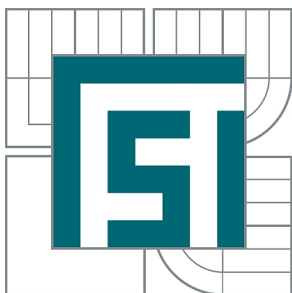


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

ODPRUŽENÍ KABINY TRAKTORU

SUSPENSION OF TRACTORCABIN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ALEŠ PROKOP

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. DAVID KOLLHAMMER, PH.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Prokop Aleš, Bc.

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

obor: **Konstrukční inženýrství (2301T037)**

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 diplomové práce:

Odpružení kabiny traktoru

v anglickém jazyce:

Suspension of tractor cabin

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh odpružení kabiny traktoru s těmito parametry:

- Odpružení kabiny musí respektovat současnou zástavbu.
- Nové konstrukční řešení musí snížit hluk a vibrace přenášené do kabiny
- Zohlednit co nejvyšší využití již vyráběných dílů
- Zohlednit cenu konstrukce
- Pružicí elementy musí být dostupné, nejlépe katalogové
- Konstrukci provést v programovém prostředí Pro Engineer
- Připravit podklady pro prototypovou výrobu.

Cíle diplomové práce:

Diplomová práce musí obsahovat:

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma diplomové práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: konstrukční

Účel práce: pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

Vlk, F. Dynamika motorových vozidel. František Vlk. Brno 2000. ISBN 80-238-5274-4.

Bauer, F. a kol. Traktory. Profi press, 2006. ISBN 80-86726-15-0

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Kollhammer, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 23.11.2009



prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem odpružení kabiny traktoru. Na začátku je shrnut přehled variant odpružení ostatních výrobců traktorů. Následuje vlastní konstrukční činnost od výběru metody odpružení, po konečný návrh se všemi detaily. Součástí je i deformačně-napěťová analýza významných částí konstrukce a návrh metody porovnání s variantou předchozí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Odpružení kabiny, hydraulický tlumič, vinutá pružina, silentblok, úchytná konzola, pryžový doraz

ABSTRACT

This Master's thesis deals with construction design suspension of tractor's cabin. At the very beginning there is an overview of different possibilities suspension from others producers. Afterwards there is my constructional working from selection variant of suspension to final project with all details. The another part of my thesis is strain-stress analysis of significant parts of construction and suggestion of comparing the method with the previous variant of suspension.

KEYWORDS

Suspension of cabin, hydraulic damper, spiral spring, rubber silent block, support, rubber buffer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROKOP, A. *Odpružení kabiny traktoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Kollhammer, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Odpružení kabiny traktoru“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Davida Kollhammera, Ph.D. s využitím doporučené literatury.

V Brně dne 25. května 2010

.....
Aleš Prokop

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Davidovi Kollhammerovi, Ph.D. za odborné vedení této práce, poskytování rad a materiálních podkladů po celou dobu jejího řešení.

OBSAH

ÚVOD	13
1 Přehled jednotlivých typů odpružení	14
1.1 Odpružení pomocí silentbloků	14
1.1.1 Popis	14
1.1.2 Ukázky některých koncepcí odpružení pomocí silentbloků	15
1.2 Odpružení mechanické	16
1.2.1 Popis	16
1.2.2 Case, New Holland a Steyr	16
1.2.3 Valtra	19
1.2.4 Fendt	21
1.2.5 Deutz-Fahr, Same a Lamborghini	21
1.2.6 Claas	22
1.3 Odpružení pneumatické	25
1.3.1 Popis	25
1.3.2 Deutz-Fahr, Same a Lamborghini	25
1.3.3 Fendt a Valtra	27
1.3.4 Claas	28
1.4 Odpružení hydraulické	30
1.4.1 Popis	30
1.4.2 John Deere	30
2 Formulace řešeného problému a jeho technická a vývojová analýza	32
2.1 Formulace řešeného problému	32
2.2 Technická analýza	33
2.3 Vývojová analýza	33
2.4 Původní uchycení kabiny	33
2.5 Konstrukční řešení kabiny	35
3 Vymezení cílů práce	36
4 Návrh metodického přístupu k řešení	37
5 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty	38
5.1 Výběr pružící a tlumící jednotky	38
5.2 Konstrukční varianta 1	40
5.3 Konstrukční varianta 2	42
5.4 Konstrukční varianta 3	44
6 Konstrukční řešení	47
6.1 Zástavbové a připojovací rozměry kabiny k tělu traktoru	47
6.2 Vlastní konstrukční řešení	47
Spodní úchytná konzola	47
6.3 Pevnostní analýza	57
6.3.1 Spodní úchytná konzola	58
6.2.2 Horní úchytná konzola	63
6.2.3 Panhardská tyč	66
6.4 Porovnání útlumu vibrací současného a původního řešení	69
7 Závěr (konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)	71
8 Seznam použitých zdrojů	74
9 Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin	76
10 Seznam obrázků	77
11 Seznam tabulek	79

ÚVOD

Zemědělství je souhrnný název pro proces cíleného pěstování rostlin a chovu hospodářských zvířat, za účelem produkce potravin. Charakteristickým znakem tohoto procesu je vázanost na půdu, kterou je nutno co nejefektivněji využívat. Musí se proto různými způsoby upravovat, obohacovat o živiny a připravit tak co nejlepší podmínky pro budoucí plodinu. Tyto přípravy se nejprve prováděly manuálním způsobem pomocí jednoduchých nástrojů, postupem času však dochází k mechanizaci zemědělské výroby, jejíž podstatnou složku tvoří traktory.

Traktor (z latinského tractor = tahač, trahere = táhnout) je označení pro samojízdný pracovní stroj, který slouží především k tahání, dále však nesení, tlačení a pohonu zemědělských strojů, široké užití má i v lesním hospodářství a dopravě [4]. V počátcích se jednalo o koncepčně i technicky jednoduché stroje, s postupným vývojem, zdokonalováním a nástupem nových technologií rostou požadavky na výkonnost, spolehlivost, stupeň automatizace, s nimi také souvisí nároky na pohodlí a komfort. Neméně podstatná je také bezpečnost pracovníků, kteří stroje obsluhují, byly proto vzneseny požadavky na konstrukci, která by chránila obsluhu v nebezpečných situacích, jako jsou nehody, apod. Tuto funkci obstarává konstrukční celek, zvaný kabina traktoru. Kabinu lze považovat za koordinační a řídicí centrum pracovního stroje. Vedle bezpečnostní funkce a ochrany proti nepříznivému počasí přibývají v moderní kabině rysy ergonomického uspořádání ovládacích prvků, aktivní odpružení sedadla, otázka dobrého výhledu a také co nejnížšího hluku.

Všechny tyto faktory se určitou mírou podepisují na soustředěnosti a únavě člověka [1]. Proto jsou v dnešní době při konstrukci onoho řídicího centra určitým způsobem normalizovány a neustále vyvíjeny. Míru komfortu při jízdě a hluku, přenášeného na kabinu výrazným způsobem ovlivňuje odpružení kabiny, jehož návrhem se zabývá tato diplomová práce.

1 PŘEHLED JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ODPRUŽENÍ

V dnešní době existují 4 koncepce odpružení kabin traktoru a to odpružení pomocí silentbloků, dále odpružení mechanické, pneumatické a hydraulické. Cílem diplomové práce je navrhnout uložení odpružení kabiny pro nový model traktoru Maxterra společnosti Zetor. Před vlastním návrhem je však nutné si tuto problematiku určitým způsobem osvojit, poznat výhody, či nevýhody jednotlivých variant, jejich úskalí, abychom se mohli v dalších etapách této práce rozhodnout, které z těchto čtyř řešení, rozdělených podle užitého pružícího prvku bude mít pro naše definované podmínky největší přínos. V rešerši této práce je shrnut přehled variant jednotlivých koncepcí odpružení se zaměřením na způsob uchycení, princip funkce, dále pořizovací náklady a složitost celého systému.

1.1 Odpružení pomocí silentbloků

Tento typ odpružení mají všechny značky traktorů do 100 PS jako standardní výbavu.

1.1.1 Popis

Odpružení je realizováno v přední i zadní části pomocí silentbloků, které mohou být usazeny dvojím způsobem a to radiálně, či axiálně. Rozdíl mezi těmito způsoby je ve směru přenášeného zatížení. Radiálně orientovaný silentblok přenáší převážnou část zatížení ve směru kolmém na osu, kdežto u axiálního se hlavní silové složky pohybují ve směru osy rotace. Důvody užití tohoto typu odpružení se u jednotlivých výrobců liší. Například traktory do 100 koní, u nichž se nepředpokládá velká časová pracovní vytíženost, nebo nedosahují takové rychlosti, po jejíž překročení by byla jedna z pokročilých forem odpružení předepsána normou.

Hlavní výhody tohoto odpružení jsou nízká pořizovací cena, malá náročnost na údržbu a snadné, rychlé i levné odstranění poruchy.

1.1.2 Ukázky některých koncepcí odpružení pomocí silentbloků

1.1.2



Obr. 1-1 Axiálně orientovaný silentblok, zadní uchycení kabiny John Deere [3]



Obr. 1-2 Axiálně orientovaný silentblok, zadní uchycení kabiny Zetor [3]



Obr. 1-3 Axiálně orientovaný silentblok, přední uchycení kabiny Zetor [3]

1.2 Odpružení mechanické

1.2.1 Popis

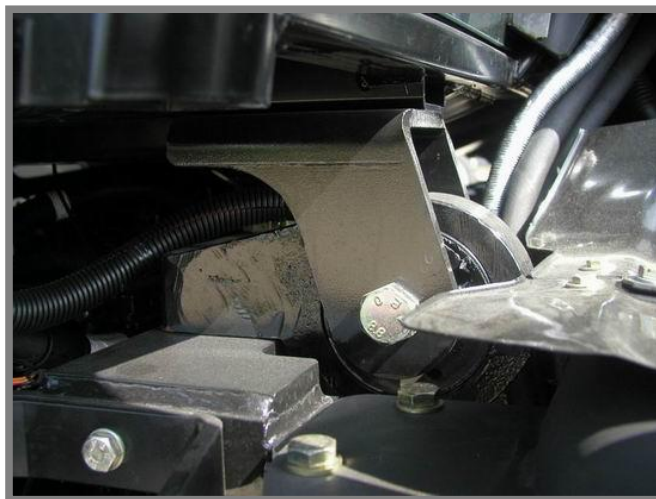
V přední části kabiny je realizováno pomocí silentbloků, poněvadž se předpokládá, že zde bude přenášena menší míra rázů, než u zadní části, která je na každé straně uchycena kombinací teleskopického tlumiče a vinuté ocelové pružiny s vedením. Výška zdvihu zadních pružících prvků jde u většiny provedení nastavovat a to šroubením přímo na vedení pružiny. Celkový zdvih kabiny však nepřesáhne 100mm. Příčný pohyb kabiny je omezen pomocí panhardských tyčí.

Tato konstrukce pokročilého odpružení se dá považovat za nejjednodušší, poněvadž v ní nejsou obsaženy žádné elektronické, či hydraulické snímače polohy kabiny, ani žádná řídicí jednotka, což se dá společně s pořizovací cenou považovat za velikou výhodu. Předností je také to, že je tento systém neustále v provozu a nezávisí na chodu motoru.

Nevýhodou tohoto systému odpružení, je neschopnost automatického vyrovnávání a dosahování stabilního stavu. Tím je myšleno, dojde-li za určitých podmínek k naklonění kabiny na levou, či pravou stranu, například při jízdě v brzdě, systém aktivního odpružení (pneumatického, či hydraulického) by automaticky kabinu vyrovnal. To bohužel v tomto případě nenastane.

1.2.2 Case, New Holland a Steyr

Tento systém odpružení bývá označován obchodním názvem COMFORT RIDE [7]. Přední část kabiny je uchycena pomocí radiálně orientovaných silentbloků, které jsou pomocí litinového jednodílného kompletu uchyceny k boku spojkové skříně.



Obr. 1.4 Způsob uchycení silentbloku [8]

Odpružení zadní části kabiny je realizováno pomocí kombinace vinutých mechanických pružin a teleskopických tlumičů. Tyto jednotky jsou orientovány ve svislé poloze a pomocí úchytných konzol namontovány ve spodní části přímo nad nápravou na rozvodovou skřín a nahore na rám kabiny. Tento způsob je znázorněn na obrázku 1-5. Můžeme zde také vidět popruh, umístěný na levé i pravé straně

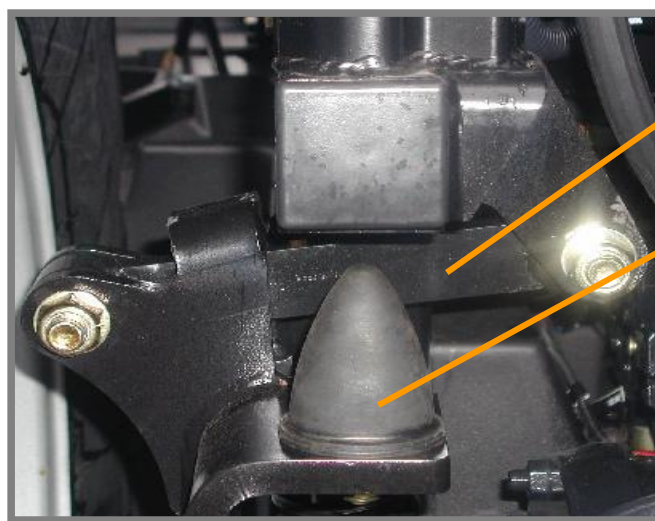
kabiny, který plní funkci horních vertikálních dorazů a zabraňuje i nadměrnému náklonu kabiny.

Příčný pohyb omezují jednoduché panhardské tyče a pryžový segment nám tvoří spodní doraz při dosednutí kabiny, viz obr. 1-6).



Popruh, zabraňující nadměrnému naklonění kabiny

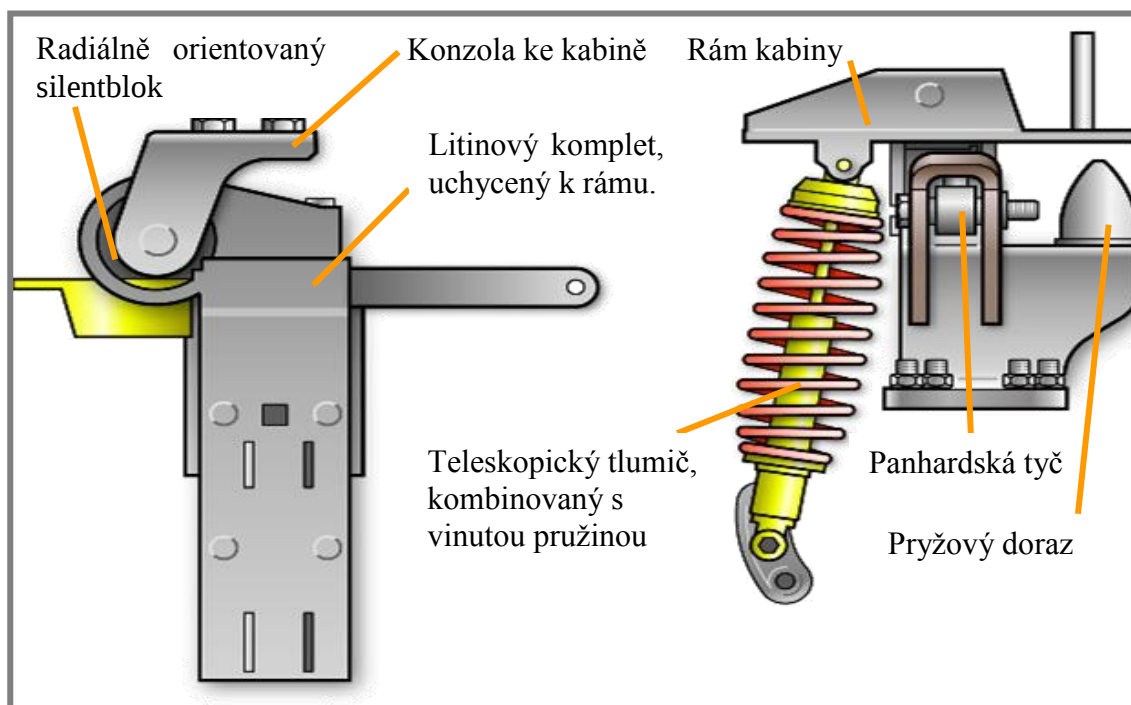
Obr. 1-5 Svislé uchycení teleskopického tlumiče s vinutou pružinou [3]



Panhardská tyč

Pryžový doraz

Obr. 1-6 Pryžový doraz a panhardská tyč [8]

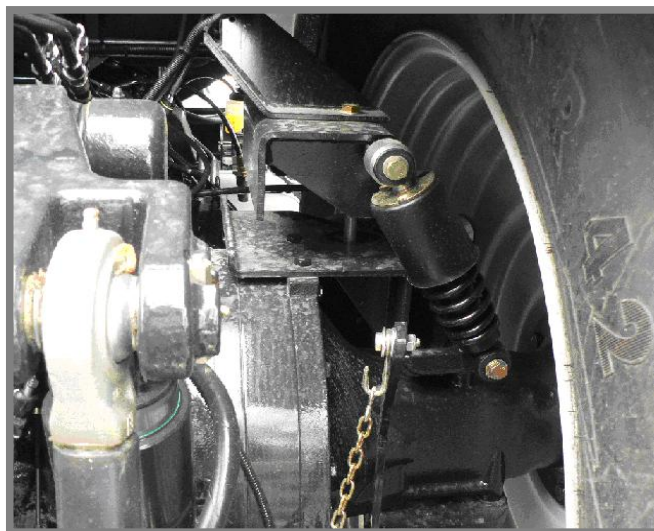


Obr. 1-7 Schématické znázornění uchycení přední i zadní části kabiny (pohled z boku traktoru) [8]

V tomto principu je snahou využít co nejjednodušší, ale efektivní koncepce odpružení s co nejmenším počtem dílů a úchytlů, což eliminuje vibrace a hluk, přenášený do kabiny.

Varianta šikmé polohy zadních pružících členů

Koncepce uchycení přední části kabiny je realizována tentokrát pomocí axiálně orientovaných silentbloků. Zadní pružné členy kabiny se oproti předchozímu způsobu liší pouze polohou usazení. Zde je preferována šikmá poloha, viz obr. 1-8. U této koncepce je tlumen jak svislý, tak i příčný směr. Tomu však pořád převážně brání panhardské tyče, koncipovány také šikmým směrem, v tomto případě po směru jízdy. Vše je znázorněno na obrázku 1-9.



Obr. 1-8 Šikmé uchycení teleskopického tlumiče s vinutou pružinou [3]



Obr. 1-9 Panhardská tyč [3]

1.2.3 Valtra

Traktory Valtra mají přední část kabiny uloženu pomocí axiálně orientovaných silentbloků, obr. 1-10. Zadní odpružení je provedeno pomocí svislých teleskopických tlumičů s vinutými pružinami, které jsou uchyceny pomocí radiálně orientovaných silentbloků. Příčný pohyb kabiny omezuje panhardská tyč (obr. 1-11), umístěná za kabinou a pomocí radiálních silentbloků uchycena na levé straně na konzolu k rozvodovce. Pravá strana je připevněna na konzolu kabiny, která zároveň slouží jako úchyt i pro tlumicí členy a dorazy, viz obr. 1-12.

Pryžové dorazy na kabině jsou jak v příčném, tak i svislém směru omezovány obdélníkovým profilem, uchyceným konzolou na blok rozvodovky.

1.2.3



Obr. 1-10 Přední axiálně orientovaný silentblok [3]



Obr. 1-11 Panhardská tyč [3]

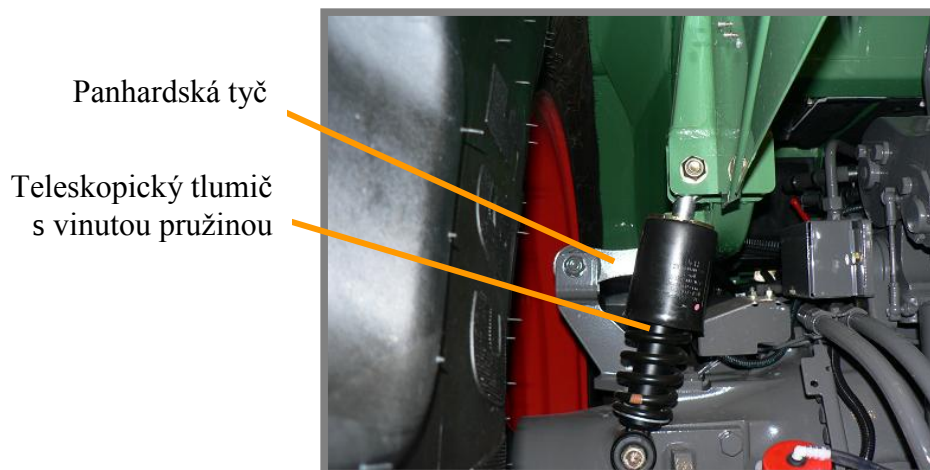


Obr. 1-12 Svislé zadní tlumiče + úchytná konzola kabiny s pryžovým dorazem [3]

1.2.4 Fendt

1.2.4

V mechanickém způsobu odpružení dávají tyto traktory v zadní části kabiny přednost šikmé poloze tlumičů, které jsou uchyceny ke kabině i k úchytné konzole na zadní nápravě pomocí pryžových pouzder. Přední část kabiny je opět uchycena pomocí axiálně orientovaných silentbloků. Příčný pohyb je na každé straně kabiny omezen jednoduchými panhardskými tyčemi, viz obr. 1-13.



Obr. 1-13 Zadní uložení kabiny traktoru Fendt [3]

1.2.5 Deutz-Fahr, Same a Lamborghini

1.2.5

Tato konstrukce uchycení kabiny je známa pod obchodním názvem OMEGA ULOŽENÍ [22]. Přední část kabiny je uchycena na radiálně orientovaných silentblocích, uchycených konzolou na bocích převodovky (viz obr. 1-14) tak, že mezi spodním rámem kabiny a převodovkou je zhruba 40 mm volného prostoru. Toto je z důvodu docílení menšího přenosu vibrací a hluku do kabiny.



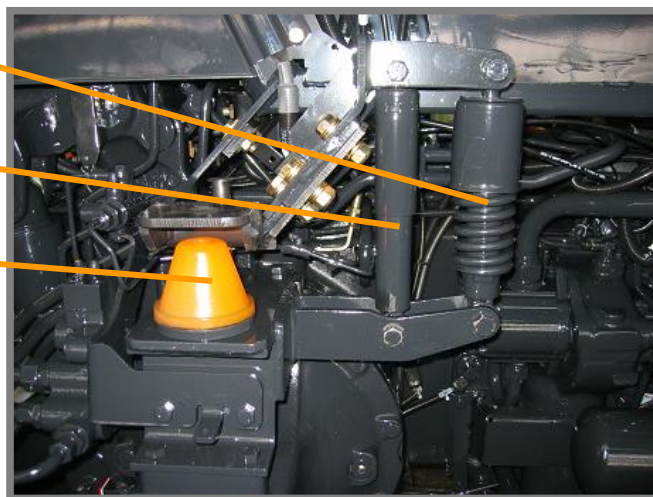
Obr. 1-14 Pryžový silentblok na konzole, uchycené k tělu převodovky [3]

Zadní odpružení je realizováno kombinací teleskopických tlumičů a vinutých ocelových pružin s vedením, tyto dva prvky jsou zakomponovány paralelně mezi rám kabiny a konzolu na zadní nápravě. Příčnému pohybu brání panhardská tyč, situovaná na zadní straně kabiny (obr. 1-16). Jako vertikální dorazy jsou zde opět pryžové kužely, upevněné nad nápravou, viz obr. 1-15. Činná výška tohoto odpružení se pohybuje kolem 80 mm. V budoucnu by toto odpružení mělo být nahrazeno odpružením pneumatickým, jako je to u vyšších řad tohoto koncernu.

