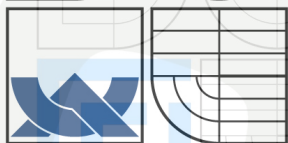




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



TECHNICKÉ
V BRNĚ



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ROZŠÍŘENÍ POUŽITELNOSTI RYPADLA MECALAC 714 MW

UPGRADE OF APPLICATION OF EXCAVATOR MECALAC 714 MW

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

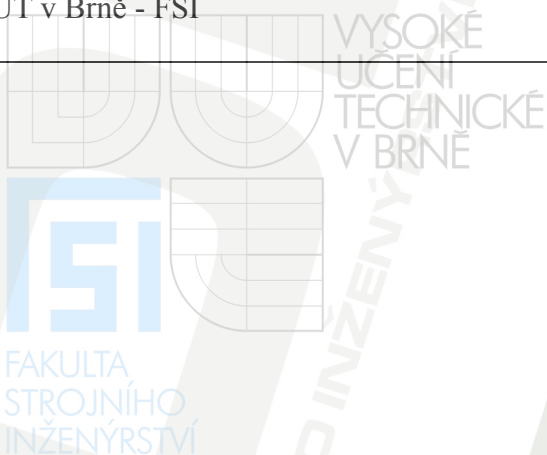
MARTIN CIKÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2008

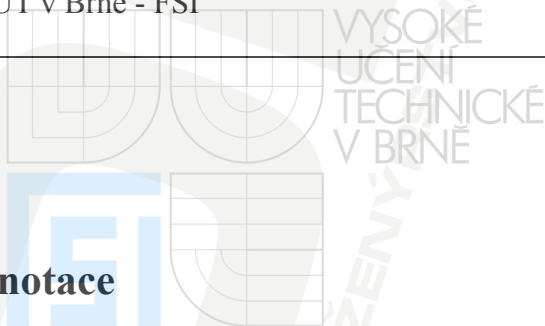


Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce pana doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím uvedené literatury.

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. a také konzultantovi ve firmě panu Ing. Milanu Vepřekovi. Dále chci poděkovat svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.



Anotace

Tato diplomová práce se zabývá rozšířením použitelnosti rypadel Mecalac 714 MW. Jedná se celkem o tři úpravy tohoto stroje, které zvýší jeho použitelnost a všestrannost v odvětví stavebních strojů. První úpravou je vytvoření přídatného rámu pro převoz přídatných zařízení. Druhou úpravou je mechanické rozšíření podpěrných patek pro lepší stabilizaci stroje při pracovním režimu. Třetí úpravou je vytvoření zařízení pro převoz materiálů skladovaných na paletách. V diplomové práci je uveden popis těchto zařízení, jejich způsob upnutí k rypadlu, pevnostní výpočty a výpočet ekonomické náročnosti.

Klíčová slova

Rypadlo Mecalac 714MW rozšíření použitelnosti

Annotation

This thesis deals with the use-expansion of Mecalac 714 MW excavators. There are three modifications of this device which improve its applicability and versatility in constructional machines branch. The first modification is creating additional frame for additional devices transportation. The second one is mechanical enlargement of supporting feet for better stabilisation during working regime. The third one is creating the device for transportation of materials stored on pallets. This thesis presents the description of all devices, the way of fastening to the excavator, stability calculatoinns and the calculatoin of economic demandingness.

Keywords

excavator Mecalac 714MW upgrade of application



Bibliografická citace

CIKÁNEK, M. Rozšíření použitelnosti rypadla Mecalac 714 MW . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 54 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod | 1 |
| 1.1 Popis stroje MECALAC 714 MW | 2 |
| 1.1.1 Podvozek | 4 |
| 1.1.2 Otočný svršek | 5 |
| 1.1.3 Přídavné zařízení | 8 |
| 2. Adaptér pro přepravu zařízení | 9 |
| 2.1 Návrh zařízení | 9 |
| 2.2 Upevnění adaptéru na rypadlo | 11 |
| 2.3 Výpočty | 13 |
| 2.3.1 Pevnostní výpočet | 14 |
| 2.3.2 Výpočet čepů | 17 |
| 2.4 Ekonomická náročnost | 19 |
| 3. Mechanické rozšíření podpěrných patek | 20 |
| 3.1 Návrh zařízení | 20 |
| 3.2 Upevnění na rypadle | 22 |
| 3.3 Výpočty | 23 |
| 3.3.1 Pevnostní výpočet | 23 |
| 3.4 Ekonomická náročnost | 25 |
| 4. Zařízení na převoz palet | 26 |
| 4.1 Návrh zařízení | 26 |
| 4.2 Upevnění zařízení na rypadle | 30 |
| 4.3 Kinematický mechanismus | 31 |
| 4.4 Výpočty | 32 |
| 4.4.1 Pevnostní výpočty | 32 |
| 4.4.2 Pevnostní výpočet rámu | 33 |
| 4.4.3 Pevnostní výpočet patek | 34 |
| 4.4.4 Výpočet čepů | 35 |
| 4.5 Ekonomická náročnost | 39 |
| 5 Závěr | 40 |
| Seznam použitých zdrojů | 41 |
| Seznam použitých symbolů a zkratk | 46 |
| Seznam příloh | 47 |

1 Úvod

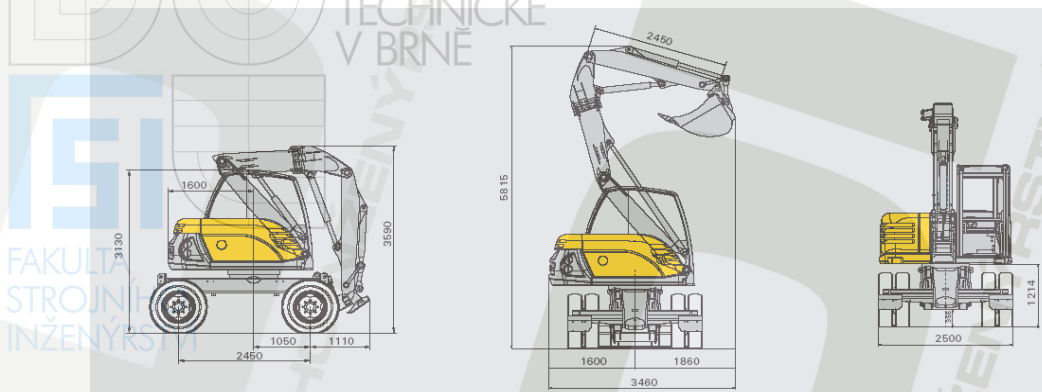
Zadavatelem diplomové práce je firma STAVES s.r.o. z Olomouce, která se zabývá prodejem a půjčováním stavebních strojů. Mezi prodávané stroje patří také rypadla Mecalac, které jsou předmětem této diplomové práce. V diplomové práci je řešeno rozšíření použitelnosti tohoto rypadla.

1.1 Popis stroje MECALAC 714 MW



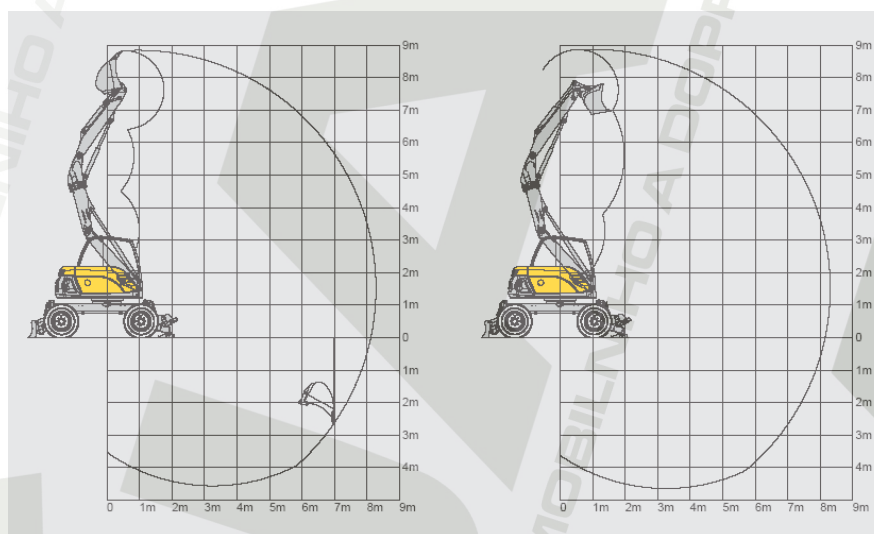
Obr. 1.1: MECALAC 714 MW

Jedná se o multifunkční kolový, pásový či nakolejovací stroj. Původem tento stroj byl vyvinut jako rypadlo, postupem času však dochází k jeho rozšiřování a inovacím, které tento stroj obohacují o další možnosti využití. Nejvíce je stroj používán jako rypadlo, nakladač, paletizační stroj, ale díky své konstrukci může také pracovat jako grejdr, jeřáb a spoustu dalších strojů. Díky jedinečné konstrukci pracovního zařízení se svými silovými účinky vyrovná strojům z vyšší výkonostní třídy.



Obr. 1.2: Rozměry stroje MECALAC 714 MW

Díky svým rozměrům je rypadlo Mecalac vhodné do stísněných prostor. Svým kinematickým mechanismem dokáže Mecalac nakládat hloubený materiál na místo za rypadlem v prostoru širokém pouze 3,5 m. Tento prostor zdaleka nestačí ostatním rypadlům k takovému procesu. Dosahy s výškovou a hloubkovou lopatou nejsou vůči ostatním rypadlům stejné výkonové kategorie nijak omezeny.



Obr. 1.3: Dosahy rypadla s hloubkovou a výškovou lopatou

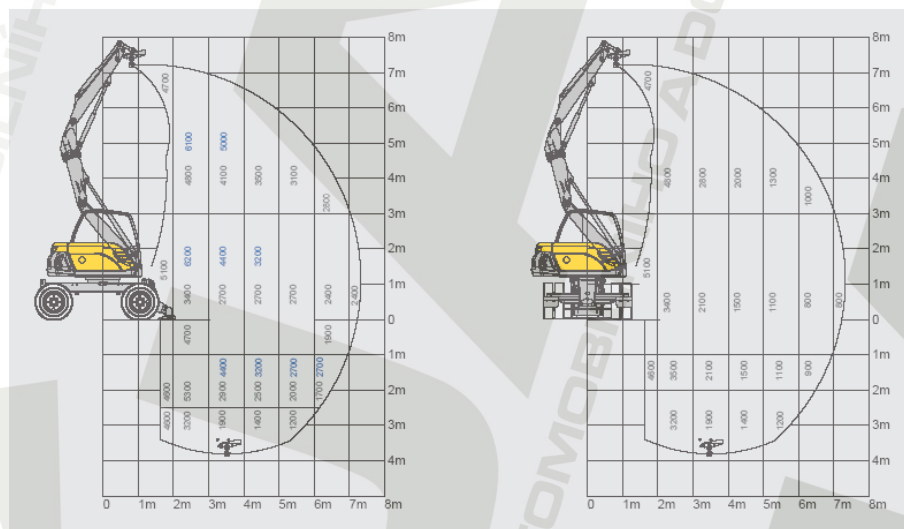
Další výhodou je manipulace s paletizačními vidlemi, rypadlo může s paletizačními vidlemi manipulovat ve výškovém rozsahu 10 m. Nejnižším místem odkud rypadlo dokáže s paletou manipulovat je 3 m pod úrovní roviny stroje.

Umístěním a orientací přímočarých hydromotorů na pracovním zařízení rypadla dokáže v optimální poloze zvednout břemeno takřka poloviční hmotnosti než je hmotnost rypadla. Hmotnost rypadla je 13 t a dle obrázku 1.4 můžeme vidět, že uzvedne hmotnost 6,25 t.



