku

Výkres úchytu hydromotoru podvozku

Výkres úchytu hydromotoru sklápěcí nástavby

Výkres úchytu sklápěcí nástavby