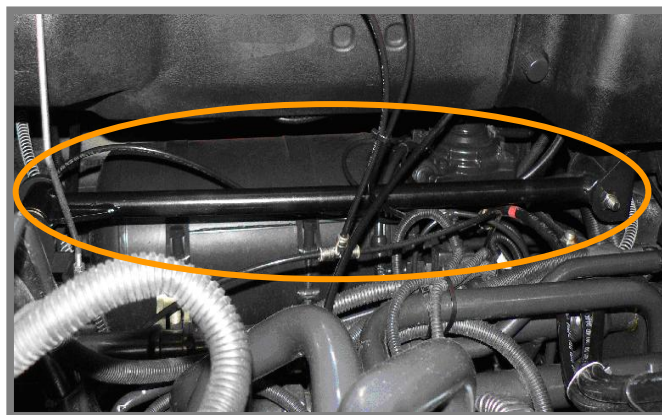
Vinutá pružina

Teleskopický
tlumič

Pryžový spodní
doraz



Obr. 1-15 Uchycení zadní části kabiny [3]

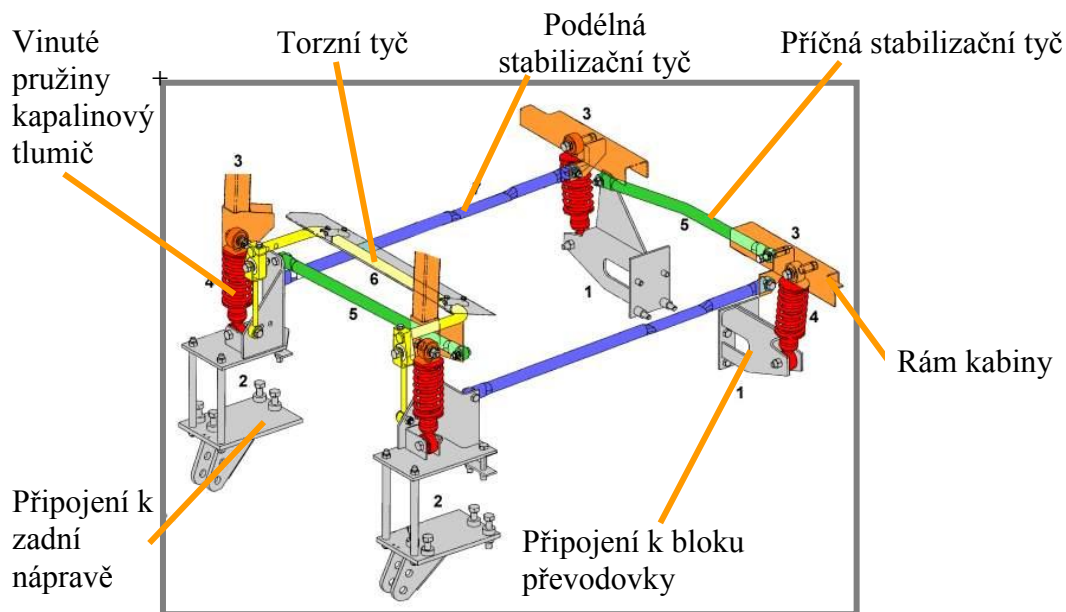


Obr. 1-16 Panhardská tyč, uchycená nalevo ke skříni rozvodovky a napravo k rámu zadní části kabiny [3]

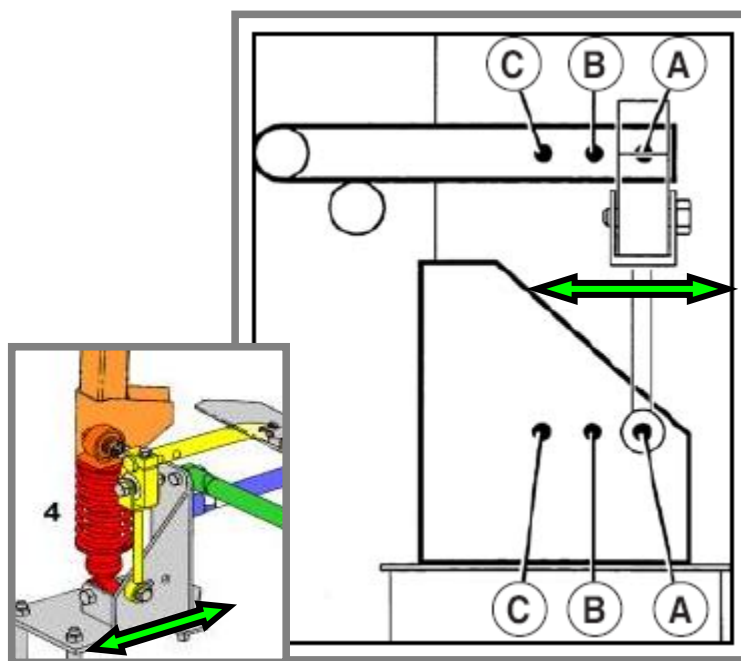
1.2.6 Claas

Tento způsob zavěšení nese obchodní název HYDROSTABLE [12]. Firma Claas se od ostatních výrobců traktorů liší tím, že jako jediná má jak zadní, tak i přední část kabiny uchycenou pomocí kombinace vinuté pružiny a hydraulického tlumiče, které jsou vkomponovány do jednoho celku a ve svislém směru uchyceny na spodní straně pomocí radiálně orientovaných silentbloků ke konzolám. Ty drží v přední části z boku na bloku převodovky a v zadní části na nápravě traktoru. Horní části tlumičů jsou uchyceny na rámu kabiny. Příčnému a podélnému chodu kabiny zabraňují

stabilizační tyče, upevněné vždy jedním koncem na konzoly k podvozku a druhým koncem na rám kabiny. Boční náklon zde omezuje torzní tyč, situovaná v zadní části kabiny. Tento prvek, držící příčnou rovnováhu kabiny je v příčném směru uchycen objímkovitým způsobem ke kabině a na ramenech pomocí táhel k zadním konzolám. Celá tato konstrukce je znázorněna na obrázku 1-17. Změnou polohy těchto táhel měníme účinnou délku ramene torzní tyče a tím i tuhost bočního náklonu kabiny, viz obr. 1-18. Firma Claas v poslední době přechází od uchycení tlumících prvků radiálně orientovaným silentblokem k axiálnímu (viz obr. 1-19). Tohle čtyřbodové uložení je považováno za nejvíce flexibilní z hlediska svislého pohybu kabiny.



Obr. 1-17 Schéma odpružení kabiny traktorů Claas [12]



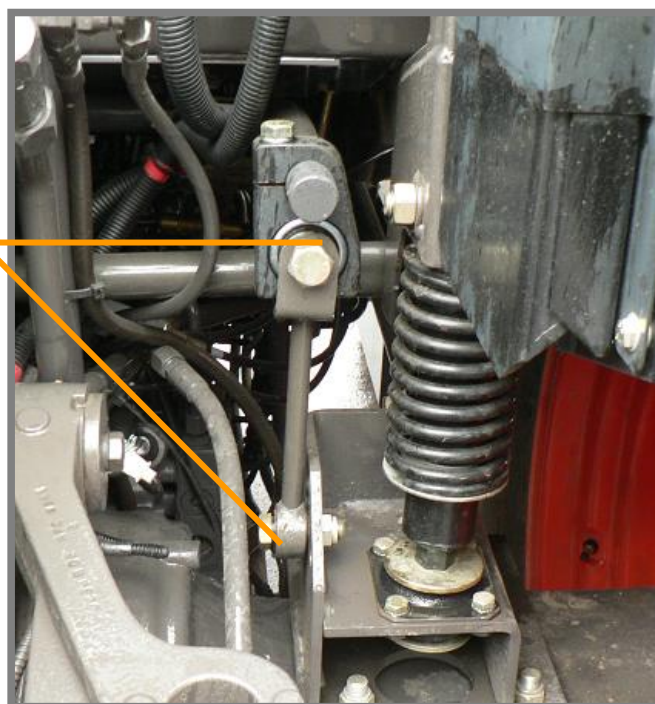
Obr. 1-18 Změna tuhosti bočního náklonu kabiny [12,13]

Pozice táhla: A–Měkké pérování

B–Střední pérování

C–Tuhé pérování

Uchycení táhla
torzní tyče
pomocí radiálně
orientovaných
silentbloků.



Obr. 1-19 Nová koncepce uchycení tlumičů ke konzolám + znázorněné táhlo torzní tyče se silentblokovým uložením [3]

1.3 Odpružení pneumatické

1.3

1.3.1 Popis

1.3.1

Jedná se již o jednu z variant tzv. aktivního odpružení a to z toho důvodu, že jednotlivé pružící a tlumící členy jsou schopny určitým způsobem komunikovat a reagovat na změnu polohy kabiny vůči podvozku, či přední nápravě. Komunikace probíhá prostřednictvím kombinace elektronické řídicí jednotky a systému senzorů, nebo pomocí mechanického přepouštěče. Vinuté pružiny, jakožto základní prvky mechanického odpružení jsou zde zastoupeny pneumatickými písty, či měchy, kdežto uchycení přední části kabiny zůstává nadále u silentbloků. Činná délka zadních pružících členů se pohybuje kolem 80 mm. Výhodou tohoto způsobu odpružení je to, že se rychle přizpůsobí optimálnímu komfortu kabiny v jakýchkoliv provozních podmínkách.

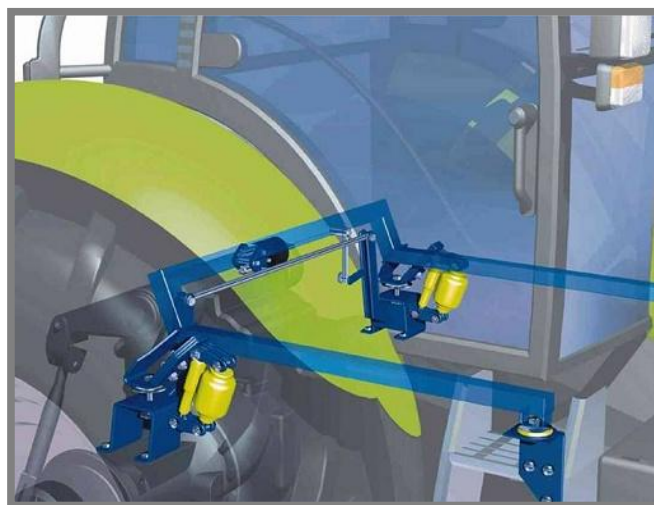
V následující části je znázorněn pouze stručný přehled jednotlivých konstrukčních variant u nejznámějších výrobců.

1.3.2 Deutz-Fahr, Same a Lamborghini

1.3.2

Tyto značky užívají pneumatické odpružení, nesoucí obchodní název SEMI-ACTIVE [14] a uložení kabiny vychází z mechanické varianty tzv. OMEGA ULOŽENÍ, obr. 1-20 [22]. Uchycení zadní části kabiny je realizováno na každé straně paralelní kombinací tlumícího a pružícího prvku, viz obr. 1-21. Tlumící prvek sestává z hydraulického tlumiče s proměnnou účinností. Jeho pracovní náplň je magnetorheologická kapalina, jejíž průchodnost pístkem je regulována pomocí elektromagnetické cívky a principu elektromagnetické indukce. Schéma tlumiče je znázorněno na obrázku 1-22.

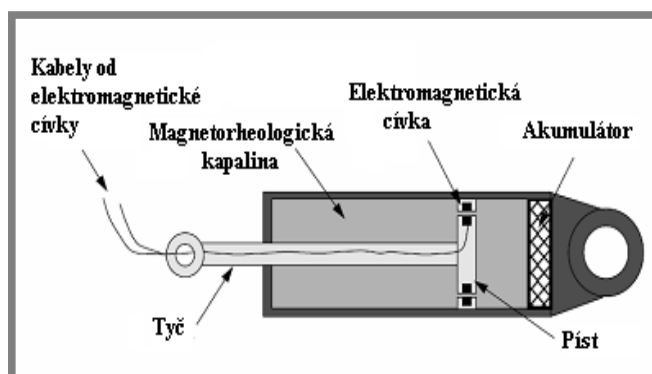
Pružící prvek tvoří vzduchový měch. Do každého měchu je přívod vzduchu ze vzduchových baterií regulován pomocí centrálního mechanického přepouštěcího ventilu, obr. 1-23 a tím je dosahováno rovnovážného stavu kabiny.



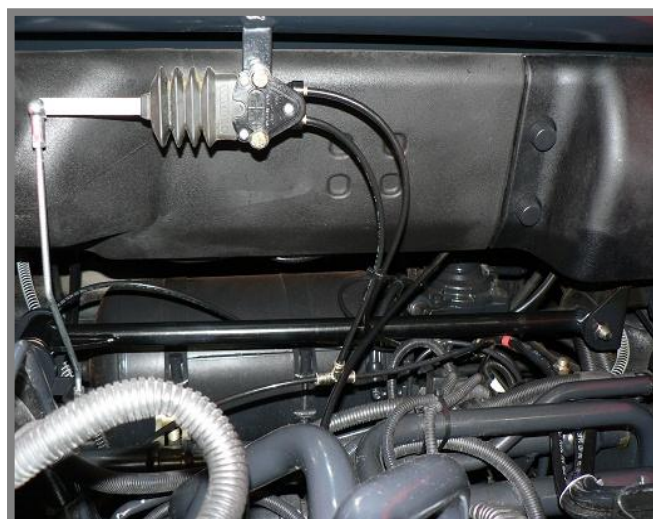
Obr. 1-20 Omega uložení [14]



Obr. 1-21 Prvky odpružení [3]



Obr. 1-22 Hydraulický tlumič s regulovatelnou účinností – schéma [14]

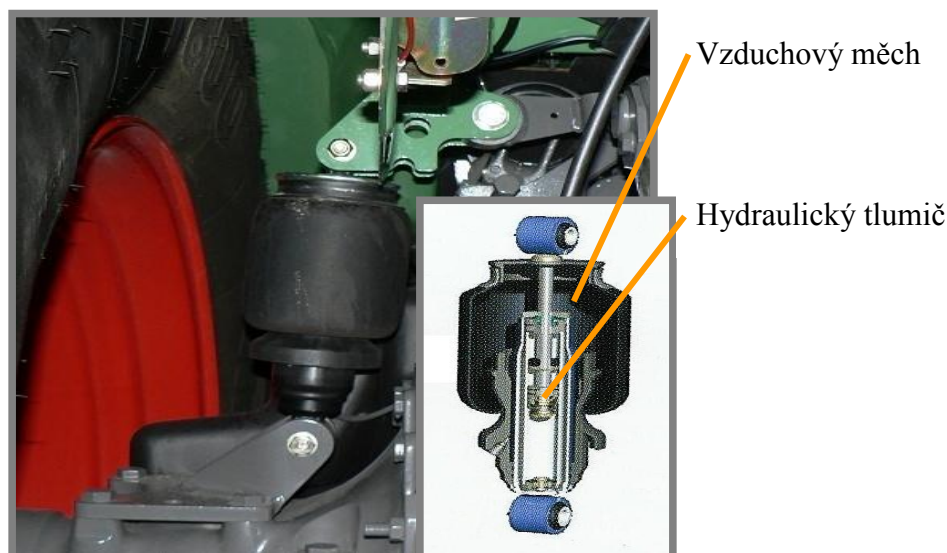


Obr. 1-23 Mechanický přepouštěcí ventil [3]

1.3.3 Fendt a Valtra

1.3.3

Princip odpružení je realizován stejným způsobem, jako u předchozích výrobců, avšak tlumicí a pružicí prvky jsou vkomponovány do jednoho celku, jehož jádro tvoří hydraulický tlumič, který je z venkovní části obalen vzduchovým měchem, viz obr. 1-24. Přední část kabiny je stejně, jako v mechanické variantě uchycena pomocí axiálně uložených silentbloků.



Obr. 1-24 Uchycení zadního pružícího členu [3,6]



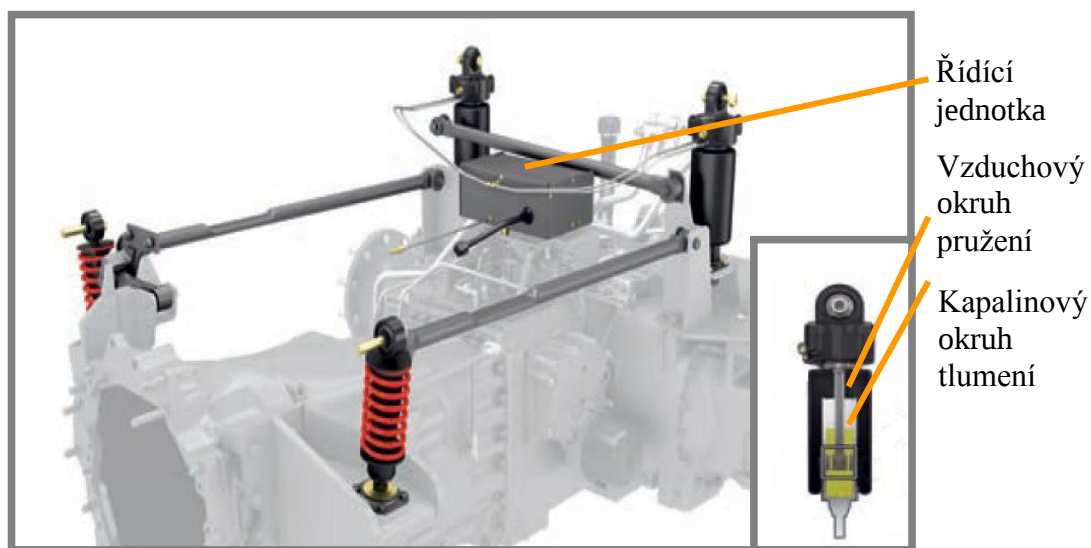
Obr. 1-25 Pružicí a tlumicí člen traktorů Valtra [3]

1.3.4 Claas

Firma Claas s pneumatickou verzí odpružení Z-ACTIV také vychází ze svojí mechanické koncepce [15]. Odlišné jsou jen zadní pružící prvky, tvořeny kombinací vzduchových pístů a hydraulických tlumičů s proměnnou účinností. Oba tyto systémy jsou vkomponovány do jednoho celku, který je uchycen axiálně orientovanými silentbloky ke konzolám na rozvodové skříni a pryžovými pouzdry k rámu kabiny. Vše je znázorněno na obrázku 1-26.

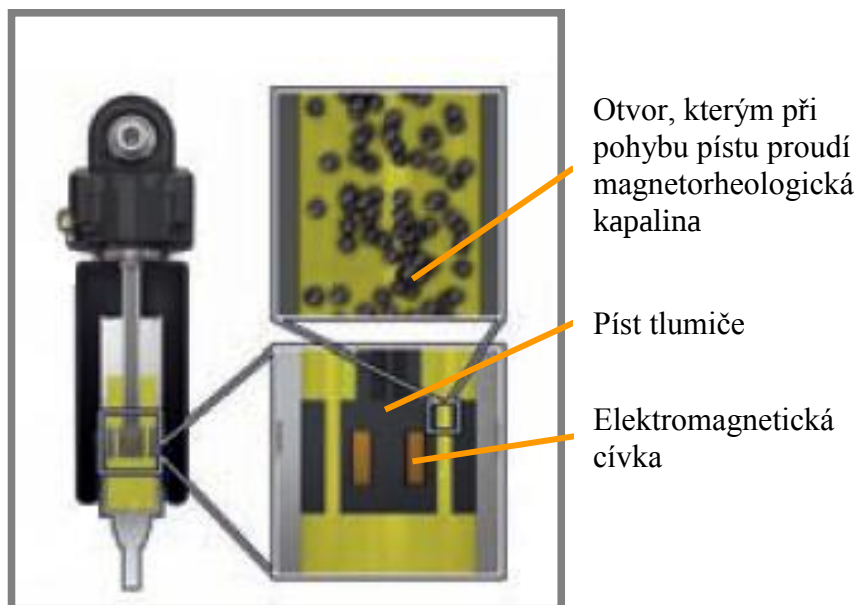
Jak již zde bylo naznačeno, zadní pružící člen je tvořen dvěma okruhy a to vzduchovým pružícím a kapalinovým tlumícím.

Oba tyto okruhy jsou řízeny pomocí elektronické řídicí jednotky, systému regulačních ventilů a čidel, které získávají informace o rychlosti, náklonu kabiny, úhlu řízení, brzdících a akceleračních intervalech traktoru. Řídicí jednotka se snaží udržet kabinu v neustálé rovnováze snižováním, či zvyšováním tlaku vzduchu, přiváděného odděleně do obou pístů. Regulací elektrického napětí naopak docílíme požadovaného silového odporu tlumících prvků. Napětí je přiváděno na elektromagnetickou cívku, která je umístěna v tlumícím pístku hydraulického tlumiče. S rostoucím elektrickým napětím roste i velikost a intenzita elektromagnetického pole a tím se snižuje schopnost prostupu miniaturních kovových částecek magnetorheologické kapaliny malými otvory v pístu hydraulického tlumiče (obr. 1-27). Tento princip nám umožňuje regulovat tvrdost tlumení ve velmi širokém rozsahu.