Obr. 1.4: Rypadlo s břemenem o hmotnosti 6250 kg

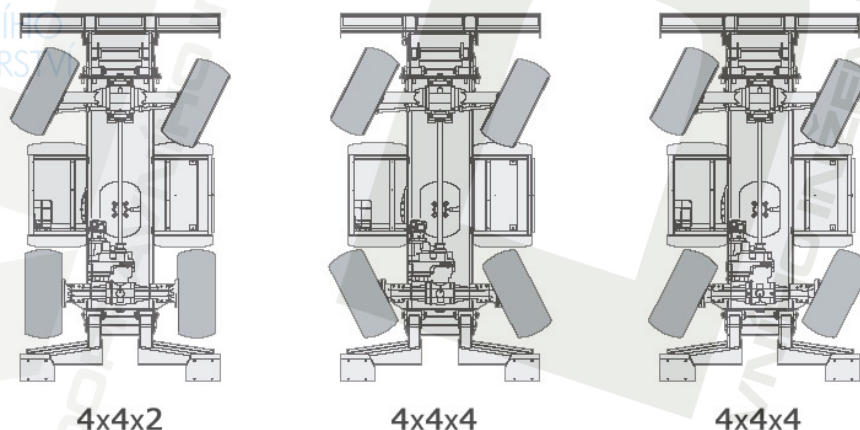
Na obrázku 1.5 je porovnání nosnosti závaží rypadla s hodnotou nosností dle normy ISO. V místě těsně u stroje převyšuje normu o 80%.



Obr. 1.5: Nosnost závaží (černě - dle normy ISO, modře – v optimální poloze výložníku)

1.1.1 Podvozek

Základem celého stroje je podvozek, jehož základem je robustní rám. Na rámu jsou osazeny dvě nápravy a stabilizační ústrojí. Podle provedení může být rypadlo s jednou či dvěma říditelnými nápravami. Podle počtu říditelných náprav je poloměr otáčení 7 360 mm, resp. 4 440 mm. Nápravy je možné řídit dle obrázku 1.5.



Obr. 1.6: Možnost řízení náprav rypadla

Standartní pneumatiky 18-19,5 můžeme nahradit pneumatikami 600/40-22,5 nebo použít dvojmontáž 10,00 – 20. Pohon kol je řešen otevřeným hydrostatickým obvodem pomocí dvou hydraulických válců. Přední nápravu je možné vyklánět o $\pm 8^\circ$ s aretací výkyvu. V obou nápravách najdeme dvouokružové mokré lamelové brzdy.

Použitím převodovky Power-shift, je možné volit dva různé převodové stupně jak pro provozní režim, tak pro přepravní režim. Stroj pak může jezdit rychlostí 3 km/h a 10 km/h při pracovním režimu nebo 10 km/h a 35 km/h při převozním režimu. Pohon stroje se ovládá nožním pedál, kterým je možné ovládat stroj, jak pro jízdu vpřed, tak i vzad.

Pro zlepšení stability při pracovním režimu je podvozek vybaven podpěrami nebo radlicí. K základní výbavě patří radlice v přední části, dále můžou být na stroji dvě podpěry (na přední části) s radlicí vzadu, dvě podpěry (na přední části), nebo čtyři podpěry.

1.1.2 Otočný svršek

Mezi hlavní ústrojí otočného svršku patří otočné ústrojí, kabina a motor. Na otočném svršku se také nacházejí nádrže na palivo a hydraulický olej. Nádrže jsou o objemech 150 l pro palivo a 140 l pro hydraulický olej.

Otočné ústrojí dovoluje rotaci o 360°. Základem otočného ústrojí je ozubený věnec s vnitřním ozubením, který je poháněn hydromotorem. Hydromotor dosáhne rychlosti otoče 10 ot/min. Zubové čerpadlo, které pohání hydromotor otoče, má zdvihový objem 1260 cm³, dosáhne tlaku 260 barů a průtoku 42 l/min.

Jednodílná velmi prostorná kabina rypadla je navržena pro pohodlí obsluhy stroje a je také dle mezinárodních norem chráněna proti padajícím tělesům (FOPS). Celá kabina je uložena na 4 pružinách, které chrání kabinu proti vibracím přenášených ze stroje. Kinematický mechanismus výložníku dovoluje velký výhled z prostoru řidiče. Nástup a výstup z kabiny v omezených prostorech, dokonce i těsně u zdi, umožňují dveře výsuvné podél kabiny a sklápěcí schod. Přední okno můžeme zasunout pod střechu kabiny. Střešní okno je cloněno clonou proti slunci.

Sedadlo, vybavené bezpečnostním pásem, je hydraulicky odpružené a stavitelné jak v podélném, tak ve výškovém směru. Ovládací prvky stroje jsou umístěny po stranách sedadla a spolu s opěradly jsou stavitelné podle postavy řidiče. Ovládání stroje lze volit v několika možných režimech ovládání. Jako kontrolní systém nalezneme mezi ovládacími prvky LCD displej, který informuje obsluhu o aktuálním stavu, poruchách, údržbě a dalších informacích. Do další výbavy kabiny patří vytápění, klimatizace, do základní verze se montuje autorádio s kazetovým přehrávačem, ale je také možné zvolit autorádio s CD přehrávačem. V kabině také nalezneme spoustu odkládacích prostor.



Obr. 1.7: Možnost řízení rypadla

Motor nalezneme pod zadní částí kabiny. Pohon celého stroje obstarává přeplňovaný naftový motor, který má elektronicky řízené vstřikování pro snížení hlučnosti v různých stupních využití výkonu motoru.

Technické parametry motoru:

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| - typ motoru | DEUTZ BF4M 2012C |
| - počet válců | 4 |
| - Objem válců | 4 038 cm ³ |
| - výkon motoru | 87 kW (118 PS) při 2 100 ot/min |
| - kroutící moment | 469 Nm při 2 900 ot/min |
| - spotřeba | 8 – 12 l/h |
| - clazení | vodou |
| - hlučnost | 104 db |



Obr. 1.8: Motor DEUTZ BF4M 2012C

Hydraulický systém obstarává hydrogenerátor REXROTH M6-15 s elektronicky řízeným výkonem hnaný spalovacím motorem. Maximální tlak vyvolaný čerpadlem je 350 barů a průtok 205 l/min. Přídavný okruh dodává tlak 180 barů a průtok 130 l/min. Díky rozvaděči LUDV, zabudovaném v hydrogenerátoru, můžeme provádět veškeré funkce současně nezávisle na ostatních systémech a na tlaku v ostatních systémech.

Pracovní zařízení je tvořeno unikátním pákovým mechanismem, který je tvořen výložníkem, prodlouženým výložníkem a násadou. Na násadě se nachází univerzální rychlo-upínací zařízení. Výložník je k otočnému svršku připojen pomocí dvou asymetricky uloženým přímočarých hydromotorů. Toto asymetrické uložení napomáhá k lepšímu ovládní v krajních polohách výložníku. Prodloužený výložník je osazen čepem, který umožňuje vyosení pracovního zařízení. Tenhle patent je jednou z největších předností rypadel Mecalac.

Násada na konci pracovního zařízení je vyráběna ve dvojím provedení v délce 1,85 m pro stroje pracující převážně jako rypadlo v omezených prostorech a v délce 2,20 m pro stroj pracující jako stroj multifunkční. Hydraulické válce na pracovním zařízení jsou vybaveny tlumícím zařízením v koncových polohách pístů. Zdvihací mechanismus výložníku je zabezpečen třemi hydraulickými zámky.

Síly vyvolané mechanismem výložníků:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Jako rypadlo | vylamovací rypná síla 55 000 N |
| | hloubící rypná síla 84 000 N |
| Jako nakladač | vylamovací rypná síla 52 000 N |

1.1.3 Přídavné zařízení

Rychloupínací zařízení je typu „Klick-Klack“. Automatické mechanické zajištění přídavného zařízení zvyšuje rychlost upínání. K odpojení přídavného zařízení slouží hydraulika. Rychloupínací zařízení je také vybaveno hydraulickým obvodem pro přídavné zařízení.

Mecalac je univerzální zařízení, protože je možné na rychloupínací zařízení upnout spoustu přídavných zařízení. Nejpoužívanějším přídavným zařízením jsou hloubkové lopaty, které se vyrábějí v šířkách od 400 mm do 1000 mm, nakládací lopata a paletizační vidle.

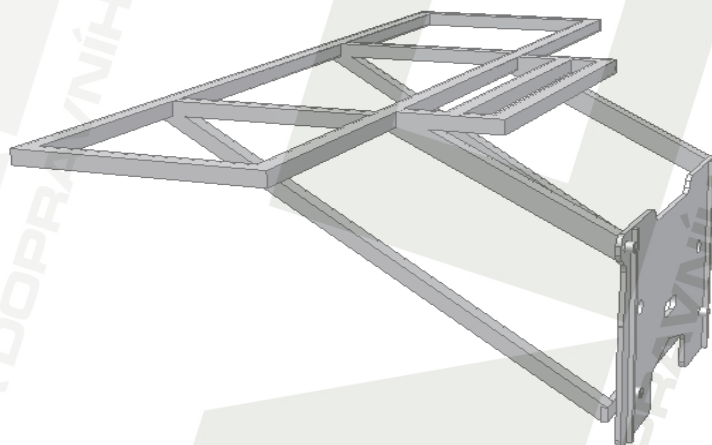


Obr. 1.9: Přídavné zařízení na stroje MECALAC

2. Adaptér pro přepravu zařízení

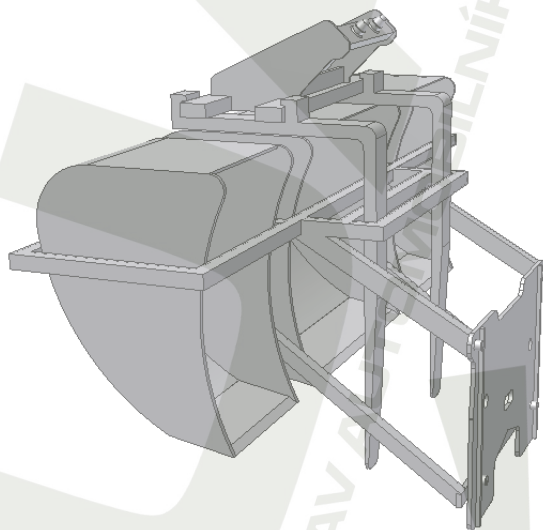
2.1 Návrh zařízení

Adaptér bude sloužit pro přepravu zařízení na místo pracoviště bez nutnosti doprovodu vozidla, které by potřebné nástroje převezlo. Adaptér je navržen pro přepravu hloubkových lopat o šířkách 500 (400) mm, 600 mm a 900 mm a paletizačních vidlí.



Obr. 2.1: Adaptér pro přepravu přídatných zařízení

Konstrukce adaptéru je tvořena ze čtvercových profilů, pro snazší opracování a svařování než např. u kruhových profilů, které by bylo náročné svařovat. Materiál použitý na výrobu rámu je lehce svařitelná ocel S235JRH.

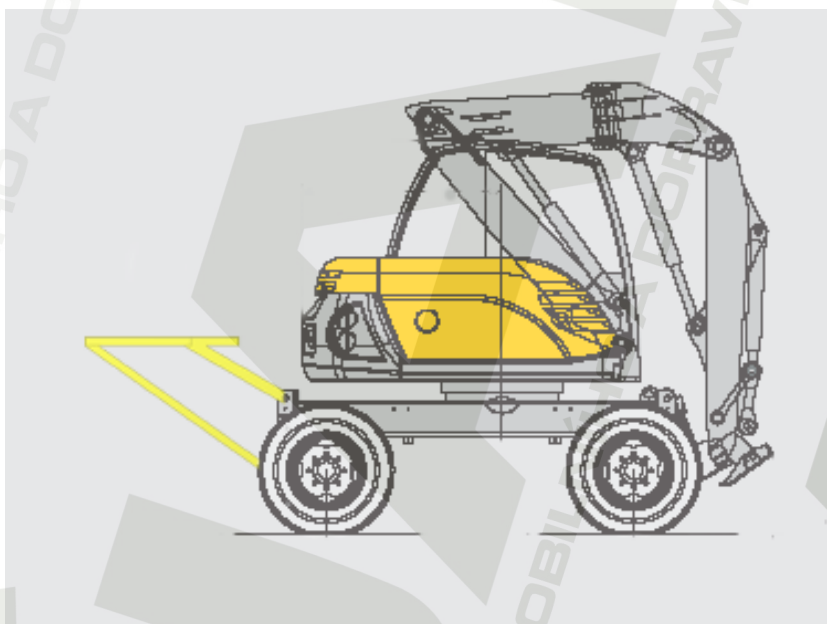


Obr. 2.2: Adaptér pro přepravu přídatných zařízení s rozmístěním zařízení

Ukládání hloubkových lopat a paletizačních vidlí bude strojník provádět pomocí pracovního zařízení stroje. Lopaty jsou v rámu pouze zaklesnuty a paletizační vidle jsou svými hroty zasunuty do rámu a váhu ponese hlubková lopata, která bude v prostředním poli. Umístění lopat je v pořadí 500 (400) mm, 900 mm a 600 mm, je to z důvodu vyrovnání hmotností na rámu a pro menší zatížení okrajů rámu. Lopaty je možné převážet v jakékoliv kombinaci, ale je třeba dbát na vyvážení přídavného rámu v ose stroje, aby byl přídavným rámem zatížen rovnoměrně.