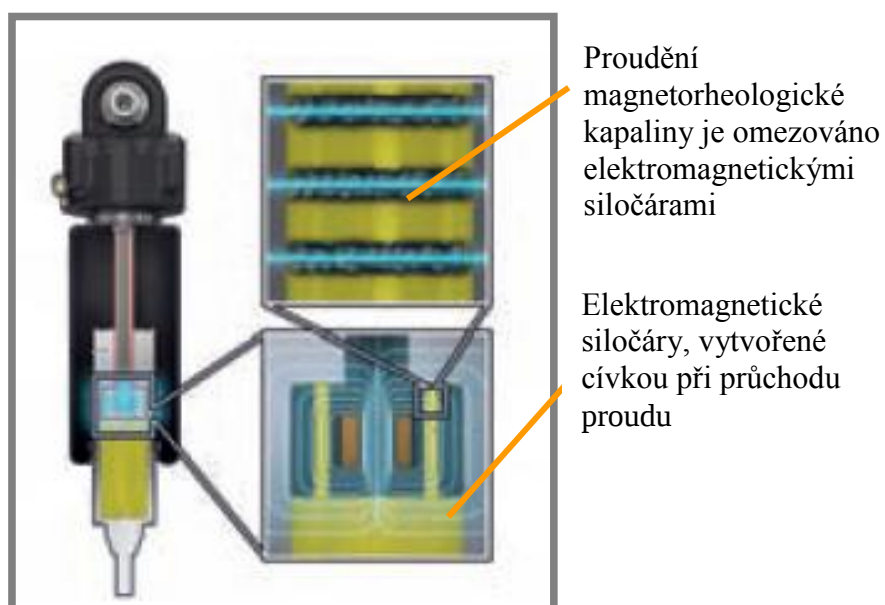
Obr. 1-26 Schématické znázornění uchycení kabiny u koncepce Z-ACTIV [15]

Cívka bez napětí – měkké tlumení



Obr. 1-27a Princip funkce tlumiče [15]

Cívka pod napětím – tvrdé tlumení



Obr. 1-27b Princip funkce tlumiče [15]

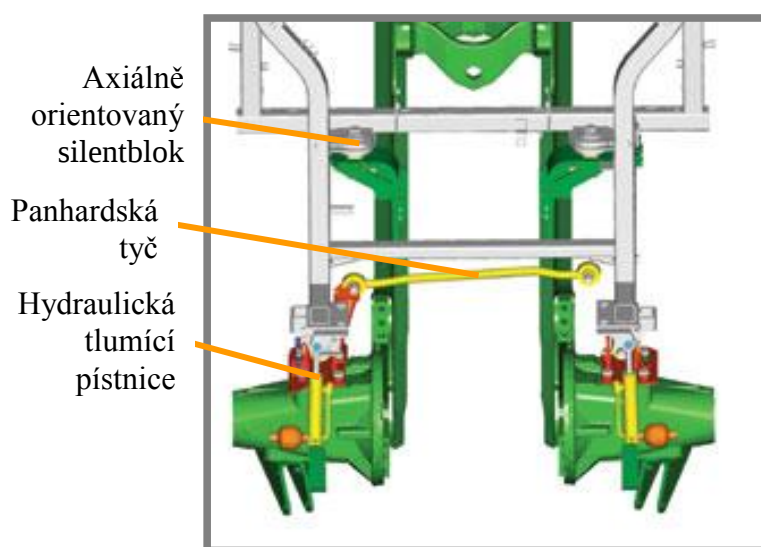
1.4 Odpružení hydraulické

1.4.1 Popis

Hydraulické odpružení je další z variant tzv. aktivního odpružení. Místo pneumatických pístů, či měchů, které jsou základními členy pneumatického odpružení, se zde používají hydraulické písty, opatřené zásobovacími bateriemi tlumícího média. Tyto prvky plní zároveň funkci pružení i tlumení. Uložení přední části kabiny je realizováno tradičně pomocí silentbloků. Mezi hlavní výhody tohoto typu odpružení patří jeho činná výška, kolem 100 mm a také to že se rychle automaticky přizpůsobí každému povrchu terénu.

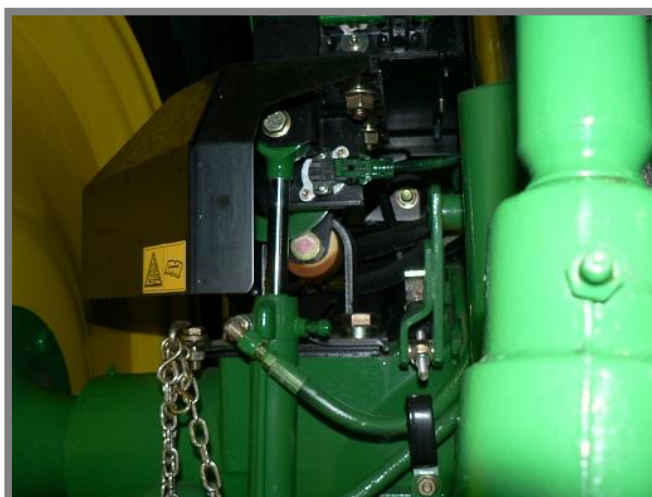
1.4.2 John Deere

Přední část kabiny je uchycena pomocí axiálně orientovaných silentbloků. Odpružení zadní části zprostředkovávají svisle orientované hydraulické pístnice, uchycené radiálně orientovanými silentbloky a propojené do kříže, čímž je zabráněno bočnímu náklonu kabiny. Příčný pohyb je omezen panhardskou tyčí. Vše je znázorněno na obr. 1-28.

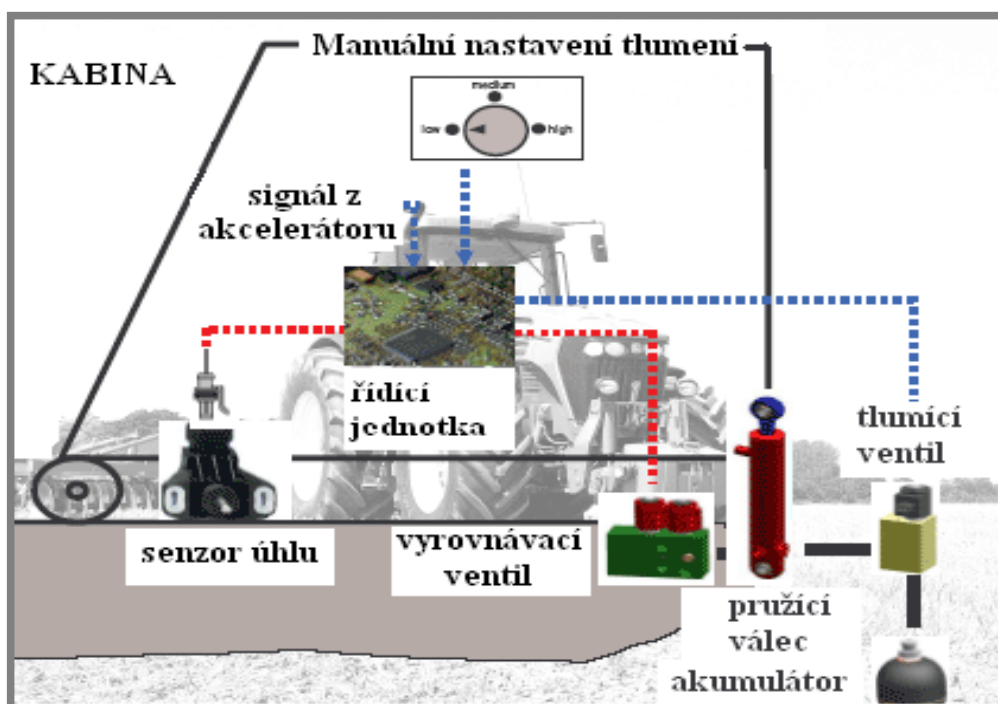


Obr. 1-28 Zavěšení kabiny [16]

Pružicí a tlumící proces je řízen elektronickou řídicí jednotkou, do níž vstupují informace ze senzoru úhlu, snímající náklon kabiny. Na základě těchto údajů jednotka vyhodnocuje a posílá signál do vyrovnávacího ventilu, který reguluje množství oleje z čerpadla a snaží se držet kabinu v okolí středové polohy chodu tlumících pístnic. Senzor rychlosti společně s manuálním přepínačem tří přednastavených režimů tlumení dávají jednotce vstupní informace pro řízení regulačního ventilu, který omezuje tok oleje mezi akumulátorem a tlumící pístnicí, čímž je dosaženo různé tvrdosti pružení. Akumulátor slouží k absorbování rázů, způsobených pohybem kabiny. Schéma hydraulického odpružení je znázorněno na obr. 1-30.



Obr. 1-29 Uchycení zadní části odpružení. (Činná oblast pístu musí být chráněna před nečistotami, padajícími z kola) [3]



Obr. 1-30 Schéma propojení jednotlivých prvků odpružení [17]

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2.1 Formulace řešeného problému

Maxterra je název nové řady traktorů, vyvíjené společností Zetor, která by se měla dostat na trh v roce 2012. Jedná se o koncepci traktoru, založenou na bezrámovém podvozku, poháněném šestiválcovým motorem Zetor, jež se svým výkonem 130 - 170k spadá do kategorie tzv. těžkých traktorů.



Obr. 2-1 Zetor Maxterra [19]

Odpružení kabiny je zde provedeno pomocí axiálně orientovaných silentbloků jak v přední, tak v zadní části. Mezi výhody tohoto typu odpružení patří nízká pořizovací cena, snadné konstrukční provedení, bezúdržbový provoz, vysoká životnost a v případě poškození snadná a rychlá výměna. Výhodou je také, že tyto pružící prvky ke své funkci nepotřebují žádné systémy řízení, jako je to u variant odpružení hydraulického, či pneumatického.

Nevýhodou je malý pracovní chod, který se neblaze podepisuje na komfortu při jízdě i na přenosu hluku a vibrací z těla traktoru na kabinu.

Řešený problém spočívá v návrhu konstrukce odpružení kabiny na výše popsaném modelu traktoru z důvodu docílení snížení hluku a vibrací, přenášejících se z těla traktoru na kabinu a tím pádem zvýšení komfortu při jízdě. Určitou mírou se na důvodu zadání této diplomové práce podílí i snaha vyrovnání se konkurenci a tím zvýšení schopnosti prodeje.

2.2 Technická analýza

2.2

Jelikož bude navrhovaná koncepce odpružení užívána jako volitelná doplňková výbava, předpokládá se, že množstvím vyráběných dílů bude mít výroba charakter malosériový. Musí být proto kladen důraz na výrobní náklady jednotlivých komponent. Jelikož se nepředpokládá, že by pořizovací náklady materiálu, z něhož budou díly vyráběny byly příliš vysoké, bude cena jednotlivých dílů ovlivněna z velké části výrobním procesem. Proto je nutné volit tvary jednotlivých prvků co nejjednodušší, aby se daly vyrobit standardními, na technologickou výbavu a čas nenáročnými postupy.

2.3 Vývojová analýza

2.3

Na počátku budou zpracovány koncepční návrhy uchycení pružících prvků, které budou respektovat stávající polohu kabiny a funkční dráhu pohybu tak, aby nedocházelo ke kolizím.

Cílem druhé fáze bude zamezení pohybu v příčném směru. K tomuto je užito panhardské tyče, která je uchycena vždy jedním koncem na tělo traktoru a druhým k rámu kabiny.

Ve třetí fázi bude konstrukce doplněna o horní a spodní vertikální dorazy. Tímto krokem dosáhneme kompletní sestavy odpružení.

Čtvrtá fáze bude pokračovat statickými pevnostními výpočty v prostředí programu ANSYS Workbench a případnými úpravami geometrie jednotlivých komponent z důvodu docílení požadované pevnosti.

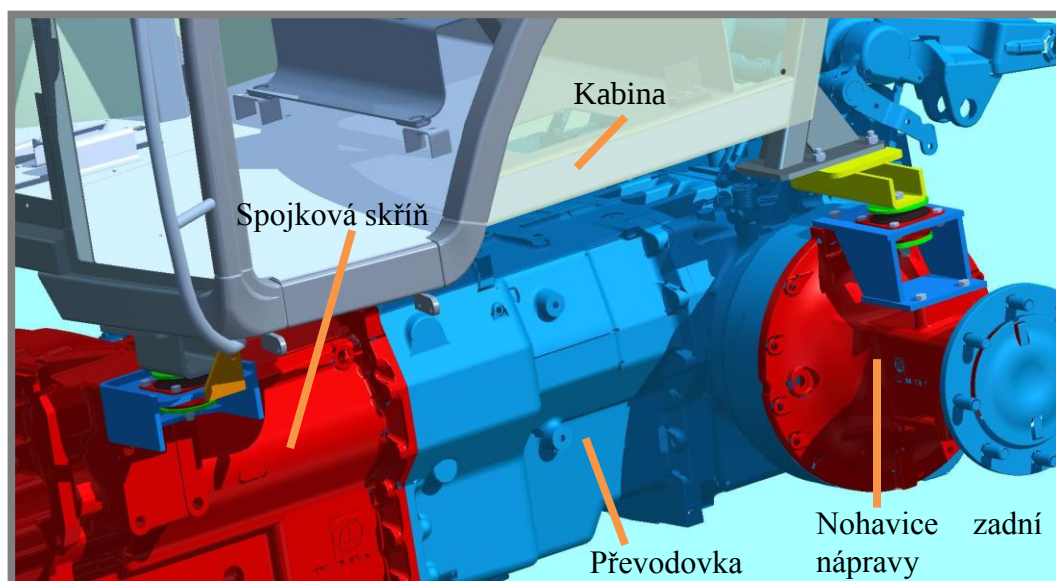
V předposlední fázi bude vypracována výkresová dokumentace vyráběných dílů dle podnikových norem společnosti Zetor.

Obsahem poslední fáze bude porovnání původní a nynější charakteristiky útlumu vibrací, přenášených z těla traktoru na kabinu. Tento krok bude splněn pouze tehdy, stihne-li se vyrobit funkční prototyp odpružení, na němž bude následně provedeno měření útlumu vibrací.

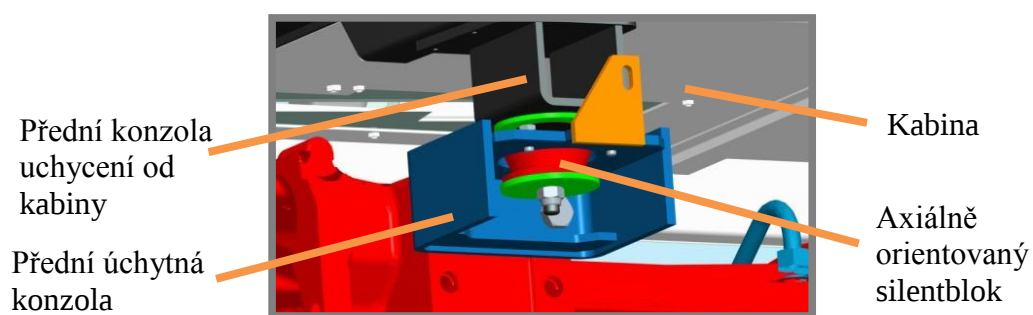
2.4 Původní uchycení kabiny

2.4

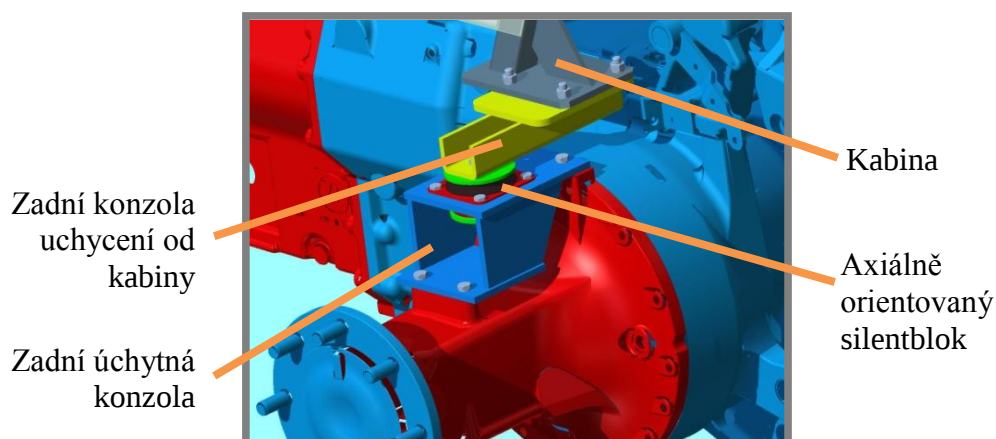
Odpružení kabiny je realizováno pomocí axiálně orientovaných silentbloků jak na přední, tak i zadní straně. Každý pružící prvek je uchycen středovým šroubem M16x100 ke kabině a čtyřmi šrouby M10x20 ke konzole. Na přední straně kabiny jsou konzoly přišroubovány k bokům spojkové skříně, na zadní straně k nohavicím koncového převodu diferenciálu zadní nápravy.



Obr. 2-2 Uchycení kabiny [18]

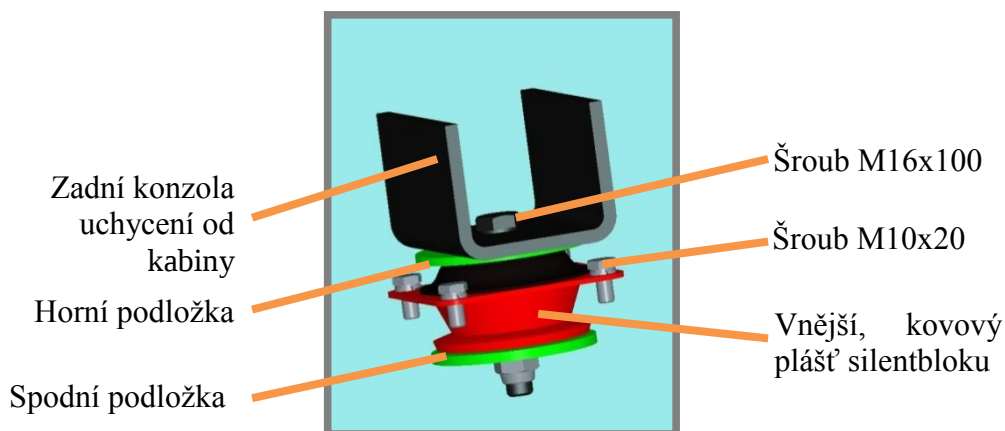


Obr. 2-3 Uchycení v přední části [18]



Obr. 2-4 Uchycení zadní části [18]

Pracovní chod tohoto typu odpružení se pohybuje kolem 5 mm. Uchycení musí být realizováno tak, aby i při poškození silentbloku byla zajištěna bezpečnost a nedošlo k



Obr. 2-5 Uchycení konzoly k silentbloku [18]

utržení kabiny. Tomu brání podložky v horní a dolní části silentbloku, které se v případě havárie opírají o vnější kovový plášť silentbloku. Podrobný popis uchycení k silentbloku je znázorněn na obr. 2-5.

2.5 Konstrukční řešení kabiny

2.5

Kabina Zetoru Maxterra je založena na šestisloupkové koncepci, je tvořena jak normalizovanými, tak speciálními profily hutních materiálů. Vyjimku tvoří zaoblené rohy kabiny, které jsou odlity. Jednotlivé komponenty jsou k sobě přivařeny, nebo přišroubovány. Podlaha je pokryta plechem, jehož některé části se dají demontovat a tím se zpřístupní k servisním účelům horní strana převodovky a rozvodovky. Boky kabiny jsou tvořeny vypuklými bezpečnostními skly, z nichž boční a zadní jdou otevírat.

Do obou stran kabiny jsou vkomponovány skleněné dveře pro nastoupení řidiče a možného spolujezdce, pro kterého je na levém blatníku uchyceno skládací sedadlo. Skládací z toho důvodu, aby řidiči nebránilo při nastupování.

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Prvotním cílem diplomové práce je návrh konstrukce odpružení kabiny traktoru. Přínosem tohoto návrhu by mělo být docílení menšího přenosu vibrací z těla traktoru na kabinu a tím pádem i snížení hluku v kabině traktoru.

Požadavky na konstrukční návrh:

- snaha co nejvíce respektovat původní zástavbu
- komponenty voleny tak, aby se dalo užít co nejvíce již vyráběných dílů
- prvky odpružení by měly být dostupné, nejlépe katalogové
- kladen důraz na ekonomickou hospodárnost řešení
- návrh proveden v programovém prostředí Pro/Engineer

Dalším cílem je určení významných zátěžových stavů a provedení deformačně-napětíové analýzy vybraných komponent pomocí metody konečných prvků. Na základě výsledků bude potom následovat případné dimenzování součástí, které ve výpočtech nevyhověly.

Třetím cílem bude vyhotovení výkresové dokumentace pro prototypovou výrobu výsledné koncepce odpružení.

Posledním cílem je srovnání současné a původní varianty odpružení z hlediska přenosu vibrací z těla traktoru na kabinu. Porovnání bude provedeno pomocí měření útlumu vibrací, přenášených z těla traktoru na kabinu, prováděného společností Zetor.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4

Celý proces řešení diplomové práce bude rozdělen do několika etap, popsanych níže a řazených podle logické časové posloupnosti jejich výkonu.

Průzkum variant odpružení ostatních výrobců traktorů

Nejprve je nutno získat informace o problematice odpružení kabin traktorů z hlediska konstrukčních variant, použitých pružících prvků, přínosu z hlediska tlumení vibrací a hluku v kabině, dále použitých přídavných řídících, či ovládacích prvků a také hledisko ekonomické náročnosti. Součástí je i pochopení funkčních principů jednotlivých komponent konstrukčního provedení.

Seznámení s cíly a požadavky společnosti Zetor

Tyto informace jsou nastíněny v kapitole 2.1 Formulace řešeného problému.

Nastudování patřičných předpisů a norem, spjatých s touto problematikou

Konstrukční provedení musí vyhovovat směrnícím homologačních zkoušek, které kladou důraz na bezpečí v místě obsluhy, dále na hygienické normy hluku a vibrací, přenášených na kabinu.

Vlastní konstrukční řešení

Po konzultaci s firmou zvolím, jakou variantu odpružení kabiny použiju pro svůj návrh, bude se odvíjet od pružícího prvku, který bude v koncepci užit. Poté bude zpracováno několik konstrukčních návrhů, ze kterých následně vzejde srovnávací metodou návrh konečný. Konstrukční návrh bude zpracován v programovém prostředí Pro/Engineer.

Provedení deformačně-napět'ové analýzy

U vybraných komponent bude provedena deformačně-napět'ová analýza, která odhalí případné pevnostní nedostatky, či zbytečné přebytky. Nevyhovující součásti budou následně dimenzovány do požadovaných hodnot.

Vypracování výkresové dokumentace, potřebné pro prototypovou výrobu

Výkresová dokumentace bude provedena dle standardů firmy Zetor.

Porovnání přenosu vibrací původní a navržené varianty odpružení

Srovnání bude vyhotoveno na základě naměřených hodnot na funkčním prototypu.

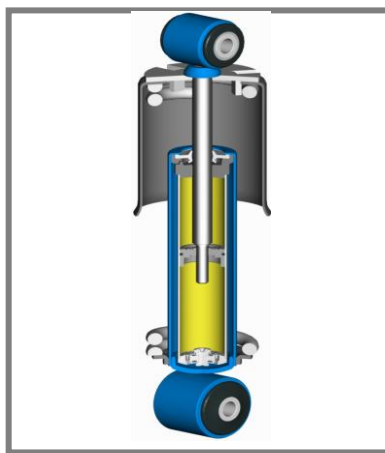
Stanovení závěru práce

V závěru budou interpretovány výsledky deformačně-napět'ové analýzy, výsledky srovnání dynamických vlastností a ekonomického rozboru. Dále budou popsány výhody a nevýhody vyhotoveného návrhu a jeho případné další možné úpravy.

5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

5.1 Výběr pružící a tlumící jednotky

Na počátku konstrukční činnosti bylo nutné zamyšlení, jaká variantu pružícího, či tlumícího prvku bude nejvíce vhodná pro naše podmínky odpružení. Na výběru se podílely faktory nízké pořizovací ceny, nenáročnosti na údržbu, rychlých intervalů servisních prací, dále jednoduchost koncepce a dostupnost komponentu na katalogové úrovni. Těmto podmínkám nejvíce vyhovoval tzv. Steel Spring Module od společnosti ZF Sachs. [18]



Obr. 5-1 Steel Spring Module [18]

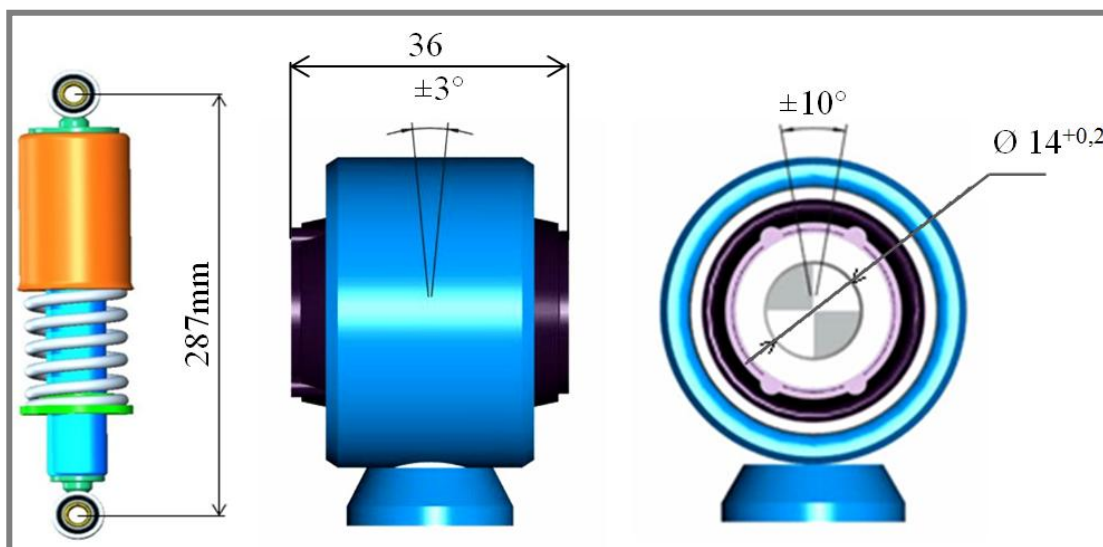
Jedná se o kombinaci mechanické vinuté pružiny a hydraulického tlumiče. Díky těmto užitým funkčním principům spadá do kategorie mechanického odpružení.

Technické informace pružícího prvku

TUHOST PRUŽINY	52 [N/mm]
-----------------------	------------------

CHARAKTERISTIKA TLUMIČE				
v [m/s]	0.05	0.13	0.26	0.39
F_b [N]	530	1810	2500	3320

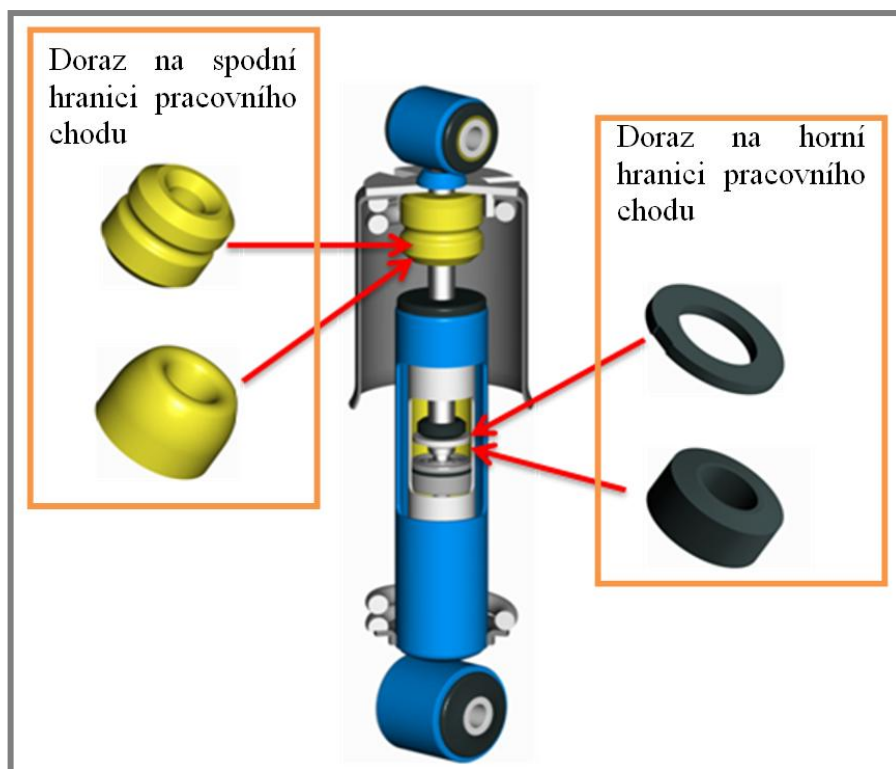
Tab. 5-1 Charakteristika tlumiče [19]

Připojovací rozměry

Obr. 5-2 Připojovací rozměry [19]

Volitelné doplňky

Na tlumicí prvek je možné vkomponovat horní a spodní pryžové dorazy, které mění tlumicí charakteristiku okrajových částí pracovního chodu prvku. Modifikací geometrie těchto doplňků lze dosáhnout požadovaných tlumících charakteristik.



Obr. 5-3 Dorazy pracovního chodu tlumiče [19]

Mezi hlavní výhody tohoto prvku patří relativně nízké pořizovací náklady, bezúdržbový provoz, v případě poruchy rychlá a nenáročná výměna komponentu. Způsob odpružení pomocí výše uvedeného tlumiče spadá do kategorie tzv. neaktivního odpružení, to znamená, že k provozu není zapotřebí žádné řídicí jednotky, systémů snímačů, čidel a chybí zde také pneumatický, či hydraulický okruh, pomocí kterého by řízení aktivních prvků probíhalo.

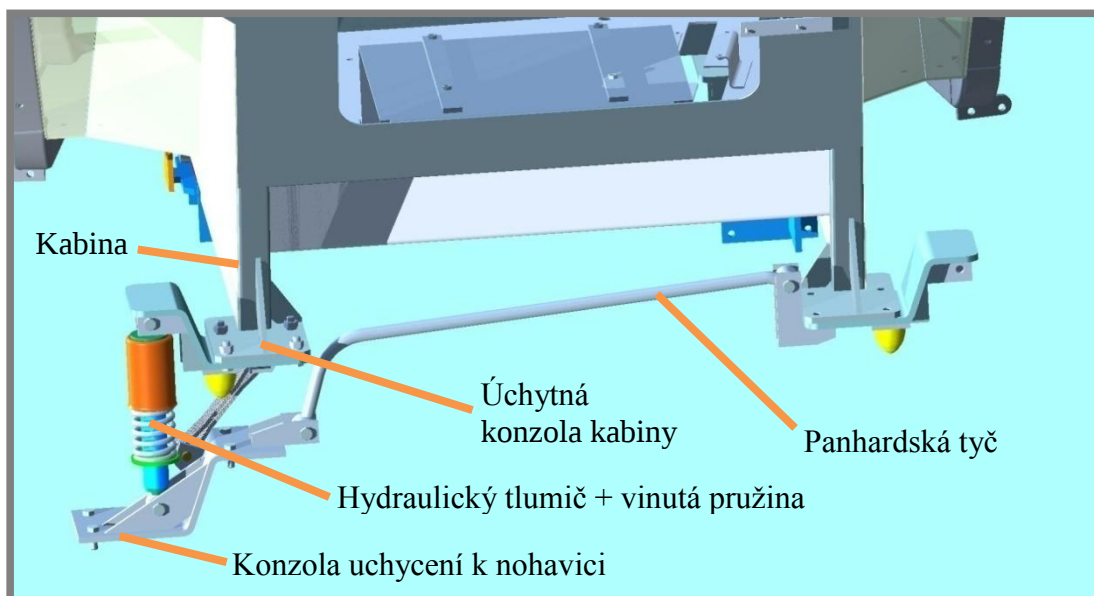
Nevýhodou je nižší úroveň komfortu odpružení, než u variant tzv. aktivního odpružení, poněvadž systém není schopen měnit charakteristiky jak tlumení, tak pružení a tím se přizpůsobovat aktuálním jízdním podmínkám. Mohou tak nastat situace, kdy je kabina nepřírozeně nakloněna na jednu stranu, například při jízdě v brázdě.

Z uvedených vlastností u našeho způsobu odpružení nemalou mírou převažují ty kladné a po konzultaci s firmou Zetor byl tento prvek označen, jako vhodný pro konstrukční návrh.

V následující části budou rozebrány jednotlivé konstrukční varianty.

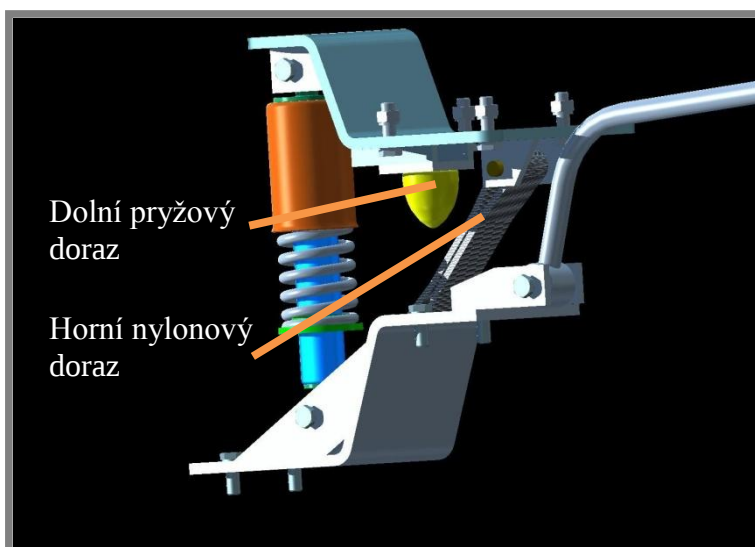
5.2 Konstrukční varianta 1

Uchycení přední části kabiny zůstává ponecháno z původní koncepce, to znamená pomocí axiálně orientovaných silentbloků, uchycených na konzolách ke spojkové skříni. V zadní části je odpružení realizováno pomocí vertikálně orientovaných tlumících jednotek od společnosti ZF Sachs. Ty jsou uchyceny ve spodní části pomocí šroubu M12 na konzolu, přišroubovanou k nohavici koncového převodu zadní nápravy. Horní strana tlumiče je uchycena stejným způsobem, jako spodní, při tvorbě konzoly byl kladen důraz na respektování geometrie a pozice původních úchytnů na kabině.

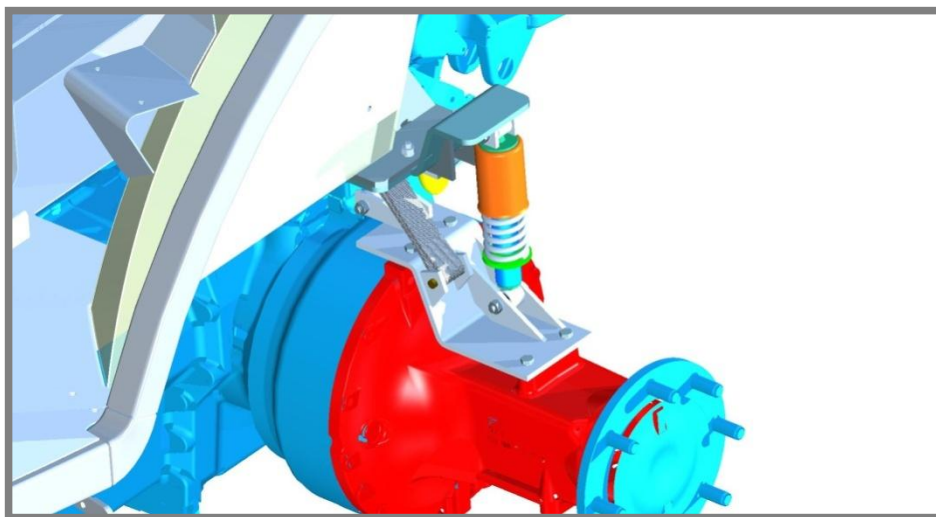


Obr. 5-4 Konstrukční varianta 1, uchycení zadní části kabiny [18]

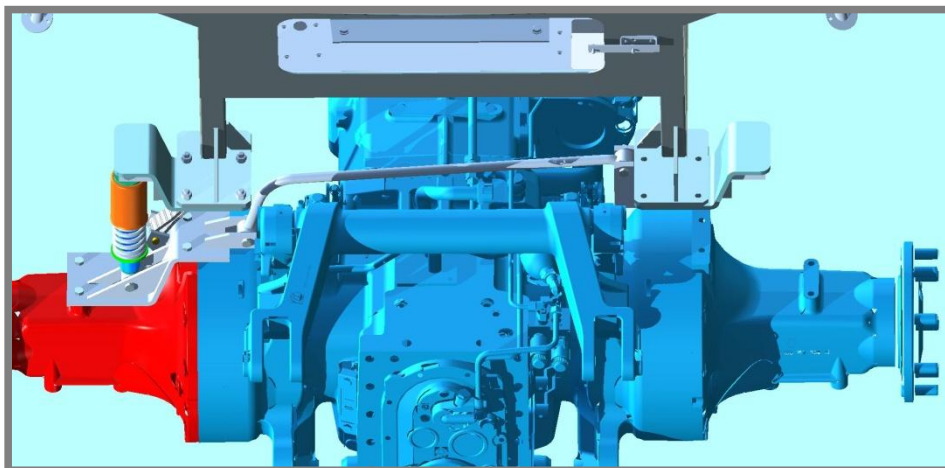
Příčný pohyb kabiny omezuje centrální panhardská tyč, obr. 5-4, přichycená pomocí silentblokových pouzder na levé straně na spodní konzolu uchycení k nohavici, pravá strana na konzolu ke kabině. Vertikální směr je na horní hranici vymezen polyesterovým popruhem, který je přichycen pomocí čepů na jedné straně na konzolu k nohavici a druhou stranou na konzolu ke kabině. Spodní hranici tvoří pryžový doraz, který v okrajové části pracovního chodu dosedá na konzolu uchycení k nohavici. Vše je znázorněno na obr. 5-5.



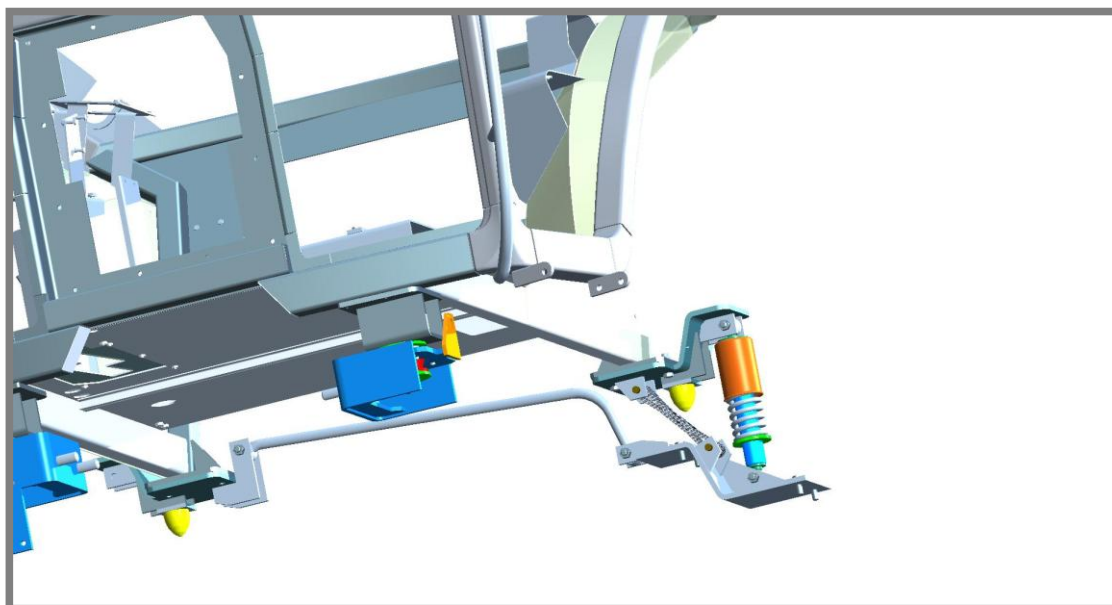
Obr. 5-5 Vertikální dorazy [18]



Obr. 5-6 Uchycení zadní části kabiny, pohled zepředu [18]



Obr. 5-7 Uchycení zadní části kabiny, pohled zezadu [18]

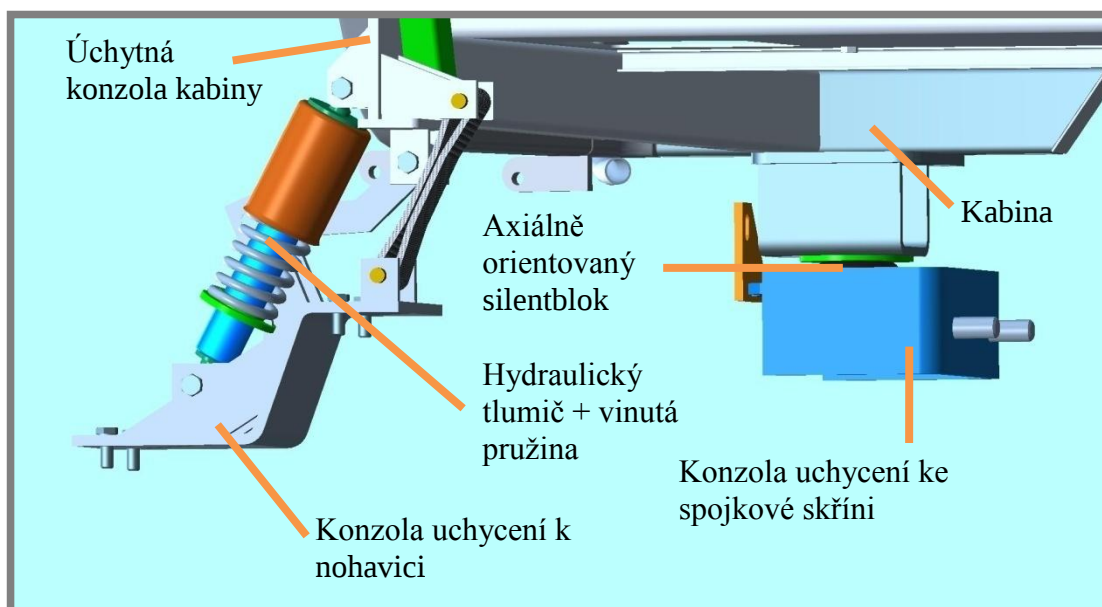


Obr. 5-8 Konstrukční varianta 1, celkový pohled [18]

Mezi přednosti této varianty patří zachování původního úchytu konzoly ke kabině, čímž nevzniknou náklady, spojené s úpravou sériové výroby kabiny. Méně zdařilé je umístění panhardské tyče, poněvadž se nachází v oblasti, kterou prochází velké množství hadic, zásobujících rychlospojky hydraulických okruhů, ovládajících připojený vleč, či pracovní nástroj.

5.3 Konstrukční varianta 2

Uchycení přední části kabiny se ničím neliší od původního provedení. V zadní části je opět užito tzv. Steel Spring Modulu od společnosti ZF Sachs, který je nyní orientován šikmým způsobem. Uchycení je provedeno pomocí pevnostních šroubů M12 ve spodní části na konzolu k nohavici koncového převodu zadní nápravy, horní část stejným způsobem na konzolu ke kabině. Tato konzola již nerespektuje původní řešení úchytu a je ke kabině přivařena.



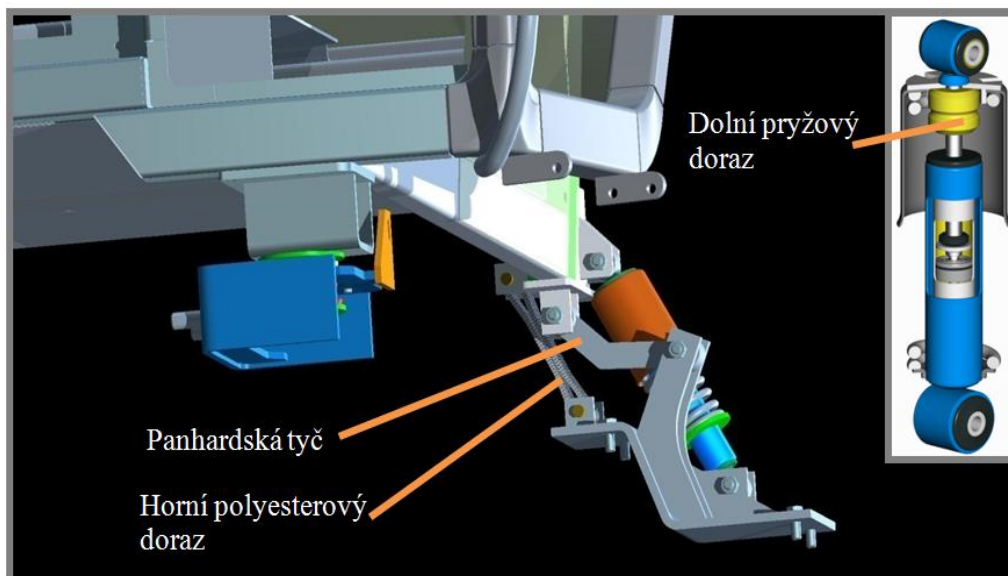
Obr. 5-9 Konstrukční varianta 2, uchycení kabiny [18]

Příčný pohyb omezuje jak na levé, tak i pravé straně kabiny panhardská tyč menších rozměrů, než u varianty předchozí. Tyč je připevněna pomocí radiálně orientovaných silentbloků vždy jedním koncem ke konzole uchycení k nohavici zadní nápravy a druhým koncem na konzolu kabiny. Vertikální pohyb je omezen stejným způsobem, jako u varianty 1.



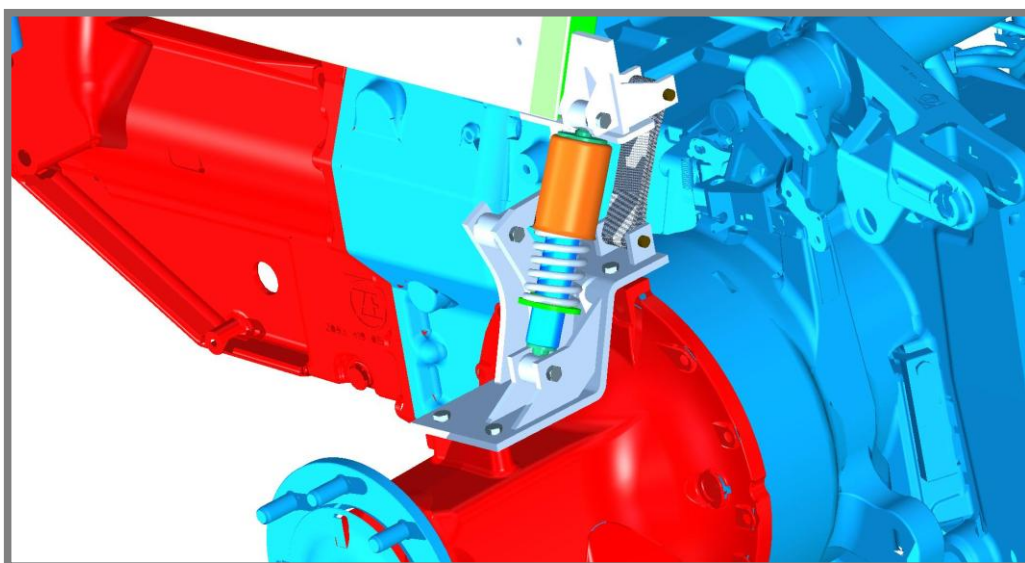
Obr. 5-10 Konstrukční varianta 2, pohled zepředu [18]

Výhody této koncepční varianty spočívají zejména v umístění panhardské tyče, která tak nezasahuje do prostoru pod kabinou a tím se vyhýbá kolizi s ovládacími lanovody, táhly a hadicemi pracovních hydraulických okruhů. Z konstrukčního provedení vyplývá, že uložení levé a pravé strany kabiny je díky integraci dvou panhardských tyčí menších rozměrů symetrické.