Rám je navržen s ohledem na umístění na stroji tak, aby nedošlo ke kolizi mezi zadní nápravou a přídavnými zařízeními zaklesnutými v přídavném rámu. Také s otočným svrškem nebude docházet ke kolizi s přídavným rámem, ani s přídavným zařízením vloženým do rámu.

Rozměry přídavného zařízení přesahují pouze délku stroje, což je omezení, který nelze nijak upravit. Šířka ani výška přídavného rámu rozměry stroje nepřesahuje. Přesto je potřeba dbát zvýšené opatrnosti při pojezdu s rypadlem ve stísněných prostorech.



Obr 2.3: Nákres profilu stroje s přídavným rámem

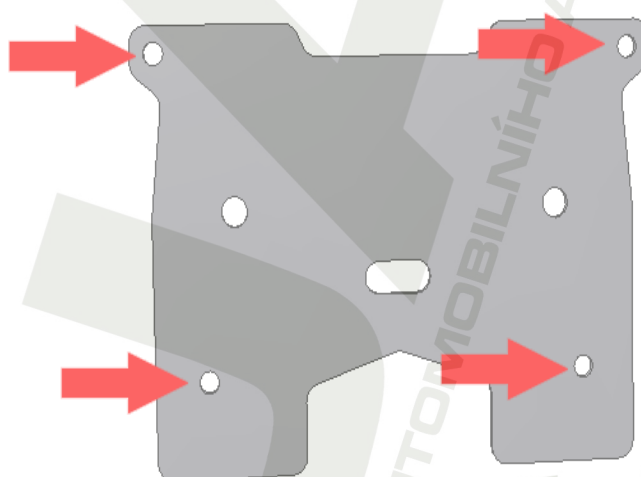
2.2 Upevnění adaptéru na rypadlo

Adaptér je navržen pro upevnění na zadní straně rámu.



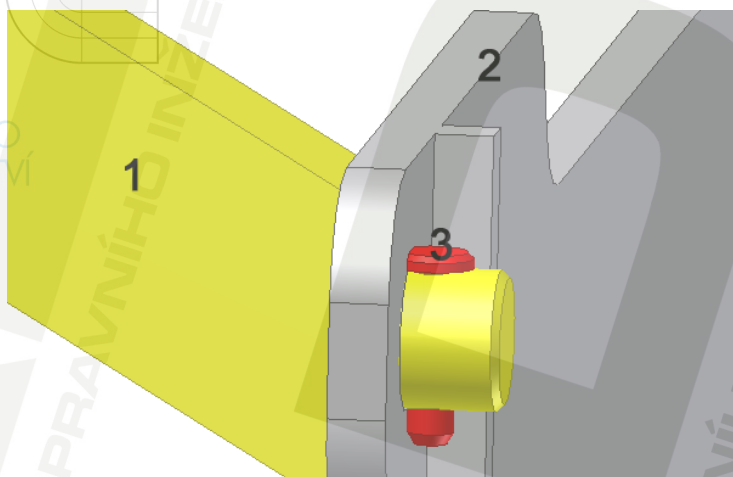
Obr. 2.4: Zadní strana rypadla Mecalac 714MW

Zadní stranu rámu není nutné nijak upravovat, pro uchycení rámu využijeme stávající otvory. Rám bude do otvorů nasunut a z druhé strany budou čepy zajištěny pojistnými čepy s hlavou, které budou bránit vysunutí přidavného rámu z rámu stroje.



Obr. 2.5: Otvory pro uchycení adaptéru

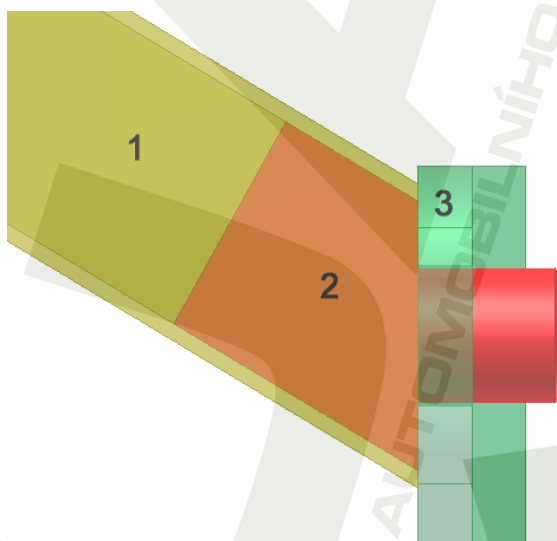
Pojistný čep, který bude bránit vysunutí přídatného rámu z rámu stroje, je upravený normalizovaný čep s hlavou dle normy ČSN EN 22341. Hlavu čepu je nutné upravit, aby bylo možné rám zajistit těsně za hranou rámu.



Obr 2.6: Detail uchycení přídatného rámu

1 – přídatný rám, 2 – rám stroje, 3 – pojistný čep

Při konstrukci a následném zatěžování v programu Ansys Workbench bylo nutné pro dostatečné přenesení zatížení vyztužit horní čep, které jsou svařeny s obdélníkovým profilem. Výztuha je tvořena vsunutím pevného materiálu do obdélníkového profilu, dle obrázku 2.7.



Obr 2.7: Detail výztuhy čepu

1 – přídatný rám, 2 – výztuha čepu, 3 – rám stroje

2.3 Výpočty

Všechny pevnostní výpočty byly provedeny metodou konečných prvků za použití programu Ansys Workbench v.11.

Jako první byly v programu Inventor namodelovány veškeré součásti, u kterých byla nutná kontrola pevnostních výpočtů. Rozměry všech použitých součástí stroje byly odměřeny přímo na stroji ve firmě Staves s.r.o. v Olomouci. Následně byly modely převedeny do programu Ansys Workbench, kde byla vytvořena síť pro pevnostní výpočet. Po vytvoření sítě byly na součástech namodelovány vazby a síly, které celé těleso namáhají.

Všem součástem byly přiřazeny materiálové charakteristiky homogeního, izotropního, lineárně pružného materiálu. Vlastnosti přiřazené oceli:

modul pružnosti v tahu $E = 200\,000\text{ MPa}$

poissonovo číslo $\mu = 0,3$

Následně byl proveden výpočet a výsledné rozložení sil je v každé kapitole vyhodnoceno a porovnáno k dovolenému napětí, které zahrnuje dynamický součinitel k_D . Tento součinitel zahrnuje dynamické účinky, kterým jsou strojní součásti namáhány při pojezdu stroje nebo při práci s těmito součástmi. Velikost dynamického součinitele jsem zvolil 1,5, což je běžně používaná velikost tohoto dynamického součinitele.

2.3.1 Pevnostní výpočet

Zatěžovací síly v modelu jsou navrženy podle hmotností přídatných zařízení, což jsou jedinné síly, které na samotný rám působí. Hmotnost jednotlivých přídatných zařízení jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 2.1: hmotnosti přídatných zařízení

| Přídatné zatížení | Hloubková lopata | | | Paletizační vidle |
|-------------------|------------------|--------|--------|-------------------|
| | 500 mm | 600 mm | 900 mm | |
| Hmotnost [kg] | 286 | 310 | 386 | 115 |

Pro pevnostní výpočet jsem zvolil nejvyšší možné zatížení přídatného rámu a to je při plném naložení rámu.

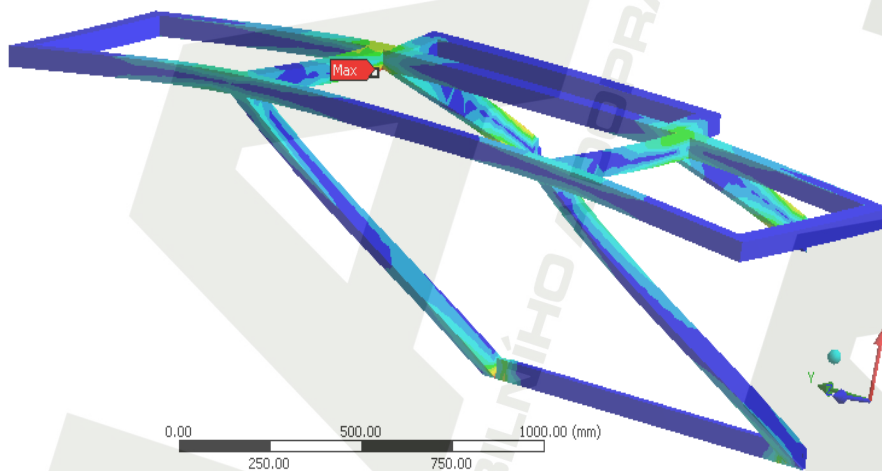
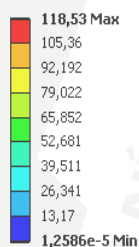
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

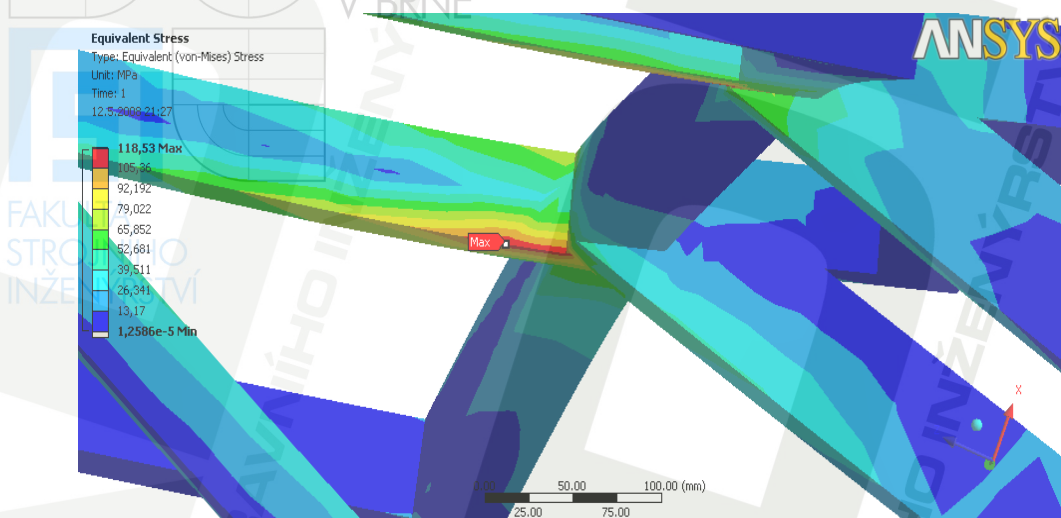
Time: 1

6.5.2008 14:28



Obr. 2.8: celý model - napětí

Z obrázku 2.8 je patrné, že zatížení od hmotností přídatných zařízení zaklesnutých v přídatném rámu, nám tvoří největší napětí v místě mezi hloubkovými lopatami. Toto napětí je, ale stále menší než mez kluzu materiálu. Je také menší než dovolené napětí, které vychází z meze kluzu a je sníženo o dynamický součinitel.