Obr. 5-11 Konstrukční varianta 2, příčné a vertikální dorazy [18]

Nevýhodou této koncepce je zásah do konzoly uchycení ke kabině a s tím spojené vzniklé náklady na změnu sériové výroby. Vznikly by tímto dvě varianty kabin, jedna odpružená pomocí radiálně orientovaných silentbloků a druhá pomocí kombinace mechanických vinutých pružin a hydraulického tlumiče. Zanikla by také možnost tento typ odpružení vkomponovat na traktor dodatečně.

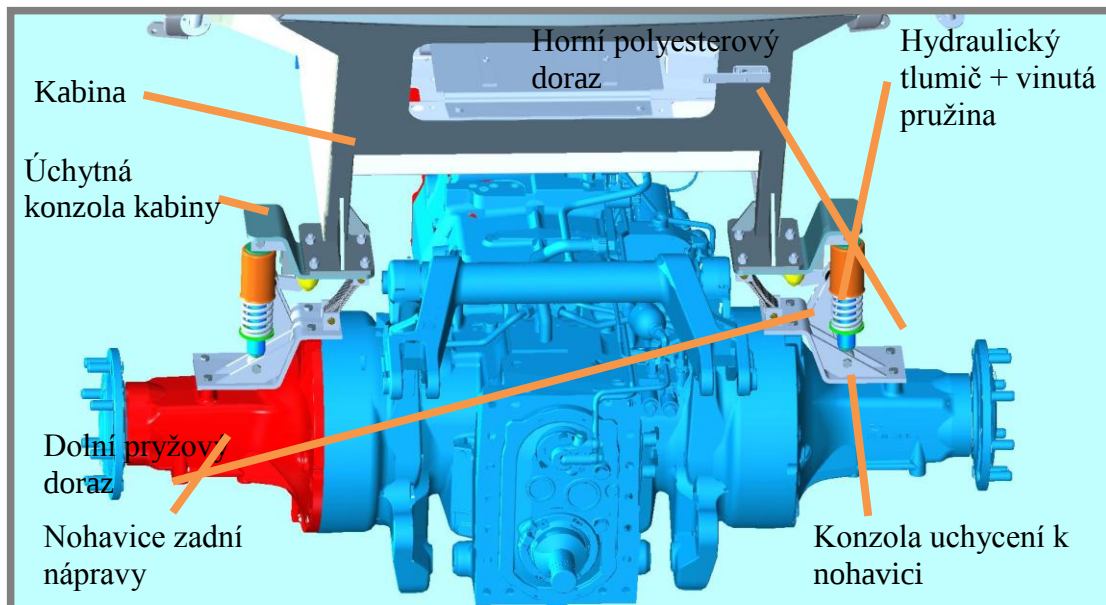


Obr. 5-12 Konstrukční varianta 2, pohled zezadu [18]

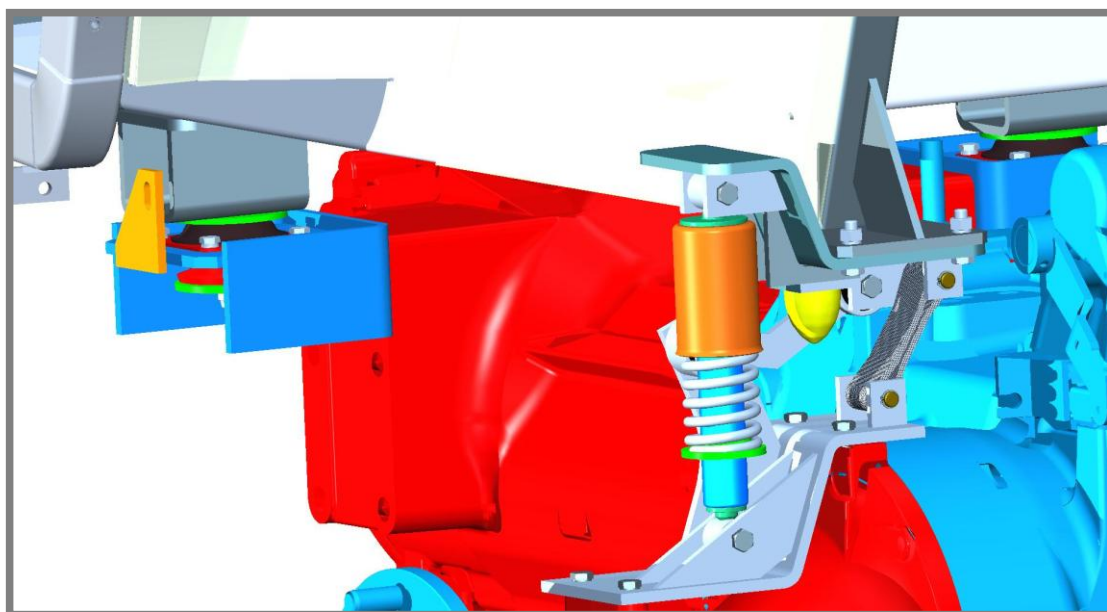
5.4 Konstrukční varianta 3

Tato varianta vznikla sloučením dvou předchozích verzí, z nichž byly vybrány kladně hodnocené prvky konstrukce. Přední část kabiny je uchycena stejným způsobem, jako u varianty původní, zadní část je odpružena pomocí námi zvoleného Steel Spring modulu od společnosti ZF Sachs, který je situován do vertikální polohy,

jako v konstrukční variantě 1. Stejný je i jeho způsob uchycení ke konzolám. Z návrhu 2 je použita koncepce dvou malých panhardských tyčí a vertikální pohyb je opět omezen v horní hranici pomocí polyesterových popruhů, dolní mez nastane, narazí-li pryžový segment na konzolu uchycení k nohavici zadní nápravy.



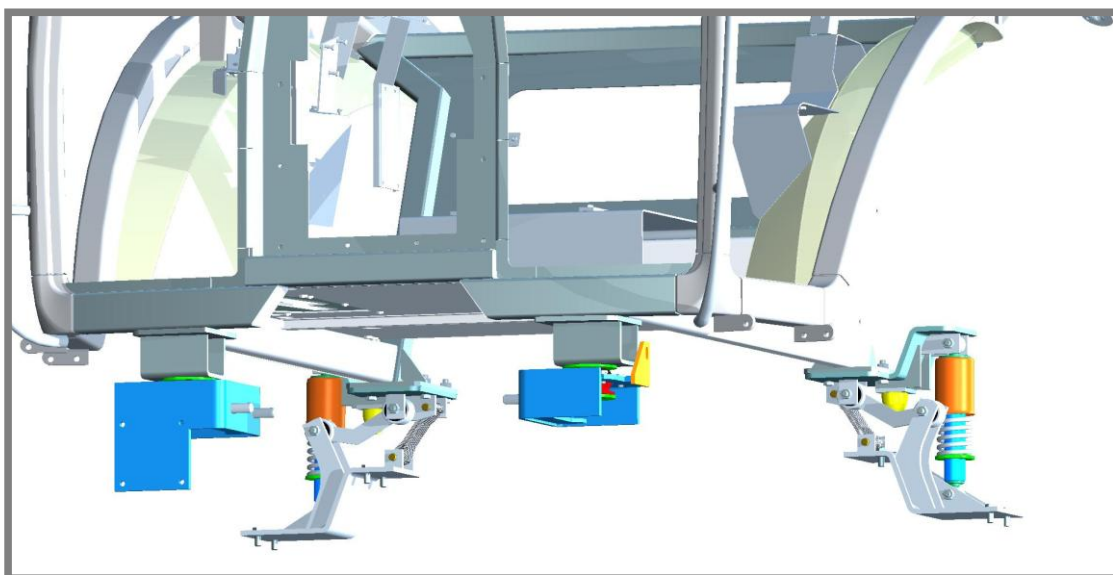
Obr. 5-13 Konstrukční varianta 3, uchycení kabiny [18]



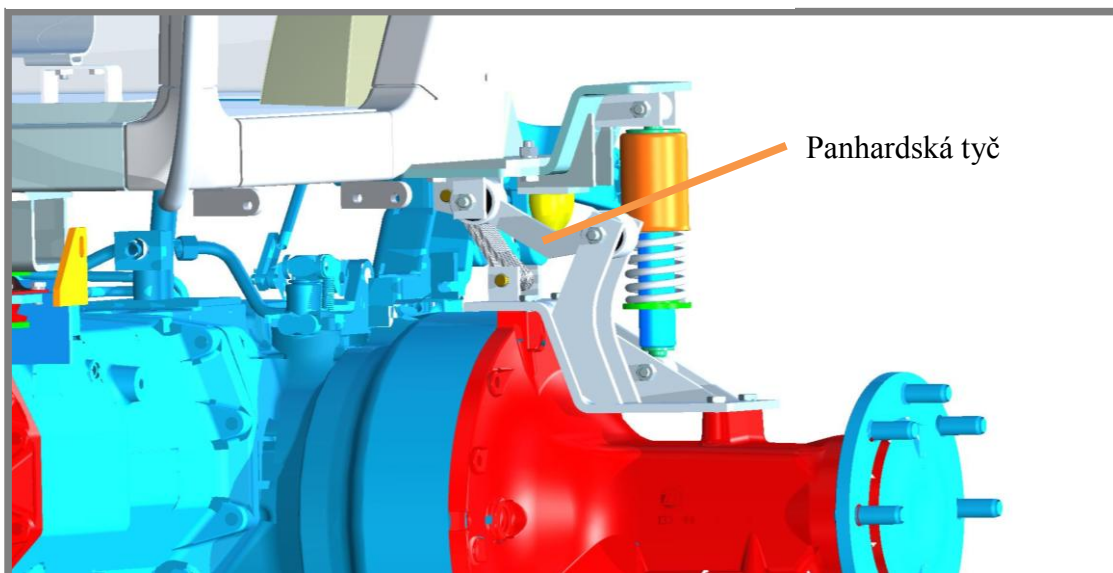
Obr. 5-14 Konstrukční varianta 3, vertikální dorazy [18]

Mezi hlavní přednosti této koncepce patří z první varianty respektování geometrie původního úchyty konzoly ke kabině a vertikální orientace pružícího členu. Z druhé varianty se odráží užití dvou panhardských tyčí menších rozměrů, místo jedné větší centrální. Kombinace těchto výhod skýtá možnost vkomponování zadních pružících mechanismů ve formě celku mezi kabinu a nohavice koncového převodu zadní nápravy, aniž bychom museli tyto dva prvky, ke kterým jsou konzoly přišroubovány

jakkoli konstrukčně měnit. V praxi to znamená, že bude existovat jednotná konstrukční verze kabiny jak pro odpružení v zadní části pomocí axiálně orientovaných silentbloků, tak i pro kombinaci mechanických vinutých pružin a hydraulického tlumiče. Uchycení kabiny bude navíc symetrické podle podélné středové roviny traktoru. Tato varianta byla po konzultaci s firmou označena za nejlépe vyhovující požadavkům, stanoveným v kapitole 3 a další část diplomové práce se bude na tuto koncepci odkazovat.



Obr. 5-15 Konstrukční varianta 3, celkový pohled [18]



Obr. 5-16 Konstrukční varianta 3, příčný doraz [18]

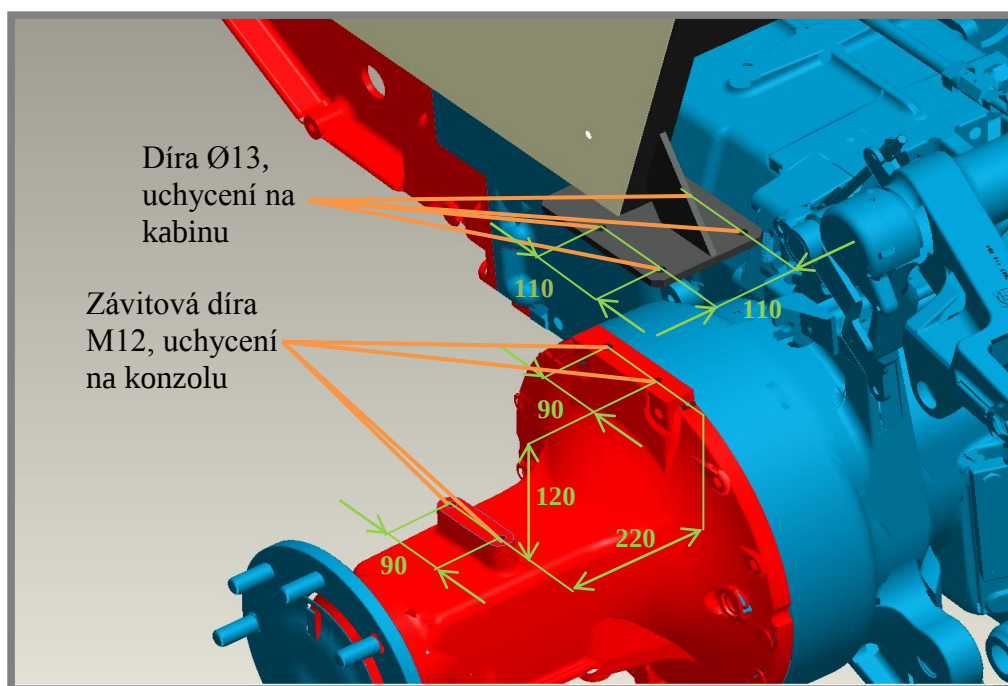
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Na základě vybrané konstrukční varianty v předchozím kroku, bylo nutné detailnější rozpracování jednotlivých funkčních komponent, nadefinovat jejich rozměry a sladit v jednotný celek, který bude vyhovovat jak pevnostním, tak kinematickým požadavkům. Společnost Zetor poskytla pro tuto diplomovou práci 3D model původního odpružení pomocí axiálně orientovaných silentbloků, obsahující tyto celky: Rám kabiny, konzoly pro uchycení k tělu traktoru a skelet těla traktoru.

6.1

6.1 Zástavbové a připojovací rozměry kabiny k tělu traktoru

Kabina je v přední části na obou stranách uchycena k axiálně orientovanému silentbloku jedním pevnostním šroubem M16, který prochází středem pružícího prvku a je pomocí matice a široké podložky, opírající se o spodní stranu pryže silentbloku, dotažen. Po demontování zadních úchytných konzol, jak na kabině, tak na nohavicích koncového převodu zadní nápravy, dostáváme připojovací rozměry pro námi konstruované odpružení. Konzola na kabině umožňuje uchycení pomocí čtyř děr o průměru 13mm, pro šrouby M12. Na nohavicích koncového převodu zadní nápravy jsou připraveny nálitky se závitovou dírou M12, s hloubkou závitu 40mm. Zmiňované připojovací prvky jsou symetrické podle vertikální, podélné středové roviny traktoru. Jejich umístění je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 6-1 Připojovací prvky pro úchyt zadního odpružení kabiny [18]

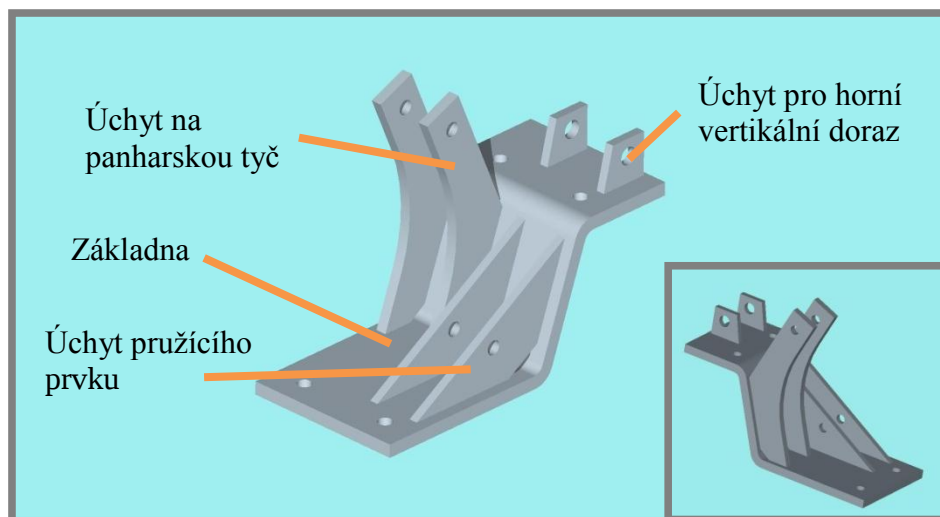
6.2

6.2 Vlastní konstrukční řešení

Spodní úchytná konzola

Na počátku konstrukční činnosti bylo nutno zvážit, kterým komponentem bude výhodné začít. Významnou roli v tomto rozhodování hrála možnost modifikace

uložení úchytů pružícího prvku, jelikož má být dle výrobce orientován do vertikální pracovní polohy. Respektováním tohoto omezení se jeví výhodné jako první modelovat spodní úchytnou konzolu. Mezi požadavky, kladené na tento komponent patří možnost uchycení pružícího prvku, panhardské tyče, bránící příčnému pohybu kabiny a dorazů, omezujících vertikální směr. Samozřejmostí je také dostatečná pevnost a bezkolizní vztah s ostatními komponenty traktoru.



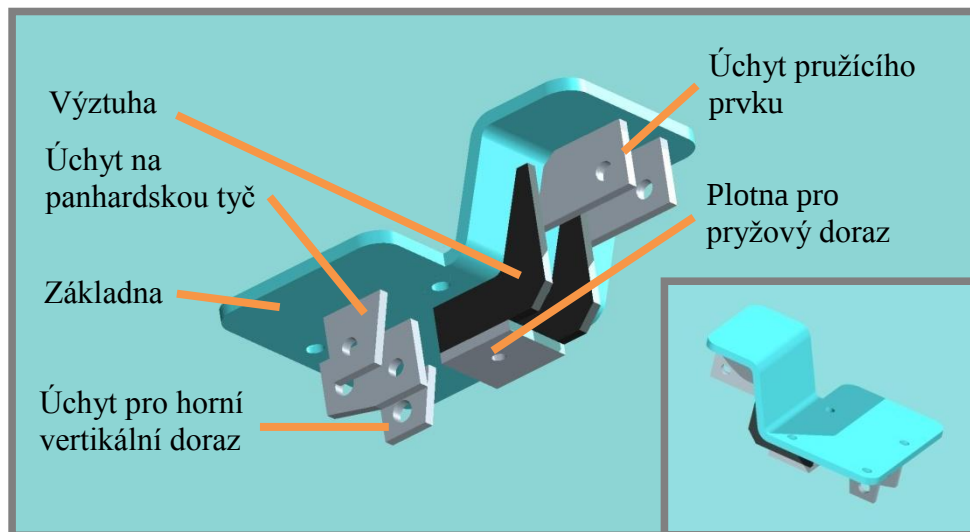
Obr. 6-2 Spodní úchytná konzola [18]

Řídící prvek sestavy představuje základna, vytvořená dvakrát ohýbaným plechem tloušťky 12 mm, na kterou jsou navařeny jednotlivé úchyty. Díry na základně budou vrtány až po ohybu, aby se zabránilo případným nepřesnostem při tomto tváření. Jednotlivé úchyty jsou vypáleny, nebo vyřezány z široké, či pásové oceli. Díry pro přichycení panhardské tyče, pružícího prvku a horního vertikálního dorazu jsou vrtány až na sestavě svařence, je to z důvodu docílení požadované přesnosti pro uložení čepů. Materiál je u všech dílčích částí sestavy volen 11 523.0. Jedná se o konstrukční ocel se zaručenou svařitelností do tloušťky 25 mm, užívá se pro svařované konstrukce, namáhané staticky i dynamicky [2]. Při tvorbě výkresové dokumentace bylo nutné si uvědomit, jakým způsobem se bude tato sestava svařovat. Přednostně byl v naší sestavě volen typ svaru oboustranný symetrický koutový. Jelikož se však úchytné prvky panhardské tyče a tlumící jednotky nachází v relativní blízkosti, nastal by zde problém s umístěním a patřičným náklonem svařovací hubice. Možnost provedení oboustranného koutového svaru v tomto případě zaniká, proto byl zvolen postup pořadí svařování úchytů vždy od středu základny, směrem do kraje a svar typu 1/2 V. Tímto je myšleno, že nejprve budou na základnu navařeny vnitřní úchyty, nacházející se blíže ke středové rovině, svar bude orientován vždy směrem ven ze součásti.

Horní úchytná konzola

Druhým modelovaným komponentem byla horní konzola, jejímž výchozím úchytným bodem je ocelová plotna kabiny. Geometrie a poloha této plotny musí zůstat stejná z důvodu zamezení změn na konstrukčním celku kabiny, které by navýšily konečnou cenu konstrukce. Propojení se spodní konzolou zprostředkovává

tlumič a panhardská tyč. Prvky pro jejich uchycení jsou znázorněny na následujícím obrázku. Při konstrukci byl kladen důraz opět na vertikální polohu pružící vzpěry, bylo proto nutné její úchyt vyvést od konzoly směrem k venkovnímu okraji traktoru.

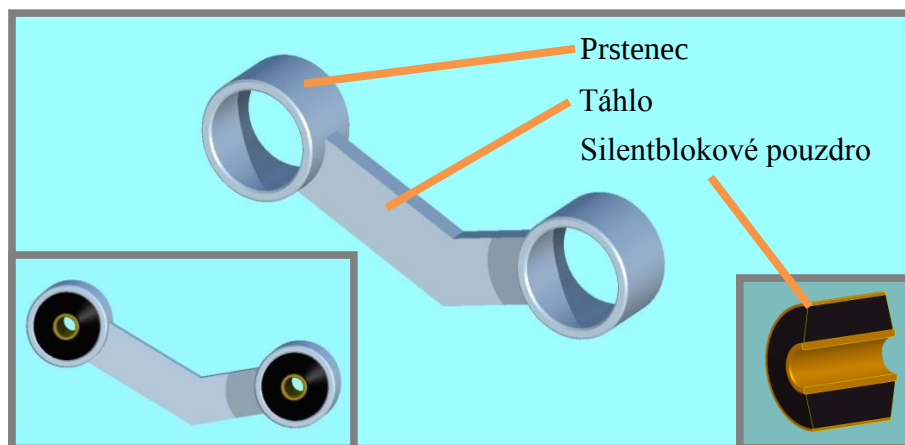


Obr. 6-3 Horní úchytná konzola [18]

Stěžejní prvek sestavy tvoří opět základna, vzniklá dvojitým ohybem plechu o tloušťce 10 mm. Díky tomuto ohybu jsme docílili požadované větší světlé výšky mezi horní a dolní konzolou v místě úchytu tlumiče, jehož horní oko je vkomponováno mezi dvě žebra, navařená na základnu. Stejnou technologií jsou uchyceny i ostatní doplňkové součásti svařence. Vedle úchytů panhardské tyče a horního vertikálního dorazu je sestava doplněna o výztuhy, zvyšující pevnost a tuhost konzoly. Tyto výztuhy propojuje plotna pro umístění pryžového dorazu, který bude při krajní spodní poloze odpružení kabiny dosedat na spodní úchytnou konzolu. Tento případ bude popsán později. Všechny díry jsou vrtány až na sestavě svařence, ze stejných důvodů, jako u předchozí součásti. Materiál všech částí sestavy je opět volen 11 523.0. Úchyty pro horní vertikální doraz a panhardskou tyč budou vařeny svarem oboustranným koutovým symetrickým. U výztuh a úchytů pružícího prvku nastává obdobný problém s nedostatkem místa pro svařovací hubici, je proto volen opět svar typu 1/2V a postup svařování jednotlivých komponent od středu směrem ke krajům součástí.