Obr 2.9: detail modelu - napětí

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S235JRH: $f_y = 235 \text{ MPa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_d}$$

$$f_D = \frac{235}{1,5}$$

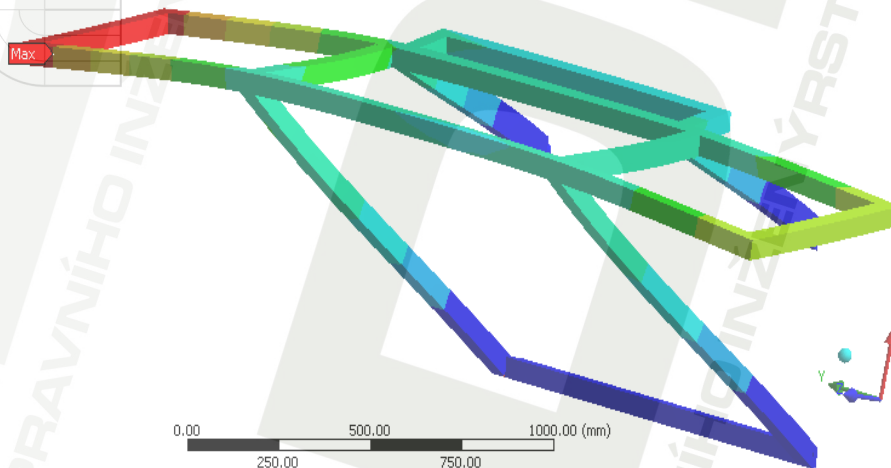
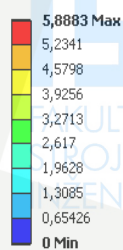
$$f_D = 157 \text{ MPa}$$

Vyhodnocení:

maximální napětí 118,53 MPa < dovolené napětí 157 MPa

VYHOVUJE

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
6.5.2008 14:33



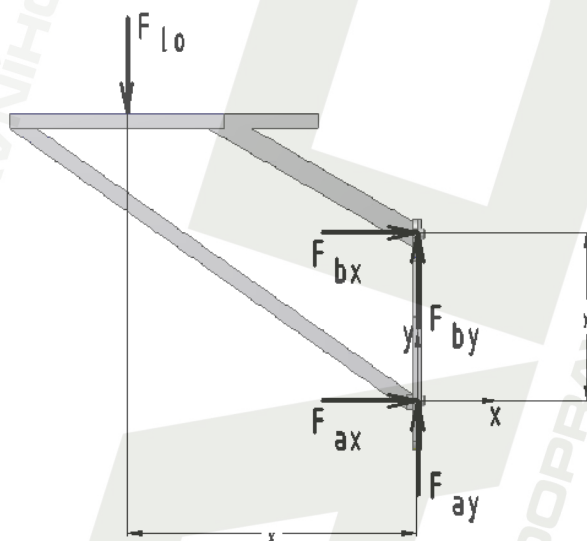
Obr. 2.10: celý model - deformace

Největší průhyb přídatného rámu je 5,8 mm, což u takovýchto strojních zařízení můžeme brát jako nepodstatný průhyb, který nám funkčnost celého mechanismu neovlivní.

2.3.2 Výpočet čepů

Pro výpočet čepů je nutné vypočítat reakce v místě uložení přídatného rámu na rámu stroje. Výpočet pojistného čepu, který budeme počítat na stříh, nám postačí výpočet síly v ose x , kterou získáme výpočtem z rovnic statické rovnováhy. Síla, kterou je přídatný rám zatěžován, je zvolena podle hmotností přídatných zařízení, které jsou v rámu zaklesnuty. Velikost síly je 10500 N a působí ve svislém směru.

Výpočet Reakcí:



Obr. 2.11: Schema zatížení rámu

Rovnice statické rovnováhy:

$$\sum F_x = 0 \quad (2.1)$$

$$F_{bx} - F_{ax} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2.2)$$

$$F_{ay} + F_{by} - F = 0$$

$$\sum M_o = 0 \quad (2.3)$$

$$-F_{bx} \cdot y + F_{lo} \cdot x = 0$$

Výpočet síly F_{bx} , kterou potřebujeme pro výpočet pojistného kolíku, vypočítáme z rovnic statické rovnováhy, kde:

$$F_{lo} = 10500 \text{ N}; x = 650 \text{ mm}; y = 950 \text{ mm}$$

$$F_{bx} = \frac{F_{lo} \cdot x}{y}$$

$$F_{bx} = \frac{10500 \cdot 650}{950}$$

$$F_{bx} = 11567,797 \text{ N}$$

Výpočet čepu:

Pojistný čep je dle navrhovaných rozměrů sestavy navržen na průměr $d_{lo} = 12 \text{ mm}$. Čep je dále potřeba kontrolovat na sřih, ke kterému by mohlo dojít od síly F_{bx} .

- kontrola na sřih

$$\tau_s = \frac{F_{bx} \cdot 4}{\pi \cdot d_{lo}^2 \cdot 4}$$

$$\tau_s = \frac{11567,797 \cdot 4}{\pi \cdot 12^2 \cdot 2}$$

$$\tau_s = 25,57 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ds} = 55 \text{ MPa} \quad \text{zvoleno dle tab. ze Strojnických tabulek str. 53}$$

$$\tau_s \leq \tau_{ds} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.4 Ekonomická náročnost

Výpočet ekonomické náročnosti výroby přídatného rámu bude vypočítán odhadem. Odhad bude vypočítán podle hmotnosti přídatného rámu a orientačně podle počtu odpracovaných hodin na výrobu jednotlivých součástí a na výrobu svarku.

Celková hmotnost přídatného rámu je 100 kg, při současných cenách hutního materiálu (33,88 Kč/kg), je cena materiálu potřebná na výrobu jednoho kusu 3.388 Kč. Cena materiálu je odvozena od hmotnosti jeklu, který tvoří převážnou část přídatného rámu. Cena byla stanovena z internetového obchodu Kondor s.r.o..

Cenu práce při výrobě přídatného rámu stanovím dle předpokládaného počtu odpracovaných hodin potřebných pro výrobu rámu. Výroba rámu bude trvat asi 25 hod. Při současných cenách zámečnické práce (500 ÷ 800) Kč/hod jsem zvolil cenu 650 Kč/hod. Náklady na výrobu jednoho kusu přídatného rámu je 16.250 Kč.

Celkové náklady na výrobu přídatného rámu jsou tedy 19.638 Kč. Cena je pouze orientační.

3. Mechanické rozšíření podpěrných patek

3.1 Návrh zařízení

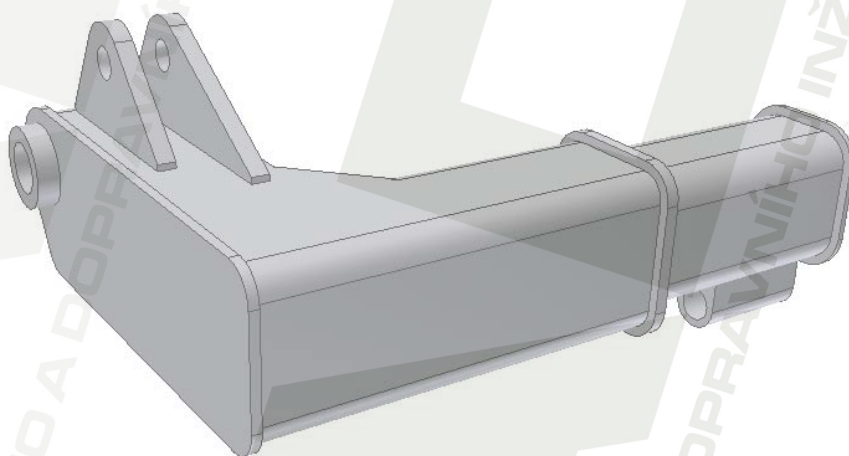
Zařízení bude sloužit pro zvýšení stability stroje při pracovním režimu, např. při zvedání břemene. Dle zadání bude vysouvání patek prováděno manuálně obsluhou stroje. Vysuvné zařízení bude možno v koncových polohách aretovat.



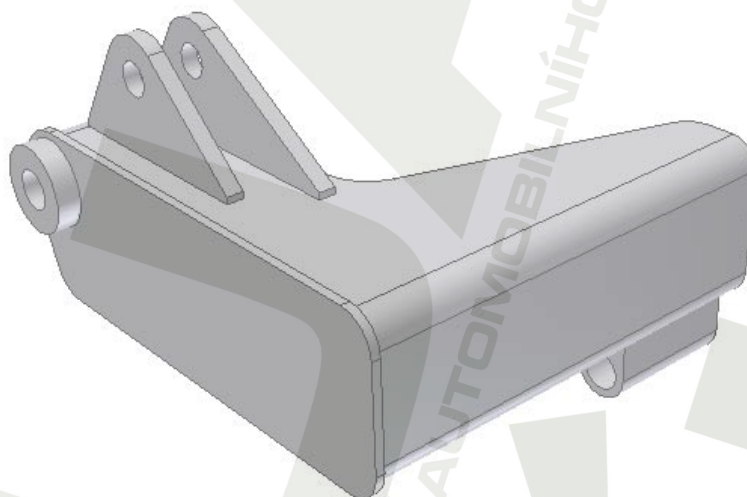
Obr 3.1: Upevnění patek k rámu stroje

Návrh nových podpěrných patek se odvíjí z konstrukce sériových. Při konstrukci byly dodrženy základní rozměry sériových patek, proto bude možné tyto patky zaměnit, bez jakýchkoliv úprav či zásahů do rámu stroje. Další variantou by bylo upravit sériové patky, ale vzhledem k tomu, že sériové patky jsou složitým svarkem, který by bylo těžké upravovat, zvolil jsem variantu vytvoření nových patek.

Při konstruování jsem vycházel z rozměrů, které budou shodné se sériovými, aby nemusela být provedena další úprava na stroji, která by výrobu nových patek prodražila. Rozměry, které jsem dodržel, jsou velikosti a polohy čepů, kterými je patka přichycena k rámu stroje a k přímočarému hydromotoru, který s patkami pohybuje. Dále se konstrukce odvíjela od rozměrů podpěr, které jsou na patce přichyceny pomocí čepu. Celkové rozměry patky jsou blízké rozměrům sériových patek, aby nedošlo k radikální změně profilů celého stroje. Výsuvná část je tvořena dvěma v sobě navzájem zasunutými profily.

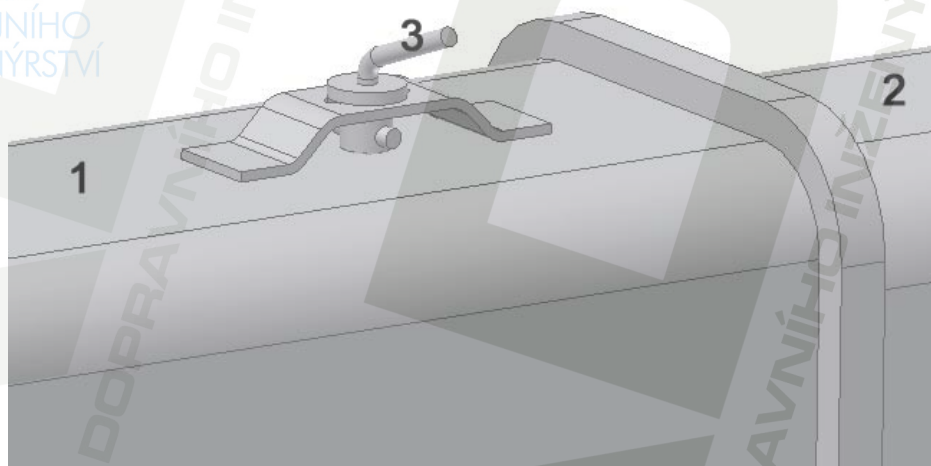


Obr 3.2: Model rozšířených patek



Obr 3.3: Model sériových patek

Výsuvné patky jsou navrženy na rozšíření stabilizačních patek o šířku 400 mm pro každou patku. Aretaci v koncových polohách bude sloužit čep o průměru 20 mm. Čep bude opatřen kolíkem, který bude bránit samovolnému vysunutí čepu z patek.



Obr 3.4: Detail výztuhy čepu

1 – pevná část patek, 2 – výsuvná část patek, 3 – aretační čep

3.2 Úpevnění na rypadle

Stabilizační zařízení je zaměnitelné se sériovými patkami a je možno jej bez nutnosti jakékoliv úpravy stroje montovat na místo sériových patek. Pro jeho výměnu je potřeba ze sériových patek demontovat podpěru, která se přichytí k novým patkám. Po demontáži podpěry bude následovat demontáž čepu od přímočarého hydromotoru, následně demontáž čepu, kterým je patka přichycena ke stroji. Montáž nových sériových patek se provádí v opačném postupu než demontáž sériových.