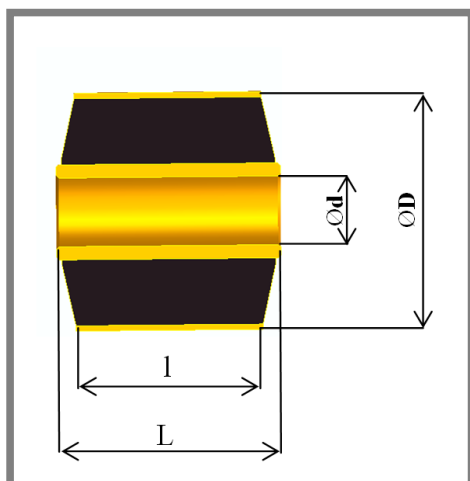
Panhardská tyč

Třetí fáze vlastního konstrukčního řešení zahrnuje tvorbu panhardské tyče, jejíž dominantní funkce spočívá v omezení příčného pohybu kabiny. Mezi významné požadavky, kladené na tento prvek patří vysoká pevnost a bezkolizní vztah k ostatním částem odpružení. Tělo součásti se skládá z táhla a prstenců, přivařených na jeho koncích. Vnitřní průměry a šířky prstenců jsou voleny tak, aby do nich bylo možné nalisovat radiálně orientovaná silentbloková pouzdra. Výroba těchto pouzder by byla pro společnost Zetor nákladná, přistoupilo se tedy k variantě nákupu.



Obr. 6-4 Panhardská tyč [18]

Silentblokové pouzdro, na které jsme panhardskou tyč navrhovali, se nachází v produktovém katalogu firmy Continental, poskytnutým společností Zetor.



Obr. 6-5 Silentblokové pouzdro [18]

TECHNICKÉ ÚDAJE	
PRYŽ	55 °ShA
ØD	45 ^{+0,08} mm
ØD	14 H9 mm
L	42 ^{-0,2} mm
L	35 ^{±0,2} mm

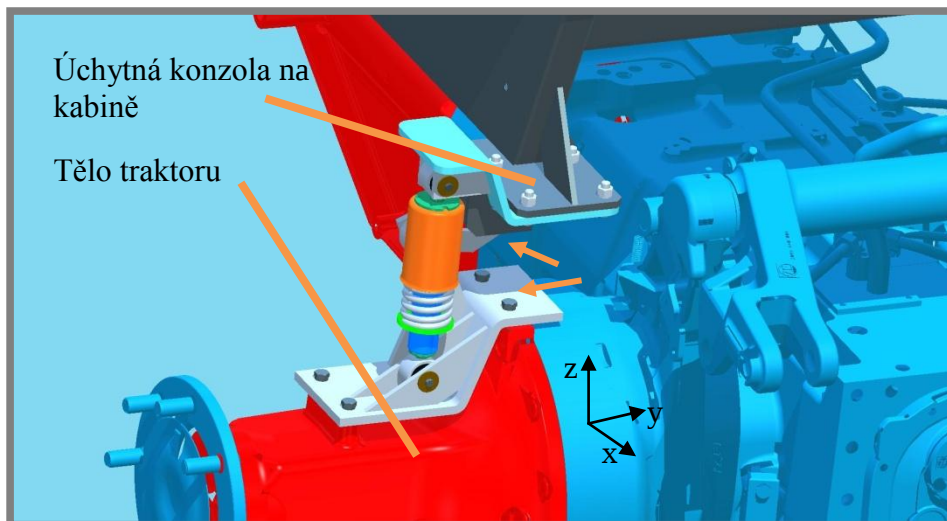
Tab. 6-1 Parametry nakupovaného pouzdra [11]

Materiál táhla i prstenců je navržen 11 523.0 a svar koutový, oboustranný symetrický.

Dorazy vertikálního směru

Po tvorbě úchytných konzol a panhardské tyče, omezující příčný pohyb kabiny traktoru nám zbývalo omezit pohyb svislý, neboli ve směru pracovního chodu tlumiče. Ten však už dorazy krajních poloh ve vlastní konstrukci zakomponované má ve formě pryžových segmentů, znázorněných na obr. 5-3. Tyto prvky utváří progresivní nárůst lineární charakteristiky tuhosti pružiny na koncích pracovní oblasti tlumiče a plně dostačí na absorbování dynamických sil, vzniklých od pohybu kabiny. Při homologačních zkouškách je však kabina traktoru zatěžována mnohem většími silami, než mohou při běžném provozu nastat. Simuluje se tak například kolizní situace, kdy se vozidlo může převrátit a kabina v tomto případě slouží, jako záchytný element. Podmínkou vyhovění takových zkoušek je neporušení konstrukce,

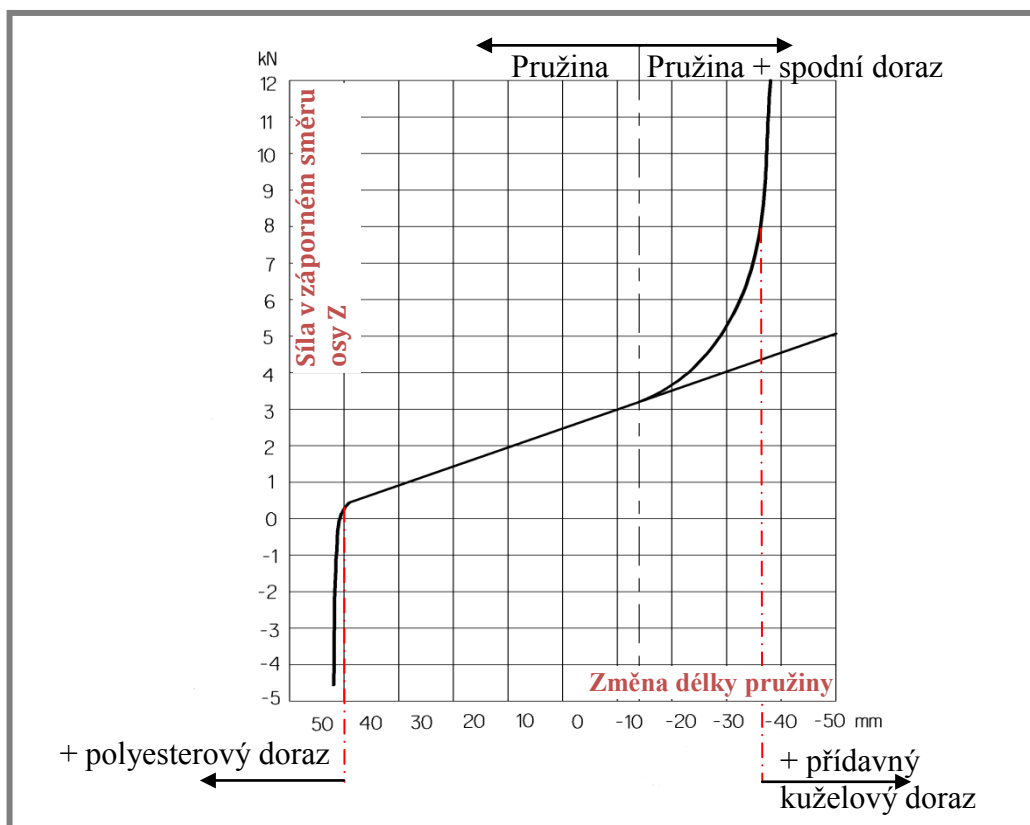
upevňující kabinu k tělu traktoru. Jelikož je Steel Spring Module od společnosti ZF Sachs omezen maximálním zatížením do 20 kN jak na tah, tak na vzpěr, museli jsme proto konstrukci posílit o další komponenty, které nám umožní zachytit vyšší hodnoty sil, přenášeny svislým směrem na tělo traktoru. Snahou bylo umístit tyto prvky do míst, která budou co nejnižší mírou zatěžovat úchytné konzoly. Zvolila se tudíž oblast přímo mezi úchytnou konzolou na kabině a tělem traktoru, znázorněná na obrázku 6-6.



Obr. 6-6 Vhodné umístění přidavných vertikálních dorazů [18]

Dorazy, omezující vertikální pohyb kabiny jsou rozděleny, podle charakteru zatížení, které přenáší. Pro spodní hranici (namáhání na tlak) bude použit pryžový kuželový segment, který při svislém zatížení nad 8 kN, v záporném směru osy Z, dosedne na základnu spodní úchytné konzoly v místě podpory od nálitku nohavice zadní nápravy. V případě horní hranice (namáhání na tah) bude užit polyesterový popruh, uchycený jak na spodní, tak na horní konzole pomocí čepů. Doraz se stane funkční, poklesne-li zatížení v záporném směru osy Z na hodnotu pod 300 N. Velikost těchto mezních hodnot byla zvolena na základě charakteristiky pružící jednotky, uvedené na obr. 6-7.

Na obrázku můžeme vidět graf závislosti síly, působící na pružící prvek v záporném směru osy Z, na změně délky pružiny. Lineární oblast reprezentuje charakteristiku pružiny o tuhosti 52 N/mm, progresivní konce znázorňují působení pryžových dorazů na koncích pracovního chodu. Začátek působení přidavných dorazů je označen červenými čerchovanými čarami a hodnoty byly zvoleny tak, aby tyto meze byly překonány pouze v případech neslučitelných s klasickým způsobem jízdy, tj. při kolizích, nadměrném náklonu traktoru, nebo působení cizího, nežádoucího zatížení na kabinu.



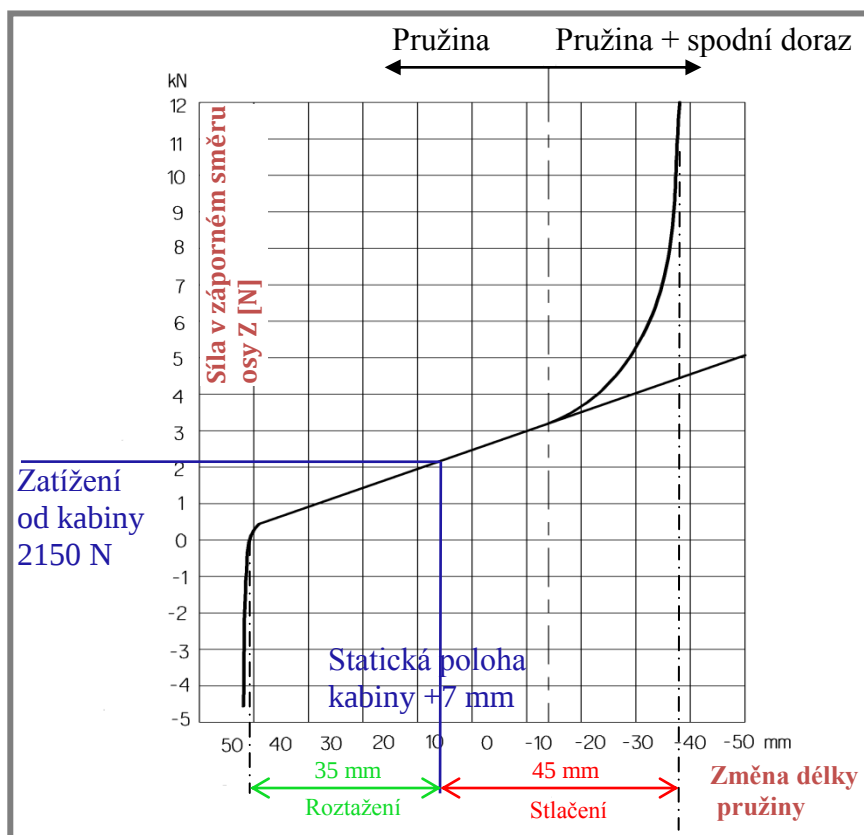
Obr. 6-7 Vhodné umístění přídavných vertikálních dorazů [19]

Abychom zjistili potřebné rozměry dorazů, bylo nutné určit statickou polohu kabiny, která nastane při stlačení pružiny vlivem gravitační síly, iniciované dílčí hmotností kabiny, a přenášené přes konzolu na pružící prvek. Firma Zetor poskytla výsledky měření statického zatížení od kabiny v místě úchytných konzol, viz tabulka 6-2. Měření bylo prováděno na kompletně smontované kabině, s řidičem, kabina s klimatizací.

STATICKÉ ZATÍŽENÍ [N]			
PL	PP	ZL	ZP
1286	1382	2091	2209

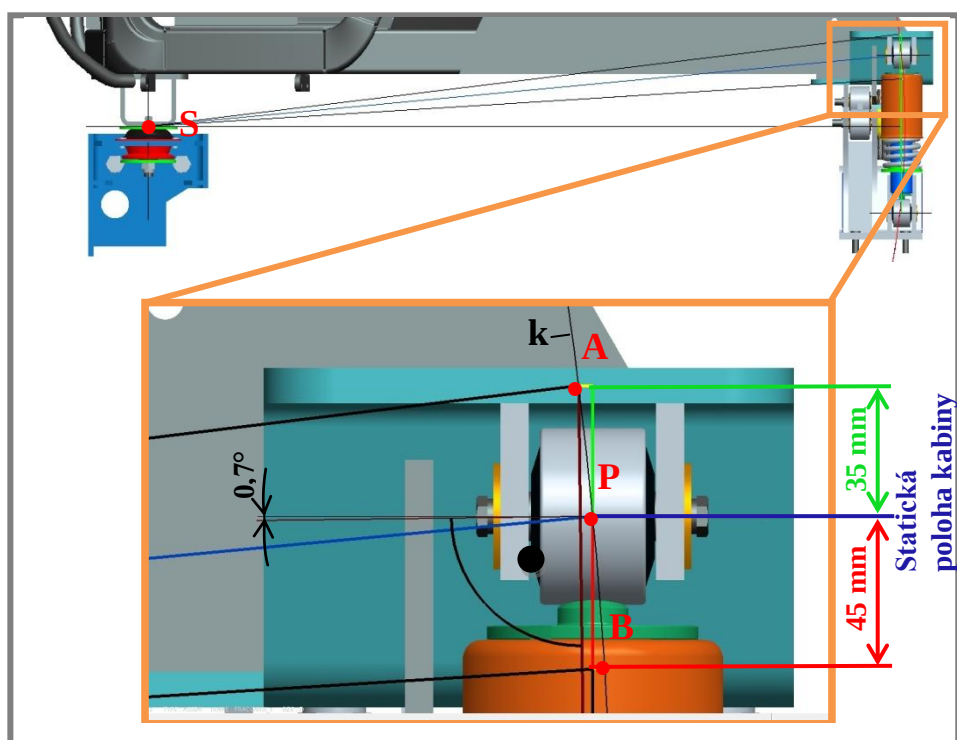
Tab. 6-2 Statické zatížení od kabiny [19]

Z tabulky vyplývá, že se zatížení od zadní levé a pravé strany liší, byla proto zvolena hodnota 2150 N, jakožto jejich aritmetický průměr. Známe-li zatížení, působící na pružící jednotku, můžeme z charakteristiky zjistit její změnu délky, viz obr. 6-8.



Obr. 6-8 Statická poloha kabiny [19]

Z charakteristiky námi zvoleného prvku vyplývá, že hodnota síly, působící od konzoly není dostatečně velká na to, aby stlačila pružinu o dané tuhosti do výchozí statické polohy, na kterou je tato jednotka navrhována, bude se proto naše kabina nacházet asi 7 mm nad touto polohou. Délka tlumiče, měřená, jako vzdálenost os horního a spodního pouzdra je podle údajů výrobce v definované výchozí poloze 287 mm. Přičteme-li 7 mm, získáme tak délku tlumícího prvku pro naše parametry kabiny. Této délce jsou přizpůsobeny úchyty tlumiče tak, aby při statické poloze kabiny bylo dosaženo vodorovné pozice v podélném směru vozidla. Z grafu na obr. 6-8 lze také odvodit velikost maximálních výchylek od statické polohy, kterých může kabina při pracovním chodu dosáhnout. V případě maximálního stlačení se výchylka pohybuje kolem 45 mm, maximální roztažení 35 mm. Obr. 6-9 znázorňuje aplikaci výchylek přímo na model.



Obr. 6-9 Výchylky od statické polohy kabiny [18]

Nebudeme-li uvažovat pohyb v předních silentblocích, který je asi desetkrát menší, než na zadních tlumících jednotkách, můžeme říci, že bod **P** koná částečný rotační pohyb mezi body **A**, **B** po kružnici **k** se středem **S**. Vlivem tohoto pohybu dochází k vychýlení osy vnitřního pouzdra radiálního silentbloku od osy venkovního obalu o úhel $0,7^\circ$, což vyhovuje podmínce, stanovené výrobcem, který dovoluje hodnotu $\pm 3^\circ$. Z odvozených výchylek již můžeme dopočítat, do jaké vzdálenosti je třeba umístit pryžový doraz, aby jeho funkčnost začínala na stanovené hodnotě zatížení pružícího prvku. Pro hodnotu zatížení odpovídá stlačení asi 37 mm. Přičteme-li k této hodnotě 7 mm zdvihu kabiny vlivem menší hmotnosti, dostáváme sumu 44 mm, jež vyjadřuje vzdálenost umístění vrcholu kuželového pryžového dorazu nad dosedací plochu spodní konzoly. Podobným způsobem dopočítáme i délku polyesterového popruhu.

Technické parametry přídatných vertikálních dorazů Horní polyesterový



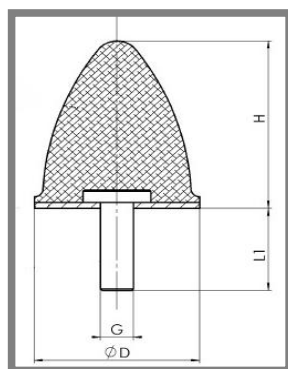
Obr. 6-10 Polyesterový popruh [24]

Jedná se o levný a jednoduchý způsob zamezení svislého chodu kabiny. Polyesterové popruhy se vyrábí v široké škále délkových a pevnostních rozměrů, například firma 2TS, u které byl vybrán popruh pro naše odpružení, nabízí libovolnou délku a nosnost do 100 tun. Pozn.: obrázek je pouze ilustrační, skutečné rozměry budou zadány výrobcí.

TYP	ŠÍŘKA	NOSNOST	KOEFICIENT BEZPEČNOSTI
RS2 2T	52 mm	2000 kg	7

Tab. 6-3 Parametry polyesterového popruhu [23]

Spodní pryžový



Obr. 6-11 Pryžový doraz [11]

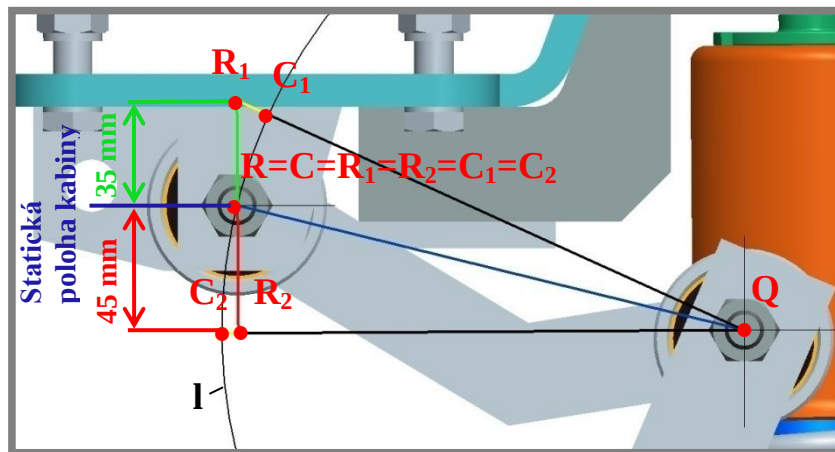
TECHNICKÉ ÚDAJE	
PRYŽ	65 °ShA
ØD	52 mm
G	M10
L1	22 mm
H	58 mm
F _{max}	4000 N

Tab. 6-4 Parametry pryžového dorazu [11]

Kinematický pohyb panhardské tyče

Mezi další podmínky, které bylo nutno zkontrolovat, patří panhardská tyč, resp. její silentbloková pouzdra. Tato součást, užívaná pro zamezení příčného pohybu kabiny traktoru je uchycená z jedné strany na spodní konzolu k nohavici, druhá strana na horní konzolu ke kabině traktoru. Je důležité si uvědomit, že náš zmiňovaný způsob eliminování příčného směru pohybu je proveden jak na levé, tak na pravé straně traktoru. Podle obrázku 6-12 můžeme říci, že pohybuje-li se kabina ve svislém směru mezi spodní a horní hranicí výchylek, bod **C**, umístěný ve středu pouzdra silentbloku panhardské tyče koná částečný pohyb mezi body **C₁**, **C₂** po kružnici **I**, se středem **Q**. Tento případ by nastal, kdybychom zanedbali vazbu od šroubu na horní úchytné konzole a předepsali zde podmínku posuvu osy pouzdra, v našem obrázku představované bodem **R** po rovině, tvořené osami děr, jimiž jsou prostrčeny šrouby pro uchycení panhardské tyče. V reálné situaci však osy pouzder zůstávají vždy zavazbené pomocí šroubů k osám úchyťů, nastala by zde proto kolize dvou typů pohybů. Přímocarého svislého pohybu bodu **R**, v krajních polohách představovaný body **R₁**, **R₂** a zmiňovaného pohybu bodu **C** po kružnici, v krajních polohách s body **C₁**, **C₂**. Vzdálenosti $|R_1C_1|$ a $|R_2C_2|$ musí být proto kompenzovány pružným členem, v našem případě silentblokovým pouzdem panhardské tyče, které má dle parametrů výrobce předepsané povolené radiální vyosení vnitřního a vnějšího obalu. U použitého typu pouzdra se tento parametr pohybuje v rozmezí ± 5 mm. Odměření z

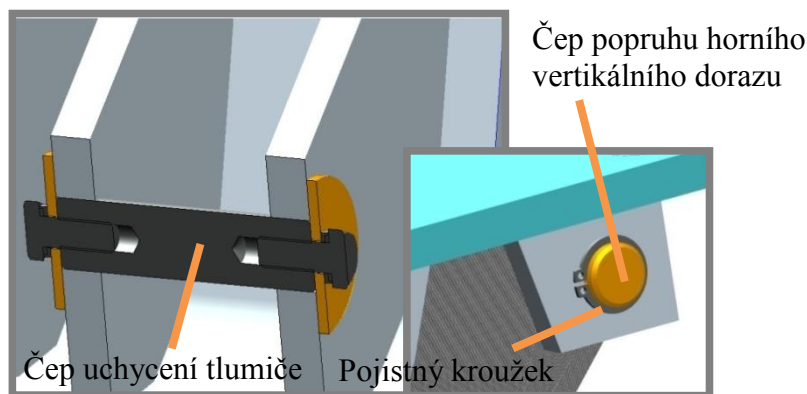
modelu byla zjištěna maximální vzdálenost $|R_1C_1|=9,4$ mm. Rozdělíme-li tuto hodnotu do dvou pružících prvků, můžeme prohlásit, že zvolená radiální silentbloková pouzdra jsou vhodná pro námi definované podmínky.