3.3 Výpočty

3.3.1 Pevnostní výpočet

Zatížení zvoleno po domluvě s firmou Staves s.r.o. na 15000 kg na obě patky. Model jsem zatížil silou 75000 N, což odpovídá síle zatížení na jednu patku. Při modelování jsem vycházel z méně příznivého stavu, což je stav při vysunutých patkách.

Vysunuté patky

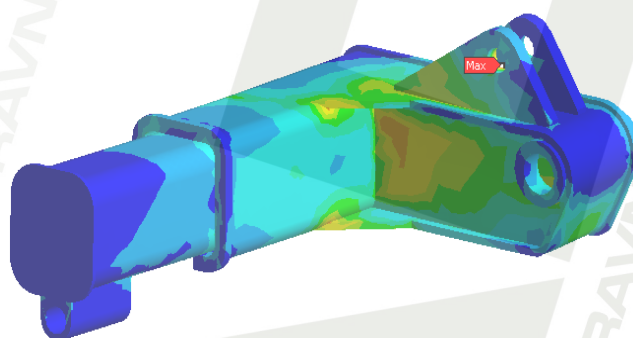
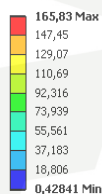
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

18.5.2008 11:30



Obr 3.5: Vysunutý model patek - napětí

Při opakovaných výpočtech modelu, kdy byl model upravován, stále docházelo ke špičkám napětí v místě uložení přímočarého hydromotoru. Toto napětí bylo stále větší než dovolené napětí, které vychází z meze kluzu materiálu (S235JRH), snižené o dynamický součinitel. Proto byl změněn materiál desky, na kterém se vyskytuje špička napětí na materiál S275JRH.

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S275JRH: $f_y = 275 \text{ MPa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

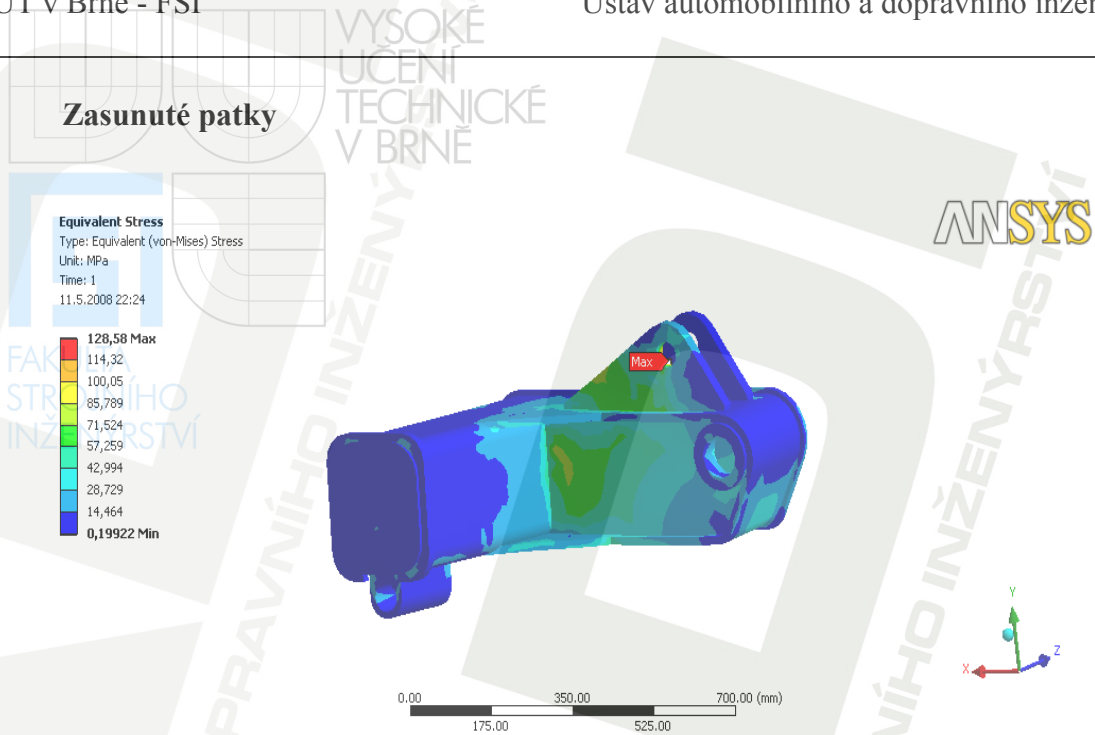
dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_d} = \frac{275}{1,5}$$

$$f_D = 183,33 \text{ MPa}$$

maximální napětí 165,83 MPa < dovolené napětí 183,33 MPa

VYHOVUJE



Obr 3.6: Zasunutý model patek – napětí

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S275JRH: $f_y = 275 \text{ MPa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_d}$$

$$f_D = \frac{275}{1,5}$$

$$f_D = 183,33 \text{ MPa}$$

Vyhodnocení:

maximální napětí 128,53 MPa < dovolené napětí 183,33 MPa

VYHOVUJE

3.4 Ekonomická náročnost

Výpočet ekonomické náročnosti výroby nových výsuvných patek je vypočítán odhadem. Odhad je vypočítán podle hmotnosti nových výsuvných patek a orientačně podle počtu odpracovaných hodin na výrobu jednotlivých součástí sestavy.

Celková hmotnost podpěrných patek je 180 kg, při současných cenách hutního materiálu (24,88 Kč/kg), je cena materiálu potřebná na výrobu jednoho kusu 4.478,4 Kč. Cena materiálu je odvozena od hmotnosti tabule plechu, který tvoří převážnou část přídavného rámu. Cena byla stanovena z internetového obchodu Kondor s.r.o..

Cenu práce při výrobě patek stanovím dle předpokládaného počtu odpracovaných hodin potřebných pro výrobu nových patek. Výroba rámu bude trvat asi 18 hod. Při současných cenách zámečnické práce (500 ÷ 800) Kč/hod jsem zvolil cenu 650 Kč/hod. Náklady na výrobu jednoho kusu přídavného rámu je 11.700 Kč.

Celkové náklady na výrobu jednoho kusu patkovacího zařízení jsou tedy 16.178,4 Kč. Celková orientační cena pro dvě patky je 32.356,8 Kč.

4. Zařízení na převoz palet

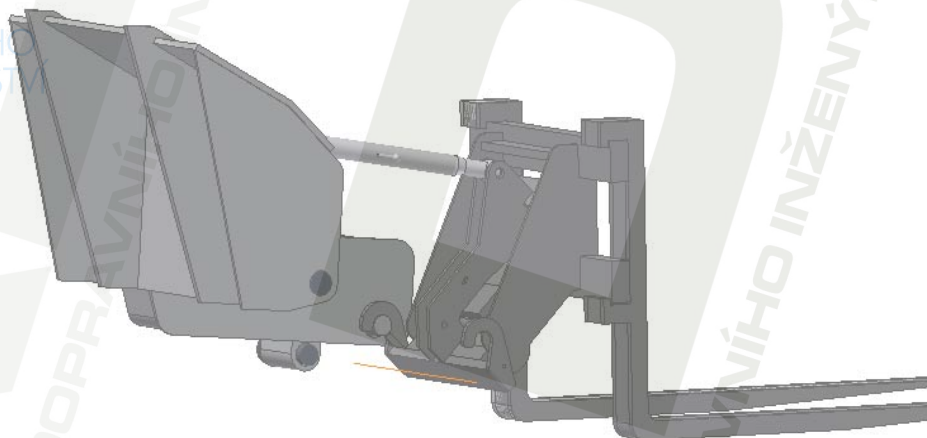
4.1 Návrh zařízení

Zařízení bude sloužit pro převoz palet po pracovišti. Příkladem použití, kdy budeme moci toto zařízení použít, je pokládání obrubníků. Při pokládání obrubníků bude obsluha rypadla vozit paletu se silničními obrubníky a nebude tak muset přejíždět k paletě s obrubníky, což by proces pokládání obrubníků značně prodloužilo. Celý mechanismus bude přichycen na přední části stroje.

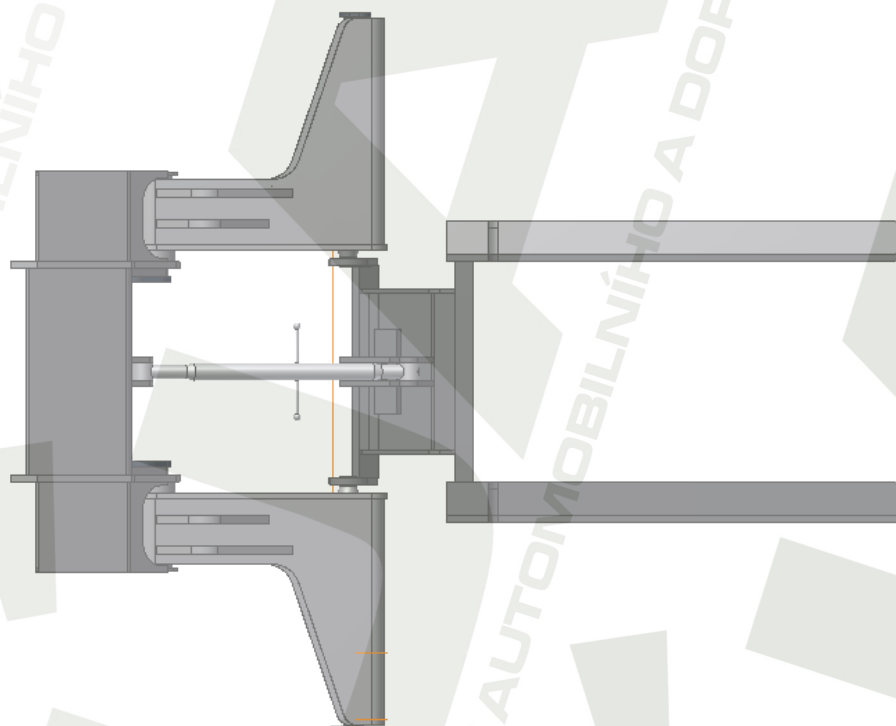


Obr 4.1: Přední část rámu stroje

Základem celého zařízení jsou sériově prodávané paletizační vidle, které budou pomocí přídatného rámu zavěšeny na podpěrných patkách rypadla. Pomocí těchto patek se také celý mechanismus bude ovládat. Jako třetí bod pro uchycení mechanismu k rámu rypadla bude sloužit šroubové stavitelné táhlo.

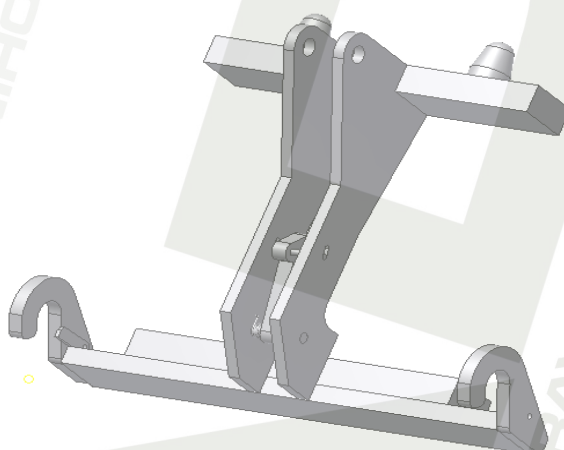


Obr. 4.2: Model zařízení



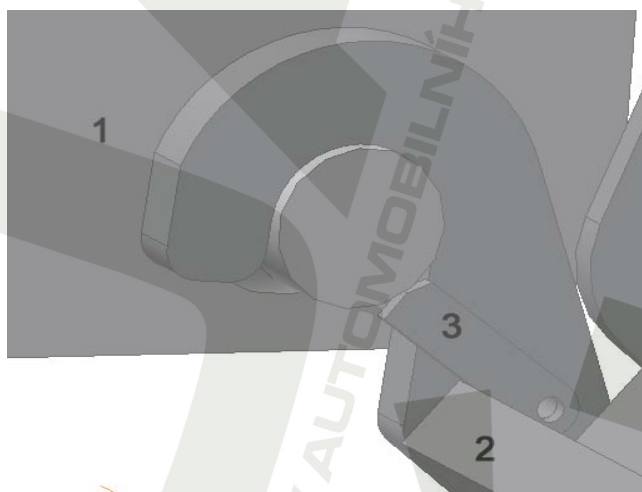
Obr. 4.2: Pohled na celou sestavu - shora

Přídavný rám je složený z protikusu upínacího zařízení, na kterém jsou paletizační vidle připojeny. Protikus je tvořen dvěma deskami. Horní deska upínacího zařízení je opatřena čepem a spodní otvory. Tyto desky jsou spojeny dvěma deskami, ve kterých je otvor pro uchycení stavitelného táhla. Pro přenos největšího zatížení je na spodní části přídavného rámu použit nosník z obdélníkového profilu. Na jeho koncích jsou přivařeny přichytky, pomocí kterých se bude zařízení zavěšovat na patky rypadla.

STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

Obr. 4.3: Model přídavného rámu

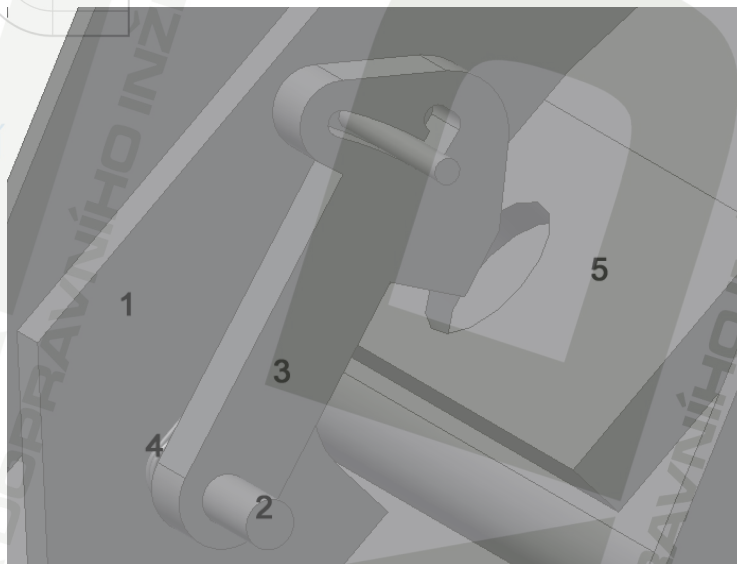
K zajištění rámu na podpěrných patkách budou sloužit západky, které se pouhým překlopením zajistí. Jedná se o jednoduchý mechanismus, tvoří jej západka a čep na kterém se otáčí. Po nasazení rámu na opěrné patky je třeba západku překlopit.



Obr 4.4: Detail zajištění opěrných patek

1 – opěrná patka, 2 – přídavný rám, 3 – západka

K zajištění paletizačních vidlí v přídatném rámu bude sloužit západka, kterou bude pružina tlačít k paletizačním vidlím. K zajištění paletizačních vidlí dojde hned po nasazení vidlí. K sejmutí vidlí je však nutné překloupat západku a přesunutím čepu zajistit západku v otevřené poloze.

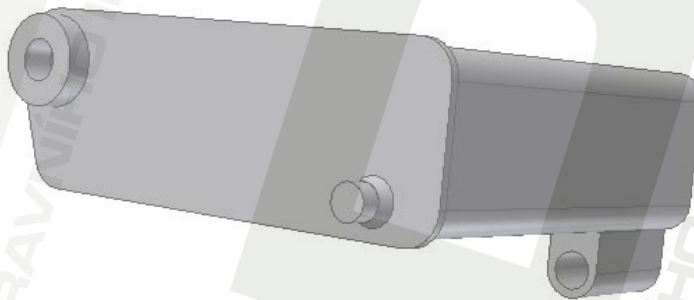


Obr 4.5: Detail zajištění paletizačních vidlí

1 – přídatný rám, 2 – čep, 3 – západka, 4 – přitlačná pružina, 5 – paletizační vidle

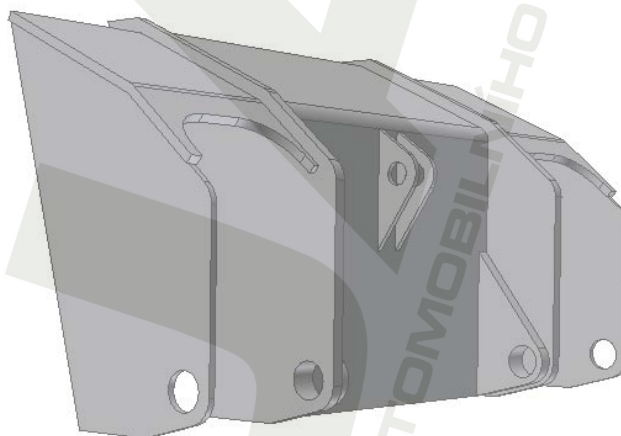
4.2 Upevnění zařízení na rypadle

Zařízení je zavěšeno na čepch na stabilizačních patkách. Tyto čepy je k patkám nutné přivařit, podle přiloženého výkresu (viz. přílohy). Čepy jsou na straně u patky osazeny kuželem, který přidavný rám udržuje ve správné poloze v podélné ose stroje.



Obr. 4.6: Úprava patky pro použití zařízení pro převoz palet

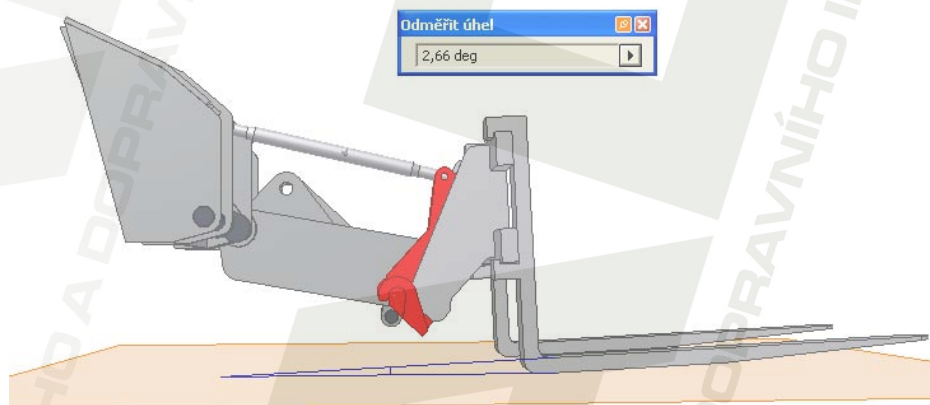
Další úpravou je třeba vytvořit kotevní bod na rámu stroje pro stavitelné táhlo. Jedná se o dvě desky s otvory, které jsou přivařeny k rámu stroje. Otvory jsou pro čep, který drží stavitelné táhlo. Čepy jsou navrženy podle vybraného stavitelného táhla. Průměr čepu je 25 mm.



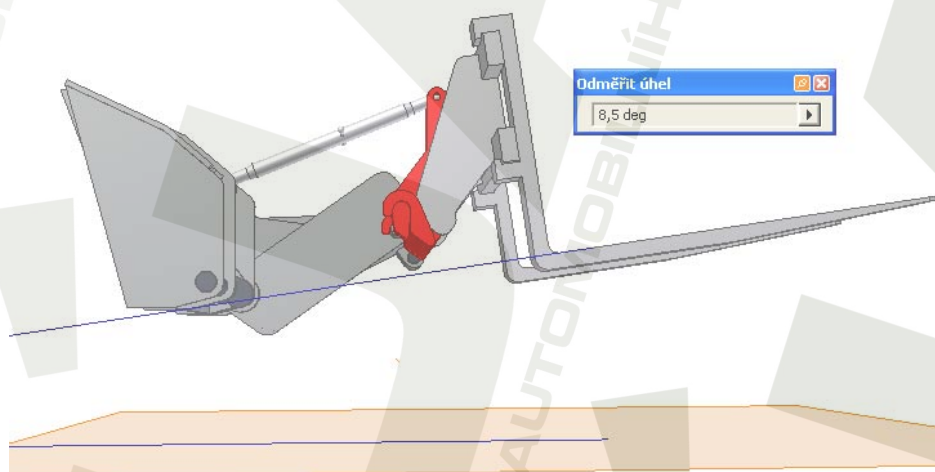
Obr. 4.7: Úprava rámu pro použití zařízení pro převoz palet

4.3 Kinematický mechanismus

Kinematický mechanismus je navržen s ohledem na možnosti manipulace s paletou. Při nakládání palety s obrubníky je vhodné mít minimální naklon vidlí a při zvedání palet je zapotřebí mírného zvýšení náklonu, tak aby paleta s obrubníky při pojezdu po nerovném povrchu nesklouzávala z paletizačních vidlí. Táhlo je navrženo délkově stavitelné, pro nastavení celého mechanismu, dle aktuálních potřeb při manipulaci s paletou. Rozdíl náklonů v poloze při nakládání a při zvednutém mechanismu je asi 6° .



Obr. 4.8: Mechanismus ve spodní poloze



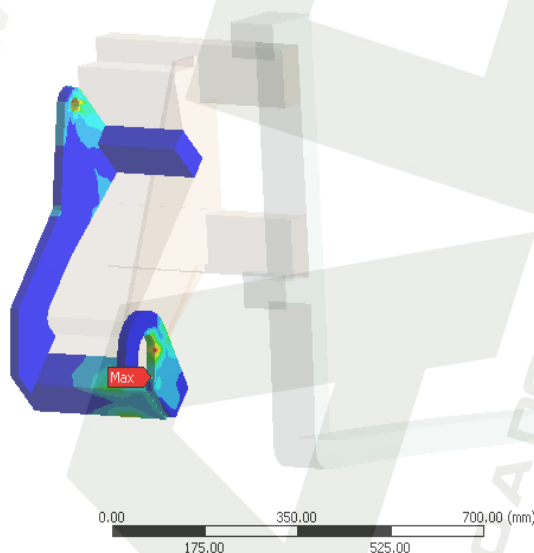
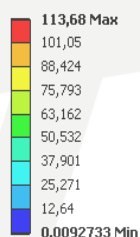
Obr. 4.9: Mechanismus v horní poloze

4.4 Výpočty

4.4.1 Pevnostní výpočty

Po domluvě s firmou Staves s.r.o., je paletizační zařízení navrženo na hmotnost břemene 2000 kg, což představuje asi největší možnou hmotnost břemene. Tato hmotnost odpovídá hmotnosti palety se zámkovou dlažbou. Pro zatížení jsem však zvolil větší zatížení z důvodu bezpečného přenesení zatížení při neočekávaných situacích. Což mohou být různé kolize při nakládání palety a při manipulaci s ní. Pro zjednodušení a urychlení výpočtu jsem upravil model využitím symetrie.

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
6.5.2008 17:17



ANSYS

Obr. 4.10: Úprava rámu pro použití zařízení pro převoz palet

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S235JRH: $f_y = 235 \text{ Mpa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_D}$$

$$f_D = \frac{235}{1,5}$$

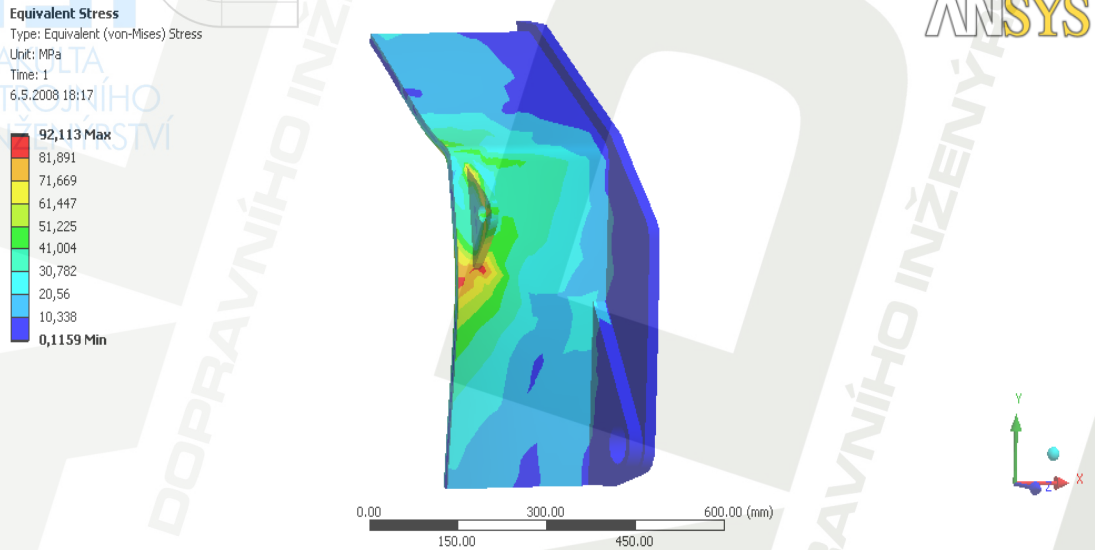
$$f_D = 157 \text{ MPa}$$

Vyhodnocení:

maximální napětí 113,68 MPa < dovolené napětí 157 MPa **VYHOVUJE**

4.4.2 Pevnostní výpočet rámu

Zatěžující síla je navržena dle zatížení od hmotnosti palety. Rám byl zatížen silou R_b , kterou jsem vypočítal v kapitole 4.4.4 z rovnic statické rovnováhy.



Obr. 4.11: Úprava rámu pro použití zařízení pro převoz palet

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S235JRH: $f_y = 235 \text{ MPa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_d}$$

$$f_D = \frac{235}{1,5}$$

$$f_D = 157 \text{ MPa}$$

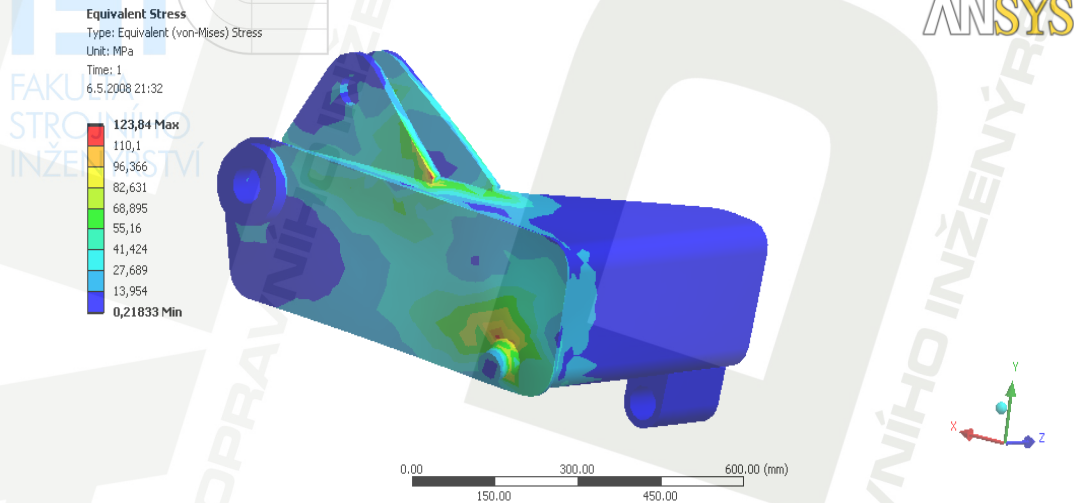
Vyhodnocení:

maximální napětí 92,113 MPa < dovolené napětí 157 MPa

VYHOVUJE

4.4.3 Pevnostní výpočet patek

Zatěžující síla je navržena dle zatížení od hmotnosti palety. Rám byl zatížen silou R_a , kterou jsem vypočítal v kapitole 4.4.4 z rovnic statické rovnováhy.



Obr. 4.12: Úprava rámu pro použití zařízení pro převoz palet

Mezní stav únosnosti:

mez kluzu oceli S235JRH: $f_y = 235 \text{ Mpa}$

dynamický součinitel: $k_D = 1,5$

dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$f_D = \frac{f_y}{k_d}$$

$$f_D = \frac{235}{1,5}$$

$$f_D = 157 \text{ MPa}$$

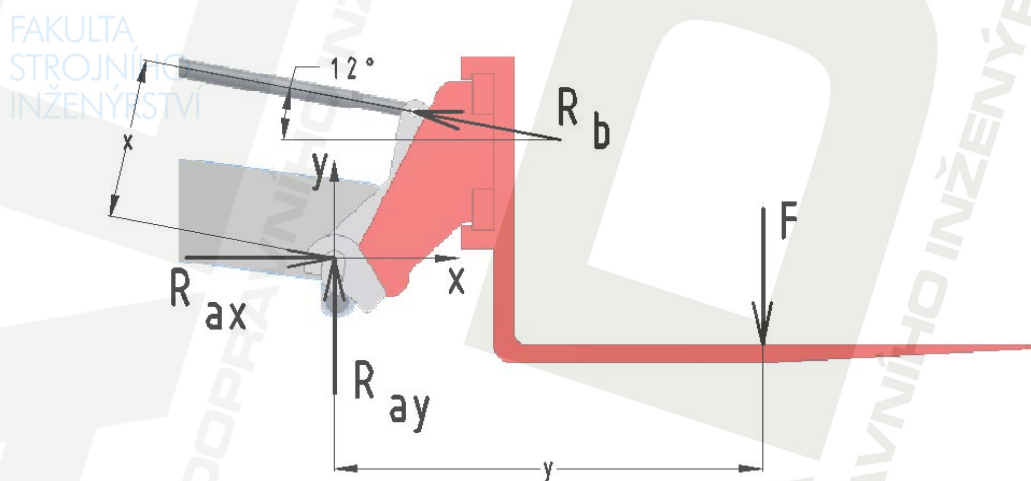
Vyhodnocení:

maximální napětí 92,113 MPa < dovozené napětí 157 MPa

VYHOVUJE

4.4.4 Výpočet čepů

Síly působící na čepy budou vypočítány z rovnic statické rovnováhy. Zatěžující síla, která na celou soustavu působí je síla od hmotnosti palety. Hmotnost, na kterou bude rám navržen, je po domluvě s firmou STAVES s.r.o. 2000 kg. Síla na rám je navržena na 21000 N, je to síla zvětšená oproti navržené hmotnosti, je to z důvodu bezpečnosti, při manipulaci s paletou.



Obr. 4.13: Schema zatížení rámu

Výpočet Reakcí:

Rovnice statické rovnováhy:

$$\sum F_x = 0 \quad (4.1)$$

$$R_{ax} - R_b \cdot \cos(\alpha) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad (4.2)$$

$$R_{ay} - R_b \cdot \sin(\alpha) - F = 0$$

$$\sum M_o = 0 \quad (4.3)$$

$$R_b \cdot x - F \cdot y = 0$$

Vypočet reakcí z rovnic statické rovnováhy:

- Reakce v místě ukotvení horního čepu:

Zatěžující síla zvolena dle hmotnosti palety: $F_{zat}=21000\text{ N}$

Hodnoty x, y z modelu rámu: $x = 1010\text{ mm}, y = 450\text{ mm}$

$$R_b = \frac{F_{zat} \cdot x}{y}$$

z rovnice 4.3

$$R_b = \frac{2100 \cdot 1010}{450}$$

$$R_b = 47133,33\text{ N}$$

- x-ová složka reakce v místě ukotvení spodního čepu

$$R_{ax} = R_b \cdot \cos(\alpha)$$

z rovnice (4.1) $R_{ax} = 47133,33 \cdot \cos(12)$

$$R_{ax} = 46103,35\text{ N}$$

- y-ová složka reakce v místě ukotvení spodního čepu

$$R_{ay} = R_b \cdot \sin(\alpha)$$

z rovnice 4.2 $R_{ay} = 47133,33 \cdot \sin(12)$

$$R_{ay} = 30799,57\text{ N}$$

- reakce v místě ukotvení spodního čepu

$$R_a = \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2}$$

$$R_a = \sqrt{46103,35^2 + 30799,57^2}$$

$$R_a = 55444,86\text{ N}$$

Výpočet horního čepu:

Čepy jsou kontrolovány na stříh a na otláčení materiálu. Síly působící na čepy, jsou vypočítány z rovnic statické rovnováhy.

průměr čepu – $d = 25 \text{ mm}$ (dle stavitelného táhla)

šířka stěny – $b = 15 \text{ mm}$

- kontrola na stříh

$$\tau_s = \frac{R_b \cdot 4}{\pi \cdot d^2 \cdot 2}$$

$$\tau_s = \frac{47133,33 \cdot 4}{\pi \cdot 25^2 \cdot 2}$$

$$\tau_s = 48,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ds} = 55 \text{ MPa} \quad \text{zvoleno dle tab. ze Strojnických tabulek str. 53}$$

$$\tau_s \leq \tau_{ds} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- kontrola na otláčení

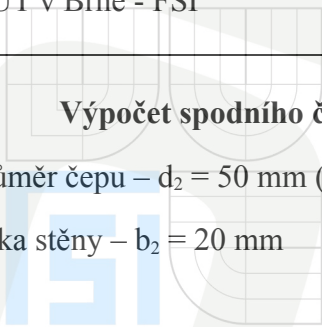
$$\sigma_o = \frac{R_b}{2 \cdot b \cdot d}$$

$$\sigma_o = \frac{47133,33}{2 \cdot 15 \cdot 25}$$

$$\sigma_o = 62,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{do} = 75 \text{ MPa} \quad \text{zvoleno dle tab. ze Strojnických tabulek str. 53}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{do} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Výpočet spodního čepu:**

průměr čepu – $d_2 = 50$ mm (zvoleno dle sestavy)

šířka stěny – $b_2 = 20$ mm

- kontrola na střih

$$\tau_{s2} = \frac{R_a \cdot 4}{\pi \cdot d_2^2 \cdot 2}$$

$$\tau_{s2} = \frac{55444,86 \cdot 4}{\pi \cdot 50^2 \cdot 2}$$

$$\tau_{s2} = 14,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ds} = 55 \text{ MPa} \quad \text{zvoleno dle tab. ze Strojnických tabulek str. 53}$$

$$\tau_s \leq \tau_{ds} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- kontrola na otláčení

$$\sigma_{o2} = \frac{R_a}{2 \cdot b_2 \cdot d_2}$$

$$\sigma_{o2} = \frac{55444,86}{2 \cdot 20 \cdot 50}$$

$$\sigma_{o2} = 73,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{do} = 75 \text{ MPa} \quad \text{zvoleno dle tab. ze Strojnických tabulek str. 53}$$

$$\sigma_{o2} \leq \sigma_{do} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.5 Ekonomická náročnost

Výpočet ekonomické náročnosti výroby přídatného rámu je vypočítán odhadem. Odhad je vypočítán podle hmotnosti přídatného rámu a orientačně podle počtu odpracovaných hodin na výrobu jednotlivých součástí a na výrobu celých sestav. Do ekonomické náročnosti je také započítána cena ostatního příslušenství, což představuje stavitelné táhlo, čep a závlačky.

Celková hmotnost přídatného rámu je asi 65 kg, při současných cenách hutního materiálu (25 Kč/kg), je cena materiálu potřebná na výrobu jednoho kusu 1.625 Kč. Cena materiálu je odvozena od hmotnosti plného materiálu, který tvoří převážnou část přídatného rámu. Cena byla stanovena z internetového obchodu Kondor s.r.o..

Cenu práce při výrobě přídatného rámu stanovím dle předpokládaného počtu odpracovaných hodin potřebných pro výrobu rámu. Výroba rámu bude trvat asi 35 hod. Při současných cenách zámečnické práce (500 ÷ 800) Kč/hod jsem zvolil cenu 650 Kč/hod. Náklady na výrobu jednoho kusu přídatného rámu je 22.750 Kč.

Cena příslušenství:

| | | |
|--------------------|---------------|----------------|
| - stavitelné táhlo | 44,70 EUR/kus | 1.117,5 Kč/kus |
| - čep | 5,5 EUR/kus | 137,5 Kč/kus |
| - závlačky | 0,5 EUR/kus | 12,5 Kč/kus |

Celková cena příslušenství na výrobu jednoho kusu rámu činí 1.417,5 Kč. Přepočtení ceny z EURO na Kč je dle aktuálního kurzu 25 Kč/EUR.