Obr. 6-12 Pracovní chod panhardské tyče [18]

Doplňkové prvky konstrukce

V závěrečné fázi byla sestava modelu doplněna o šrouby, čepy popruhů horních dorazů a pružících prvků. Uchycení panhardské tyče bude realizováno lícovanými šrouby M12 s krátkým závitem. Dřík těchto šroubů má průměr $\varnothing 13$ s hodnotou tolerance n6. Tolerance díry pro tyto šrouby byla podle ČSN 02 1111 předepsána H7 [2]. Čep popruhů horních dorazů bude vyroben z polotovaru kruhové tyče o průměru 16mm, s tolerancí h11, dle normy ČSN 42 6510.12 [2]. Díra v úchytné konzole má předepsanou toleranci H7, bude se tedy jednat o uložení přechodné, plně vystačující požadované přesnosti. Čep bude proti vysunutí na obou stranách zajištěn pojistným kroužkem 16, dle ČSN 02 2930 [2]. Poslední součástí, které bylo nutno předepsat funkční rozměry, byl čep pro uchycení pružícího prvku. Výrobce stanovený průměr vnitřního pouzdra měl hodnotu $\varnothing 14^{+0,2}$ mm. Pro tento rozměr byla stanovena hodnota průměru čepu $\varnothing 14$ h7 a následně také podle doporučených uložení v soustavě jednotného hřídele rozměr díry na úchytné konzole $\varnothing 14$ H8. Zajištění čepu je provedeno pomocí šroubů M6, našroubovaných z čela prvku a opírajících se přes širokou podložku o boky úchytných konzol. Na obrázku 6-13 můžeme vidět ilustrativní detaily vybraných komponent.



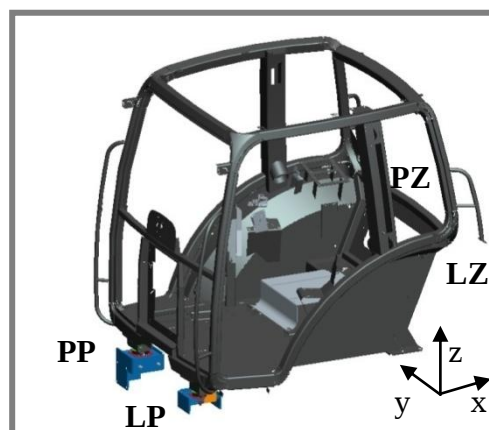
Obr. 6-13 Detaily vybraných úchytných komponent [18]

6.3 Pevnostní analýza

U namodelovaných prvků uchycení zadní části kabiny traktoru bylo nutné provést deformačně napěťovou analýzu, abychom zjistili, zda jsou komponenty o daných rozměrech a nadefinovaných materiálech vyhovující. Tato analýza bude provedena v programovém prostředí ANSYS Workbench. Kabina je považována za pracovní prostor obsluhy vozidla, plní zároveň funkci ochranné konstrukce a musí proto splňovat určité bezpečnostní požadavky. V případě traktoru jsou tato kritéria shrnuta do evropské směrnice 2009/75/ES. Jedná se o pravidla, jimiž se řídí testování kabin traktoru v podmínkách, simulujících převrácení vozidla a skládá se z několika statických zkoušek, od sebe se lišících velikostí a působištěm zatěžovací síly na kabinu. Tělo traktoru musí být přitom pevně fixováno k základně zkušební místnosti. Vlivem zatěžovací síly dochází k postupné deformaci rámu kabiny. Kritériem tohoto testování je dosažení určitého limitu hodnoty deformační energie, která je předem stanovena z hmotnosti traktoru. Firma Zetor si při konstrukčním návrhu kabiny pro nový model Maxterra nechala vypracovat MKP analýzu, simulující tyto homologační zkoušky. Její výsledky potvrzují dostatečnou pevnost a tím i bezpečnost této ochranné konstrukce. Součástí je i stanovení reakčních sil, iniciovaných vlivem bočního zatěžování kabiny na konzolách, ke kterým je tato ochranná konstrukce uchycena. Reakční síly na zadní konzole, která bude více namáhána, užijeme jako vstupní zatížení pro naše výpočty. V tabulce 6-5 jsou obsaženy údaje potřebné k výpočtům. Reakční síla ve směru osy Y je uvedena jak pro levou, tak i pravou zadní konzolu. Je to z důvodu testování panhardské tyče a jejího úchyty jak na tahové, tak i tlakové zatížení.

REAKČNÍ SÍLY NA KONZOLE	
$R_x (LZ)$	1175 [N]
$R_y(LZ)/(PZ)$	-11344/-26778 [N]
$R_z(LZ)$	-39660 [N]

Tab. 6-5 Reakční síly na konzole [19]



Obr. 6-14 Označení konzol[18]

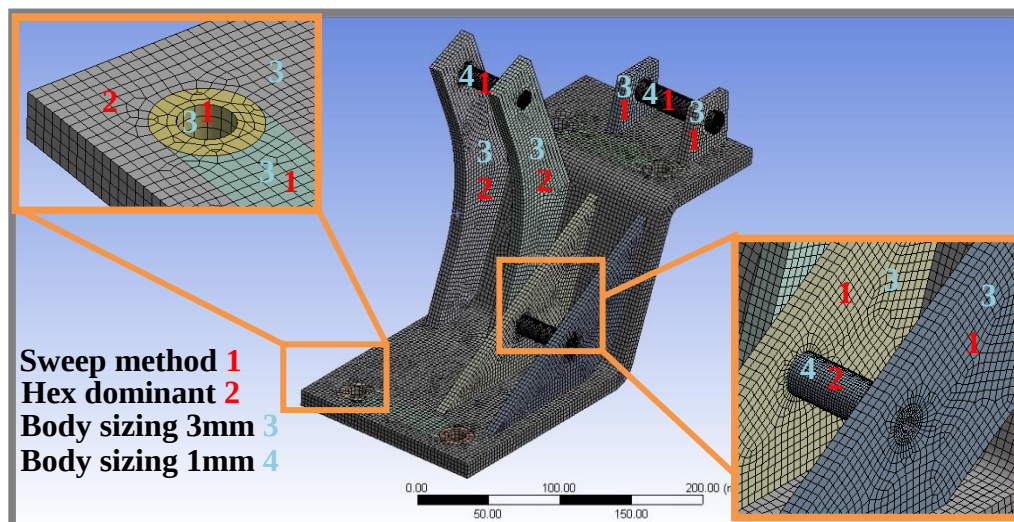
6.3.1 Spodní úchytná konzola

Jako první byla pevnostní analýze podrobena spodní úchytná konzola. Tato součást zprostředkovává vazby mezi tělem traktoru a komponenty odpružení. Je přišroubována pomocí čtyř šroubů M12 na nálitky nohavice koncového převodu diferenciálu zadní nápravy. Na konzolu je uchycen pružící prvek, popruh horního vertikálního dorazu a panhardská tyč. Geometrie komponentu byla importována z programového prostředí Pro/Engineer pomocí přenosového formátu souborů step. Po načtení v programu Ansys Workbench byla zkontrolována geometrie. Jednotlivé části sestavy se chovaly jako samostatné díly a jejich umístění k základně bylo zprostředkováno pomocí vazeb typu kontakt. Tento způsob spojení pro náš případ nebyl příliš vhodný, poněvadž je sestava konzoly svařenec a měla by se chovat, jako jedna součást. Proto byly jednotlivé části vybrány a pomocí příkazu Form new part sjednoceny v souvislý celek. Tento krok má své výhody také při následné tvorbě konečnoprvkové sítě, poněvadž jsou jednotlivé nody původních součástí v místě styku (bývalých vazeb typu kontakt) napojeny na sebe a tím se zvyšuje přesnost a snižuje náročnost výpočtu. Do děr pro uchycení prvků odpružení byly nasunuty válečky, představující zjednodušený model šroubu, či čepu. Vazby mezi válečky a dírami konzol byly voleny bonded.

Konečnoprvková síť

V dalším kroku jsme přistoupili k tvorbě konečnoprvkové sítě. Při tomto úkonu je důležité vědět, že na tloušťce materiálu by neměl být pouze jeden prvek, poněvadž tím mohou být výraznou mírou ovlivněny výsledky. Nevýhodné je také, mají-li elementy větší poměr mezi délkami stran a také je-li síť konečných prvků přehnaně hustá. Z předchozích zkušeností s programem víme, že je výhodné volit metodu tvorby sítě sweep, která užívá prvků tvaru šestistěnu a klínu. Oproti metodě free, nebo tetrahedrons vyniká výrazně nižším celkovým počtem elementů i nodů a tím zkracuje čas výpočtu. Nevýhodou této metody je, že lze užít pouze na tělesech s jednodušší, či pravidelnou geometrií. Program umožňuje tělesa, na nichž lze metodu sweep užít, detekovat pomocí příkazu show sweepable bodies. U komponent, na

kterých nebylo možno vytvořit síť zmiňovaným způsobem, byla užita metoda hex dominant. K definování velikosti prvků posloužila funkce sizing. Následující obrázek ukazuje konečnoprvkovou síť naší součásti, na které následně probíhaly výpočty.

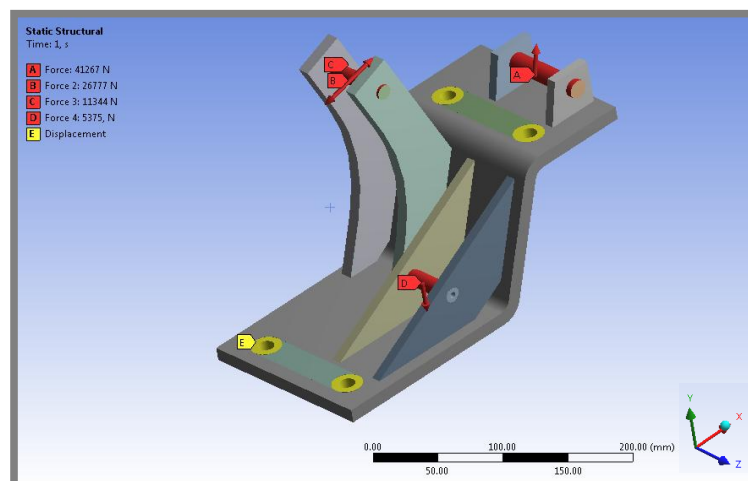


Obr. 6-15 Konečnoprvková síť [20]

Vazby a zatížení

Po tvorbě konečnoprvkové sítě následoval výběr typu analýzy, jíž budeme součást ověřovat. Z charakteru vstupního zatížení volíme analýzu static structural.

Dalším krokem bylo definování vazeb od šroubů přichycení k nohavici zadní nápravy. Na pomocné plochy, vytvořené kolem děr bylo předepsáno omezení pohybu - displacement ve všech směrech. Následovalo zadání silového zatížení, které bylo odvozeno od reakčních sil v tabulce 6-5. Při přepočtu složek sil do jednotlivých směrů jsme užili goniometrických funkcí. Silové působení, označené písmenem D vzniká od podílu hmotnosti kabiny a rovná se 2150 N při statickém zatížení. Jelikož zde budou při pracovním pohybu vznikat zatížení dynamického charakteru, byla tato síla po konzultaci s firmou Zetor vynásobena koeficientem 2,5. Tím vznikla výsledná hodnota 5375 N. Na obr. 6-16 můžeme vidět jak plochy, na nichž byl omezen pohyb, tak i všechna silová působení, jimiž bude konzola namáhána. Analýza však bude provedena pro každé zatížení zvlášť.



Obr. 6-16 Zatížení a omezení pohybu konzoly [20]

Materiál

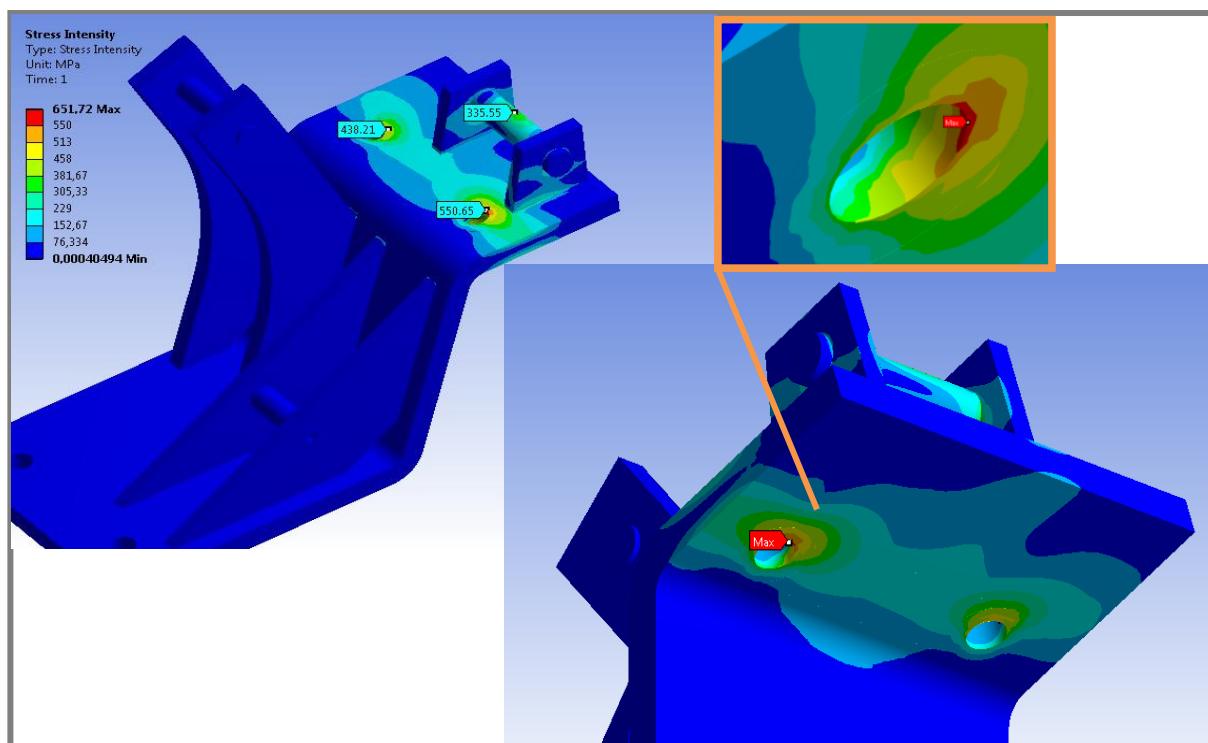
Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.2, materiál všech komponent je volen 11 523, následující tabulka obsahuje parametry, potřebné k zadání do programu Ansys Workbench.

OCEL 11 523
BILINEÁRNÍ IZOTROPNÍ
EX= $2,1 \times 10^5$ [MPa]
PRXY=0.3 [-]
Rm=550 [MPa]
Re=355 [MPa]
ET=2100 [MPa]
A ₅ =20 [%]

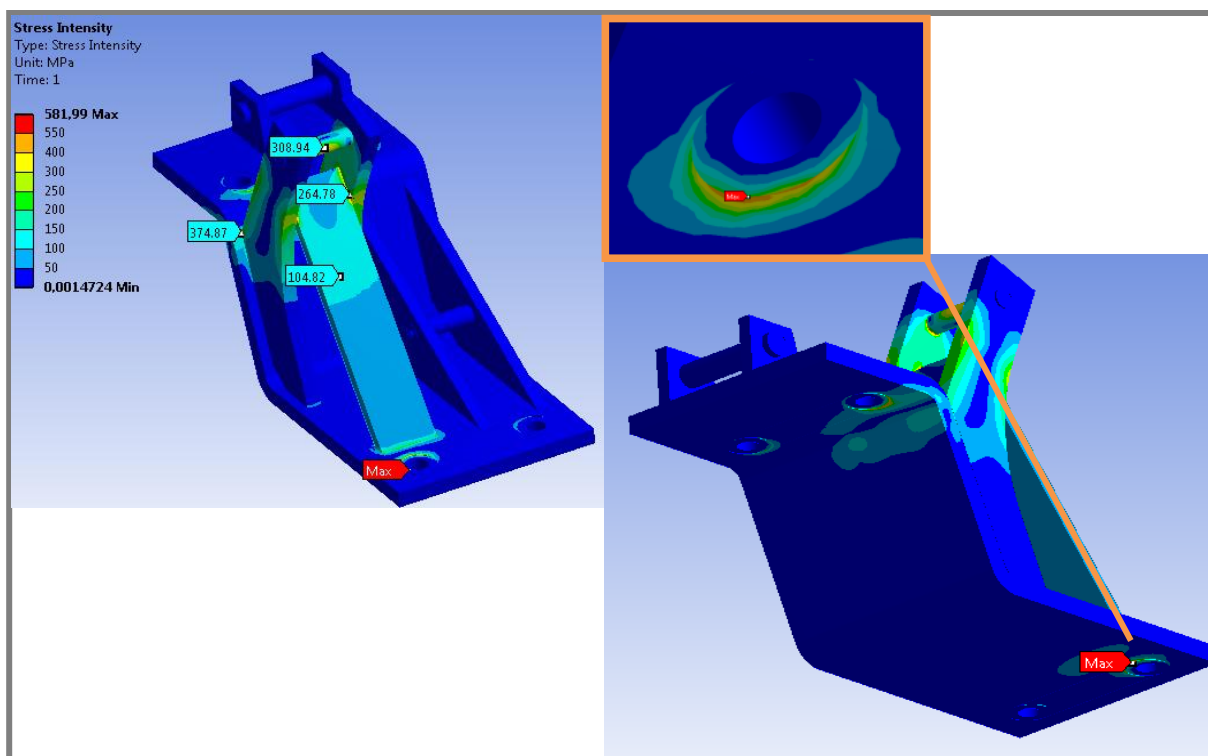
Tab. 6-6 Parametry materiálu [2,19]

Vyhodnocení výsledků

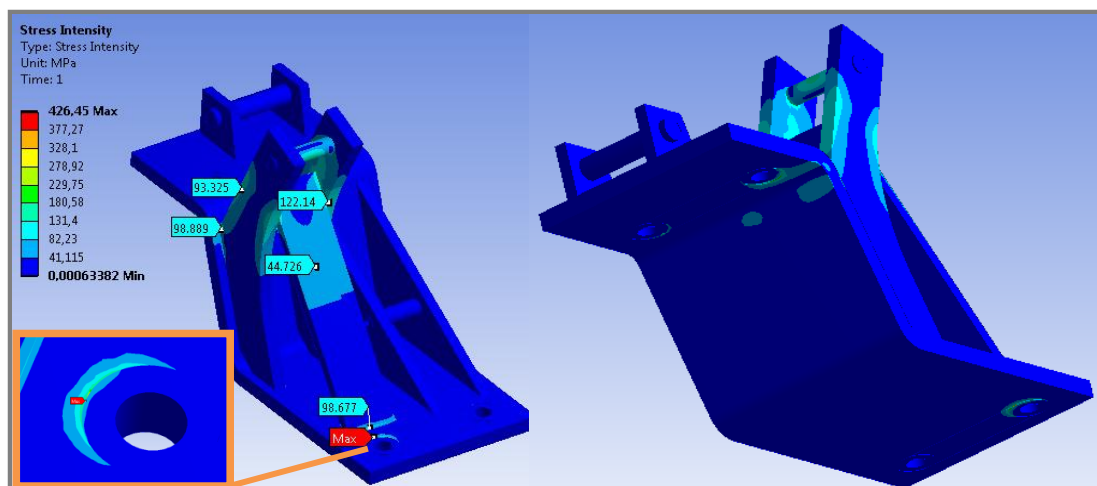
Dle evropské směrnice 2009/75/ES nesmí v průběhu zatěžování dojít k porušení některého z úchytných prvků, přičemž plastické deformace jsou povoleny. Bude nás tedy zajímat, zda hodnota redukovaného napětí překročí mez pevnosti materiálu. Ve výpočetním programu navolíme v menu solution vykreslování položky stress intensity, tedy podmínku max τ , jelikož je konzervativnější než HMH. Výsledky pro jednotlivé zatěžovací síly jsou znázorněny v následujících obrázcích.



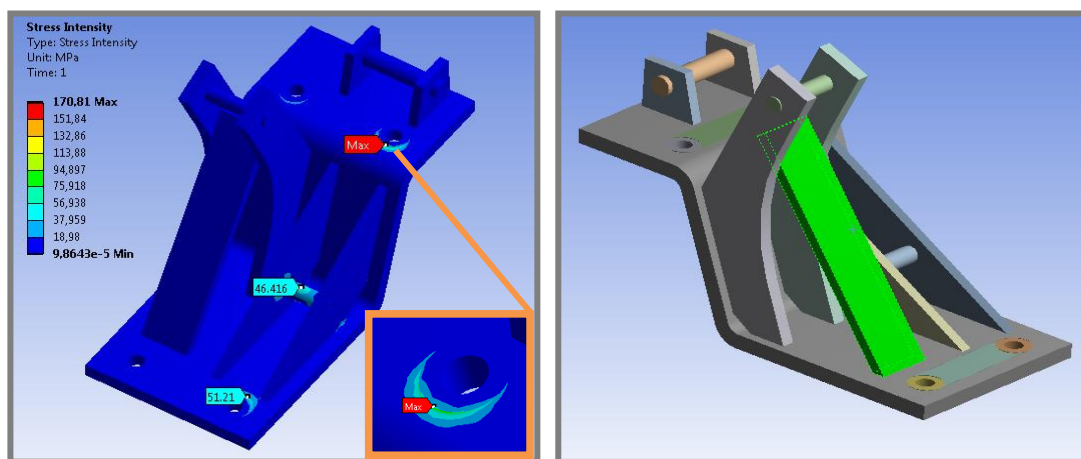
Obr. 6-17 Zatěžování silou A [20]



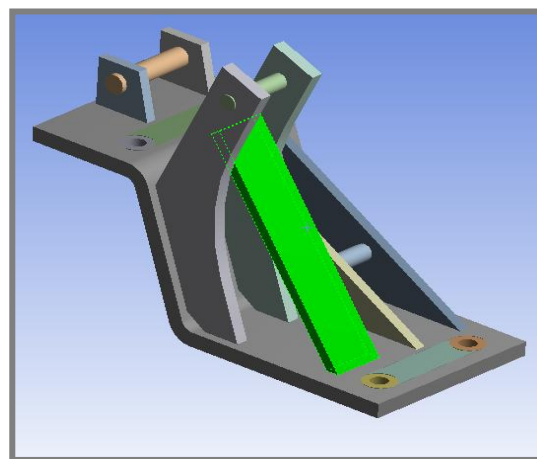
Obr. 6-18 Zatěžování silou B [20]



Obr. 6-19 Zatěžování silou C [20]



Obr. 6-20 Zatěžování silou D [20]



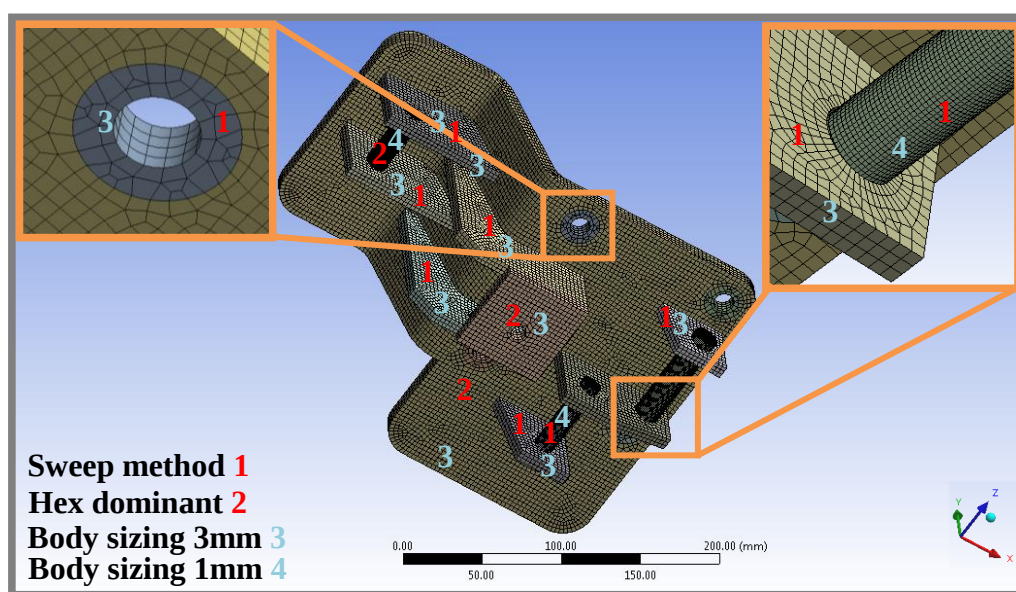
Obr. 6-21 Přídavná výztuha [20]

Na obrázcích zatěžování silou A a B překračuje maximální hodnota napětí mez pevnosti materiálu. V obou případech se však jedná o špičkové napětí, vzniklé v blízkosti vazeb, proto na tyto oblasti nemusíme klást moc velký důraz. Špičkové napětí se navíc nevyskytuje po celé šířce materiálu, nýbrž jen do hloubky asi 1 mm pod povrchem. Při pevnostní analýze bylo zjištěno, že zatížení na úchytu panhardské tyče je příliš velké a dosavadní provedení konstrukce by v tomto případě nevyhovělo. Mezi základnu konzoly a úchyty byla proto dodatečně vkomponována výztuha, znázorněná na obr. 6-21, výsledky analýzy tento přídatný komponent již obsahují. V tabulce 6-6 si můžeme všimnout parametru ET, jež značí tečný modul v bilineárním izotropním modelu materiálu a charakterizuje průběh napětí v závislosti na přetvoření po překročení meze kluzu. Díky této charakteristice můžeme zjišťovat velikost plastických deformací, která bude následně srovnána s tažností materiálu. V případě překročení tažnosti materiálu bude výsledek MKP analýzy hodnocen, jako nevyhovující. V našem případě se hodnoty plastických deformací, přepočítané na procenta pohybují kolem 0,8 %. Z porovnání této hodnoty s parametrem A_5 můžeme říci, že pro daná zatížení je tato konstrukce vhodná.