Celkové orientační náklady na výrobu přídatného rámu jsou tedy 25.792,5 Kč.

5 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabýval rozšířením použitelnosti rypadla Mecalac 714MW. Dle zadání byly navrženy přídatné rámy a rozšíření paletizačních vidlí. Konstrukční návrhy jsem volil s ohledem na pevnostní výpočty jednotlivých celků. Jednotlivé návrhy celků jsou popsány v příslušných kapitolách.

Pevnostní výpočty jsou počítány v programu ANSYS Workbench, do kterých byla tělesa importována z programu INVENTOR, ve kterém byla tělesa modelována. Vyhodnocení pevnostních výpočtů jsou popsány v jednotlivých kapitolách.

Dále byla vypočítána ekonomická náročnost jednotlivých celků. Ekonomická náročnost byla vypočítána odhadem dle hmotnosti součástí a dle orientačního počtu odpracovaných hodin. Hmotnostní sazby byly zjištěny z internetového obchodu Kondor s.r.o.. Výpočet ceny materiálu je pouze orientační, protože u každého celku, byla hmotnostní sazba určena dle největšího materiálového zástupce. Hodinová sazba byla určena z orientační ceny za hodinu práce v zámečnické dílně.

K diplomové práci je také přiložena výkresová dokumentace. Výkresová dokumentace obsahuje výkresy sestavení a výkresy některých svarků. Výkresy byly kresleny v programu AUTOCAD 2007.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Janíček, P.-Ondráček, E.-Vrbka, J.: Mechanika těles. Pružnost a pevnost I, Nakladatelství VUT Brno, 1992
- [2] Svoboda, P., Kovařík, R., Brandejs, J.: Základy konstruování, Brno 2001
- [3] Jan Leinveber, Pavel Vávra.: Strojnické tabulky, Třetí doplněné vydání, vydalo nakladatelství Albra 2005
- [4] Česká technická norma – Navrhování ocelových konstrukcí ČSN 73 1401, vydal Český normalizační institut, v Praze 1998
- [5] Oficiální stránky firmy STAVES s.r.o Olomouc dostupné z: <<http://www.staves.cz/>>
- [6] Oficiální stránky firmy Mecalac dostupné z: <<http://www.mecalac.com/>>
- [7] Prodej hutního materiálu Kondor dostupné z: <<http://www.kondor.cz/>>

Seznam použitých symbolů a zkratk

| | | |
|-------------|--|-------|
| b | - šířka stěny horního uložení | [mm] |
| b_2 | - šířka stěny spodního uložení | [mm] |
| d | - průměr čepu horního uložení | [mm] |
| d_2 | - průměr čepu spodního uložení | [mm] |
| E | - modul pružnosti v tahu | [MPa] |
| F_{ax} | - x-ová složka reakce ve spodním uložení přídavného rámu | [N] |
| F_{ay} | - y-ová složka reakce ve spodním uložení spodního čepu | [N] |
| F_{bx} | - x-ová složka reakce v horním uložení přídavného rámu | [N] |
| F_{by} | - y-ová složka reakce v horním uložení přídavného rámu | [N] |
| F_{lo} | - síla působící na přídavný rám na lopaty | [N] |
| f_y | - mez kluzu materiálu | [MPa] |
| F_{zat} | - síla působící na paletaziční vidle | [N] |
| k_d | - dynamický součinitel | [-] |
| R_a | - reakce v místě uložení spodního čepu | [N] |
| R_{ax} | - x-ová složka reakce v místě uložení spodního čepu | [N] |
| R_{ay} | - y-ová složka reakce v místě uložení spodního čepu | [N] |
| R_b | - reakce v místě uložení horního čepu | [N] |
| x | - vzdálenost síly od počátku souřadného systému v ose x | [N] |
| y | - vzdálenost síly od počátku souřadného systému v ose y | [N] |
| α | - úhel sklonu táhla | [MPa] |
| τ_{ds} | - dovolené napětí ve smyku | [MPa] |
| τ_s | - smykové napětí | [MPa] |
| μ | - poissonovo číslo | [-] |

Seznam příloh

Příloha 1. : Zatížený model podpěrných patek - napětí

Příloha 2. : Zatížený model podpěrných patek - deformace

Příloha 3. : Zatížený model přidavného rámu pro palety - napětí

Příloha 4. : Zatížený model přidavného rámu pro palety - deformace

Příloha 5. : Zatížený model rámu - deformace

Příloha 6. : Zatížený model patek - deformace

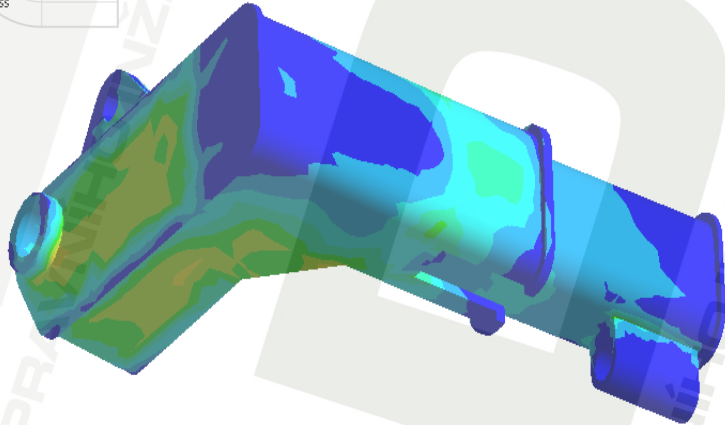
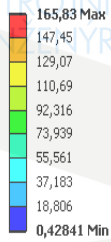
Příloha 7. : Výkresová dokumentace

Příloha 1

Zatížený model podpěrných patek – napětí

Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa

Time: 1
 20.5.2008 7:18

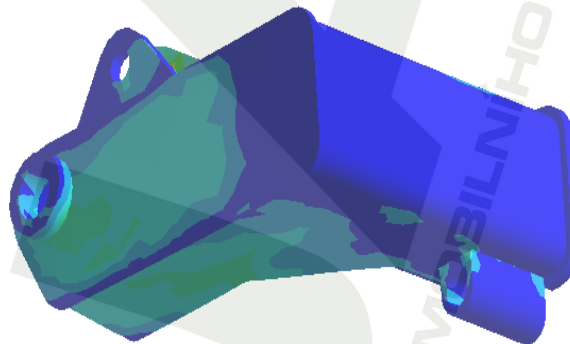
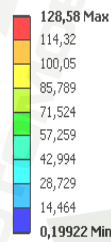


vysunuté

ANSYS

Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa

Time: 1
 20.5.2008 7:18



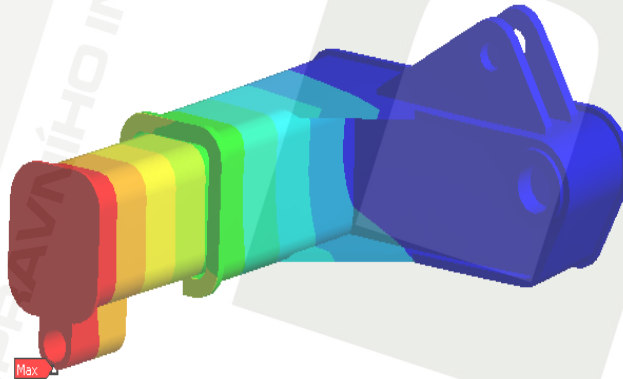
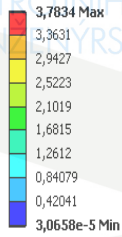
zasunuté

ANSYS

Příloha 2

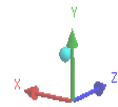
Zatížený model podpěrných patek – deformace

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
20.5.2008 7:18

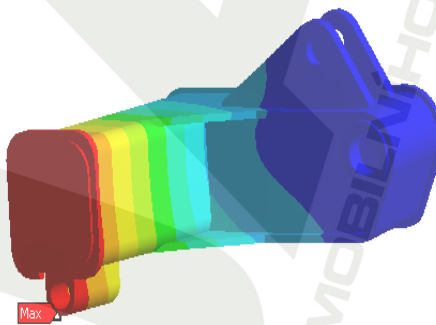
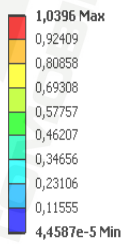


vysunuté

ANSYS

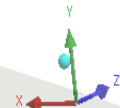


Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
20.5.2008 9:22



zasunuté

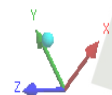
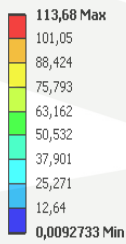
ANSYS



Příloha 3

Zatížený model přídatného rámu pro palety – napětí

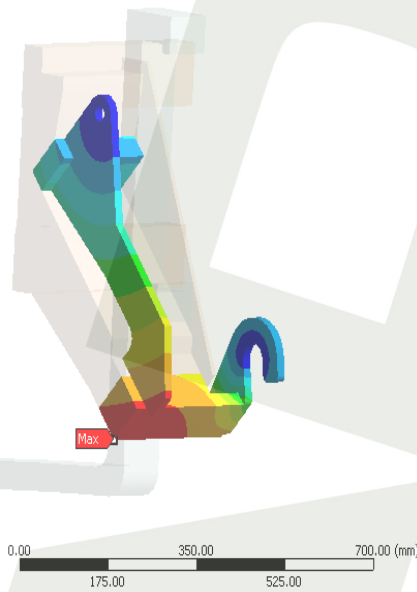
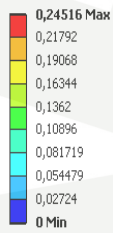
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
20.5.2008 9:12



Příloha 4

Zatížený model přídatného rámu pro palety – deformace

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
20.5.2008 9:13



ANSYS

Příloha 5

Zatížený model rámu – deformace

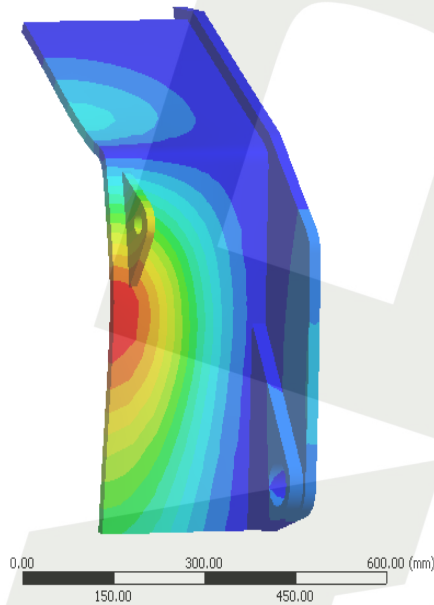
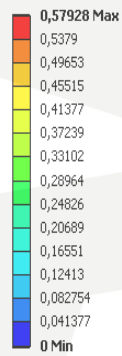
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

20.5.2008 9:18



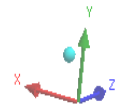
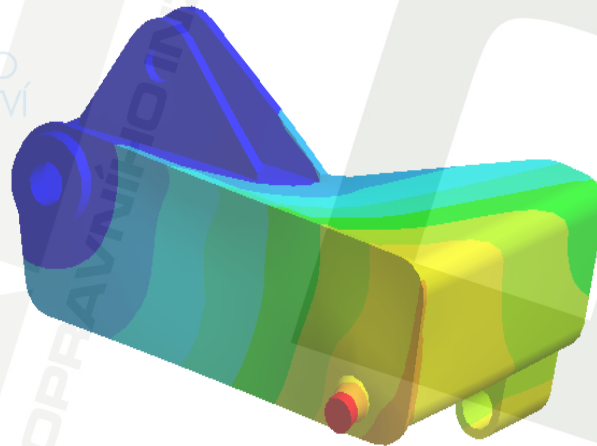
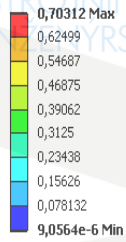
ANSYS

Příloha 6

Zatížený model patek – deformace

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm

Time: 1
20.5.2008 9:18



ANSYS