6.2.2 Horní úchytná konzola

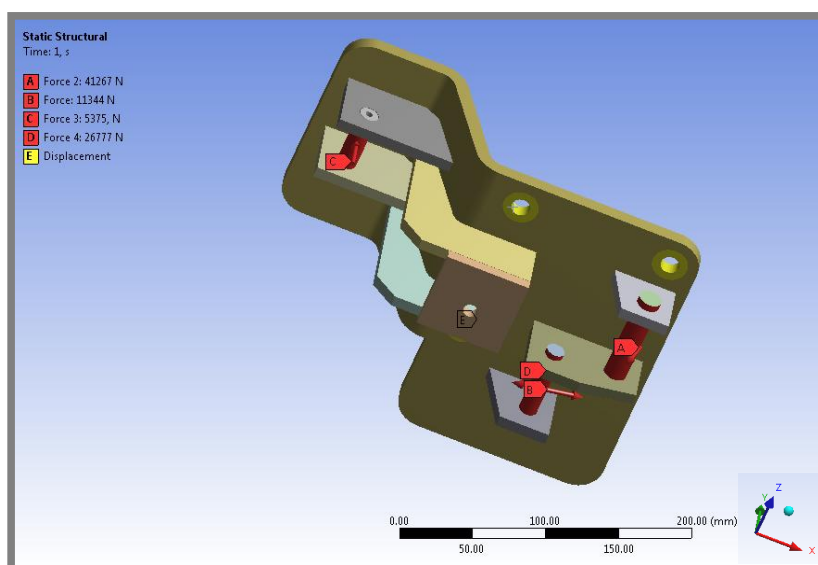
Další součástí, u které byla provedena pevnostní analýza, je horní konzola, jež tvoří spojení mezi prvky odpružení a kabinou traktoru. Je přišroubována pomocí čtyř šroubů M12 k úchytné plotně kabiny. Stejně, jako na spodní konzolu, je zde přichycen pružící prvek, popruh horního vertikálního dorazu a panhardská tyč. Výpočtový model představují čtyři komponenty, to znamená sjednocená sestava konzoly a tři válečky, nahrazující šroub a čepy. Vazby na stykových plochách jsou opět typu bonded ze stejného důvodu, jako u předchozí konzoly. Jelikož jsme při tvorbě konečnoprvkové sítě, zadávání vazeb a silových zatížení postupovali stejným způsobem, jako u předchozí součásti, nebudou tyto údaje dopodrobna vypsány, nýbrž přejdeme rovnou k obrázkům, popisující jednotlivé kroky.

Konečnoprvková síť



Obr. 6-22 Konečnoprvková síť [20]

Vazby a zatížení



Obr. 6-23 Zatížení a omezení pohybu konzoly [20]

Silová zatížení, na jednotlivých prvcích horní úchytné konzoly byly odvozeny opět z hodnot, uvedených v tabulce 6-5. Jedná se v podstatě o reakční síly, vyvolané působením zatížení spodní úchytné konzoly na panhardskou tyč, horní vertikální doraz a tlumič.

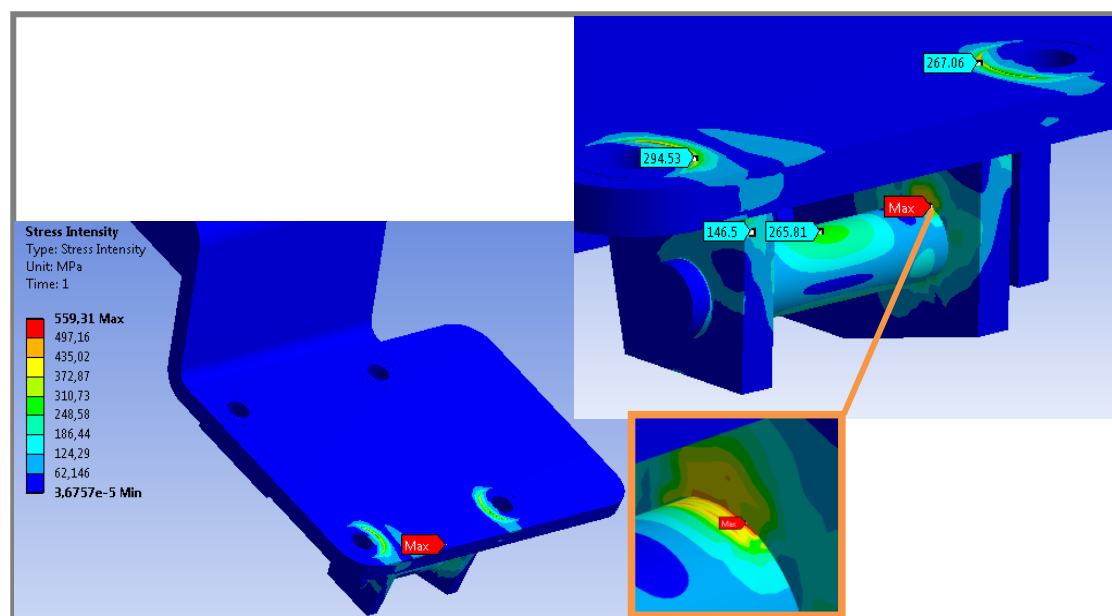
Materiál

Materiál všech komponent je volen 11 523, parametry, potřebné k zadání do programu Ansys Workbench jsou obsaženy v tabulce 6-6.

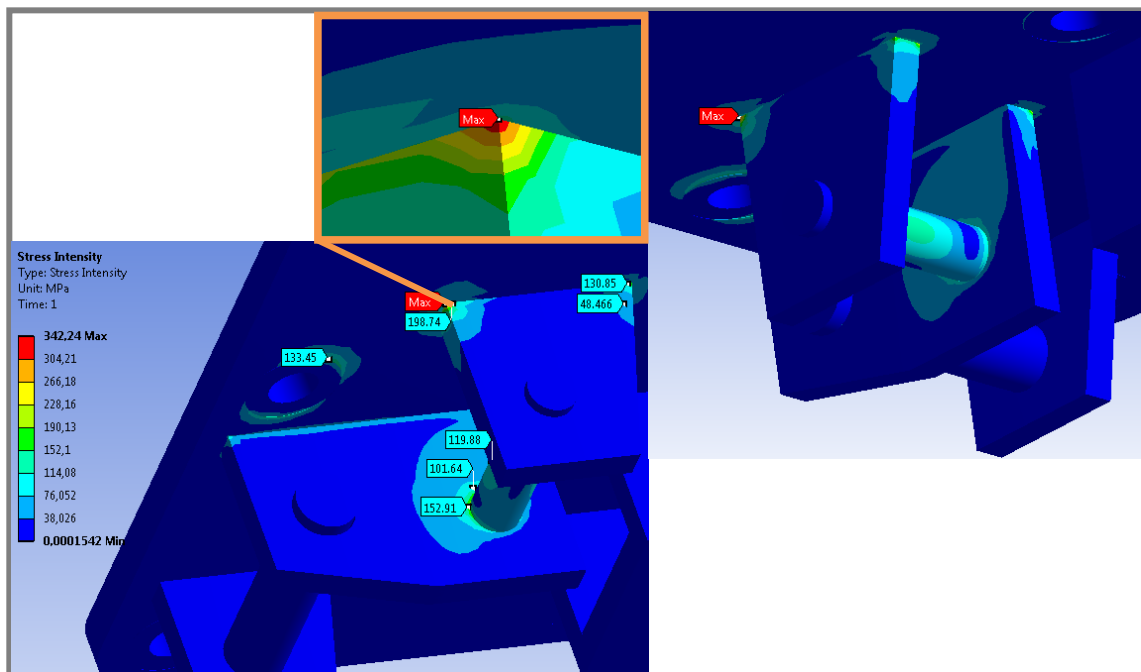
Vyhodnocení výsledků

Jako v předchozím případě byly vyhodnocovány výsledky rozložení napětí dle podmínky plasticity max τ , dále srovnávány maximální plastické deformace equivalent plastic strain, přepočítané na procenta, s hodnotou tažnosti materiálu.

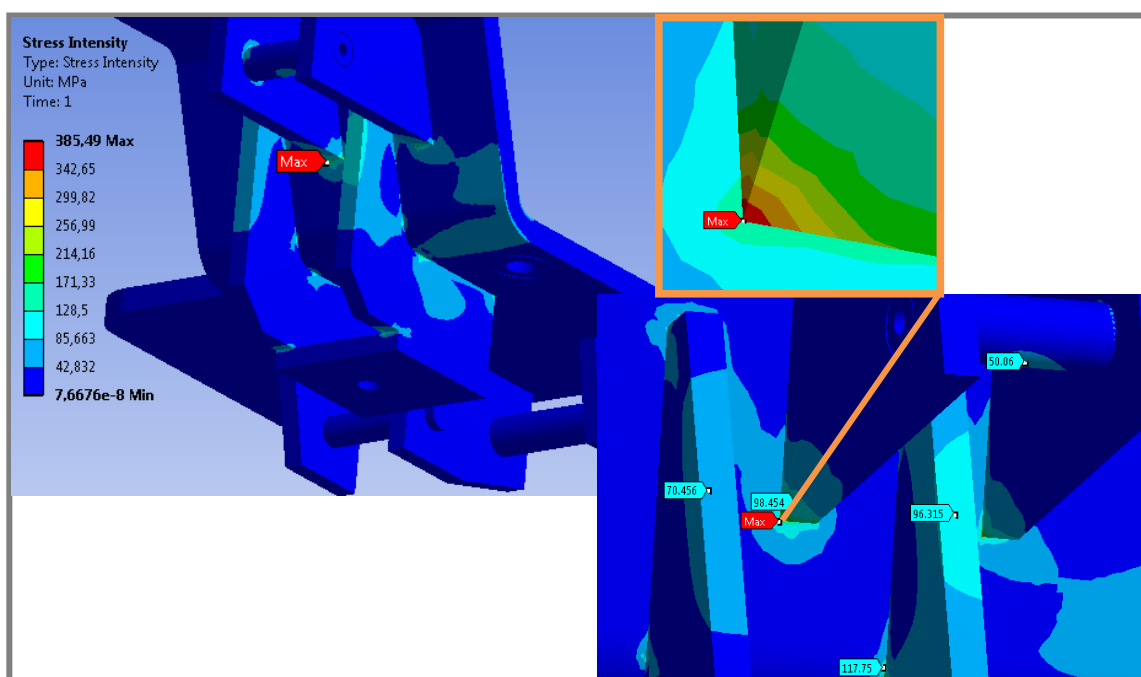
Na obrázku zatěžování od síly A dosahuje maximální napětí vyšší hodnoty, než je mez pevnosti materiálu. Tento jev vznikl důsledkem užití vazby typu bonded mezi pláštěm čepu a dírou. Na hraně tak vzniká bodové špičkové tahové napětí. Jelikož napjatost v blízkém okolí dosahuje výrazně nižších hodnot, nepřikládá se onu extrému moc veliký význam. Špičkové napětí se navíc nevyskytuje na celé tloušťce materiálu, nýbrž do vzdálenosti maximálně 1 mm pod povrchem. V ostatních případech zatěžování redukované napětí nepřesáhne hodnotu meze pevnosti. Maxima jsou způsobena ostrými hranami, či rohy v místě vazeb. Plastické deformace dosahovaly nejvyšších hodnot právě v oblastech špiček redukovaného napětí, přičemž žádná z nich nepřekročila v přepočtu hodnotu 0,5%. Z porovnání parametrem A_5 můžeme říci, že pro daná zatížení je tato konstrukce z pevnostního hlediska dostačující.



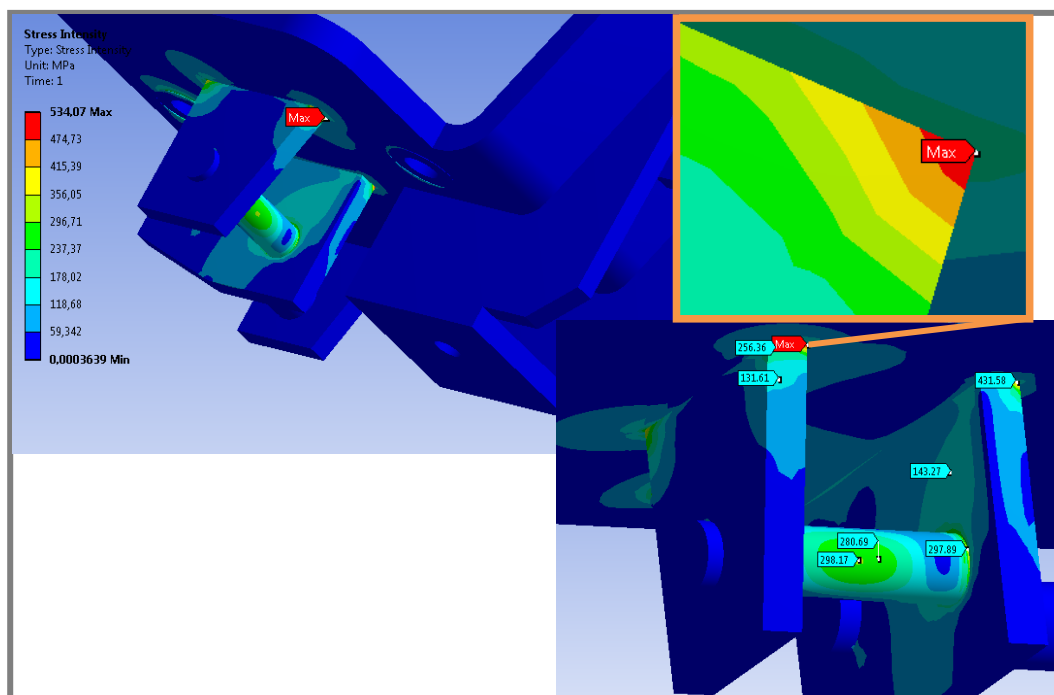
Obr. 6-24 Zatěžování silou A [20]



Obr. 6-25 Zatěžování silou B [20]



Obr. 6-26 Zatěžování silou C [20]

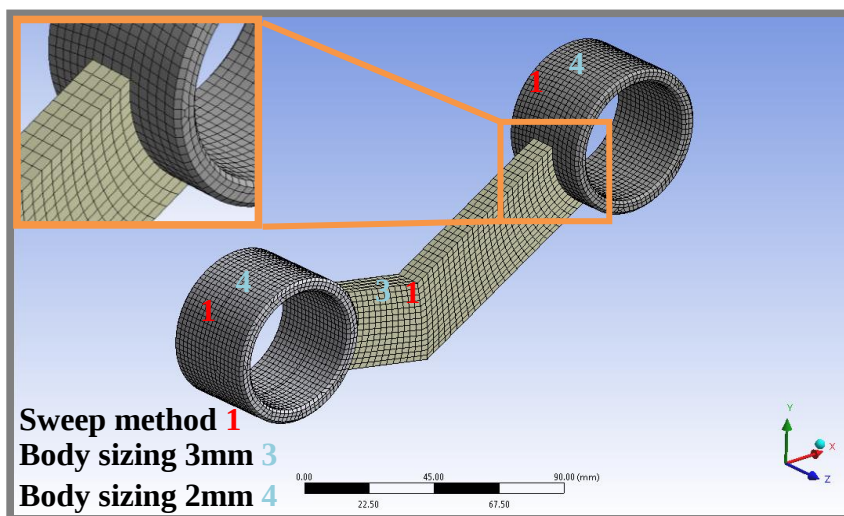


Obr. 6-27 Zatěžování silou D [20]

6.2.3 Panhardská tyč

Poslední součástí, kontrolovanou pevnostním výpočtem, byla panhardská tyč, jejímž účelem je zachytit příčný pohyb kabiny. Zatížení je přenášeno přes radiální silentbloková pouzdra na obou stranách. Vlivem předepsaných sil, iniciovaných v důsledku zatěžování kabiny při homologačních zkouškách by tato pryžová pouzdra přesáhla mezní dovolené hodnoty zatížení a byla by narušena jejich správná funkčnost. Důležité však pro vyhovění požadavkům zkoušky je, že při tomto kolizním stavu nedojde k rozpojení pomyslného řetězce, tvořeného články horní a dolní úchytné konzoly, propojených pomocí panhardské tyče. Spojení zajišťují dva pevnostní šrouby M12, prostrčené dírami v konzolách a okem panhardské tyče. Silentbloková pouzdra byla pro zjednodušení výpočtu v konstrukci panhardské tyče potlačena, působíště zatěžovacích sil bylo předepsáno na vnitřní plášť oka. Pevnostní analýza bude provedena jak na tlakové, tak i tahové namáhání při odpovídajících složkách sil. Po importu geometrie do programového prostředí Ansys Workbench, stejně, jako u předchozích komponent, následovalo pomocí příkazu form new part sloučení součástí sestavy v jednotný celek.

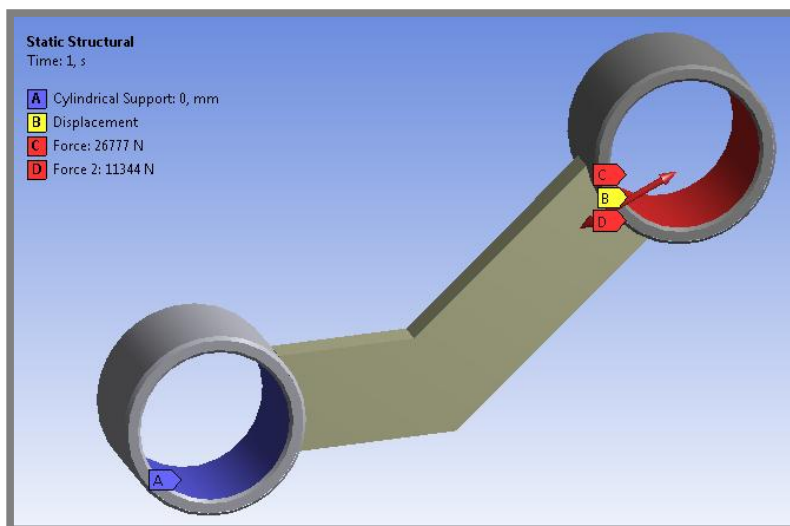
Konečnoprvková síť



Obr. 6-28 Konečnoprvková síť [20]

Vazby a zatížení

Pro nasimulování rotačního pohybu kolem šroubu byla užita vazby typu cylindrical support. Ta umožňuje nejen rotaci kolem osy součásti, již byla předepsána, ale také posuv v této ose. Proto bylo nutné doplnit komponent ještě o vazbu displacement se zamezením posuvu v ose Z. Do druhého oka panhardské tyče byla zadána síla, odpovídající reakční hodnotě zatížení úchytů konzol, viz následující obrázek. Výpočty byly provedeny pro každou sílu zvlášť, tím se simulovalo tahové, či tlakové zatížení.

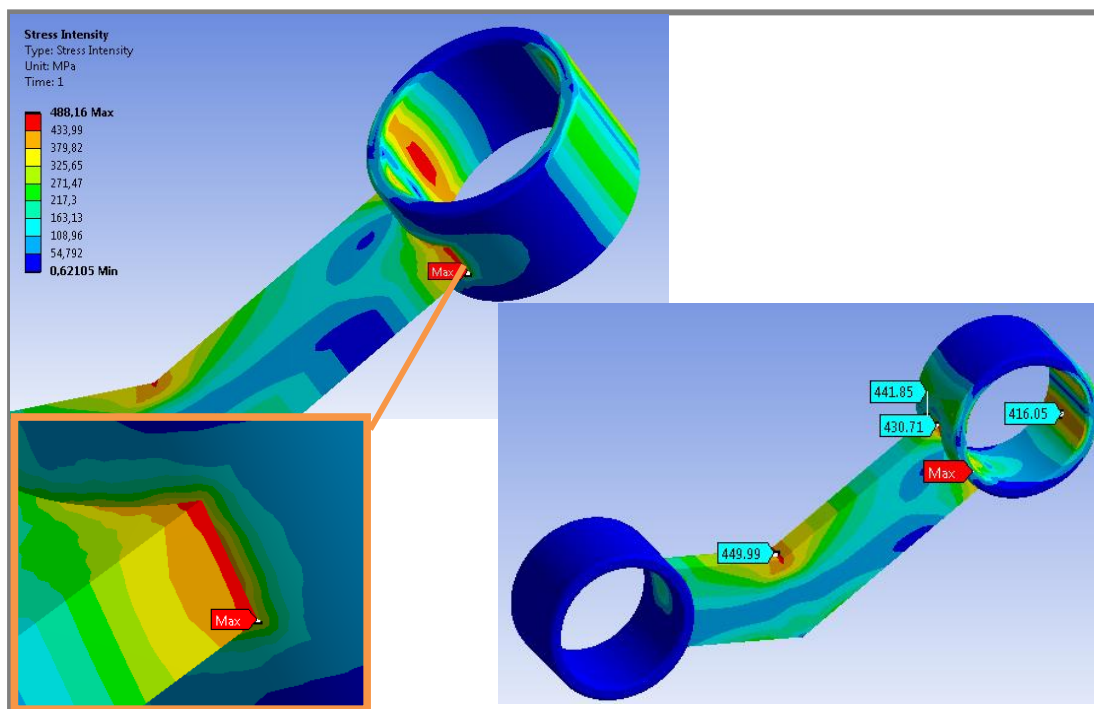


Obr. 6-29 Zatížení a omezení pohybu panhardské tyče [20]

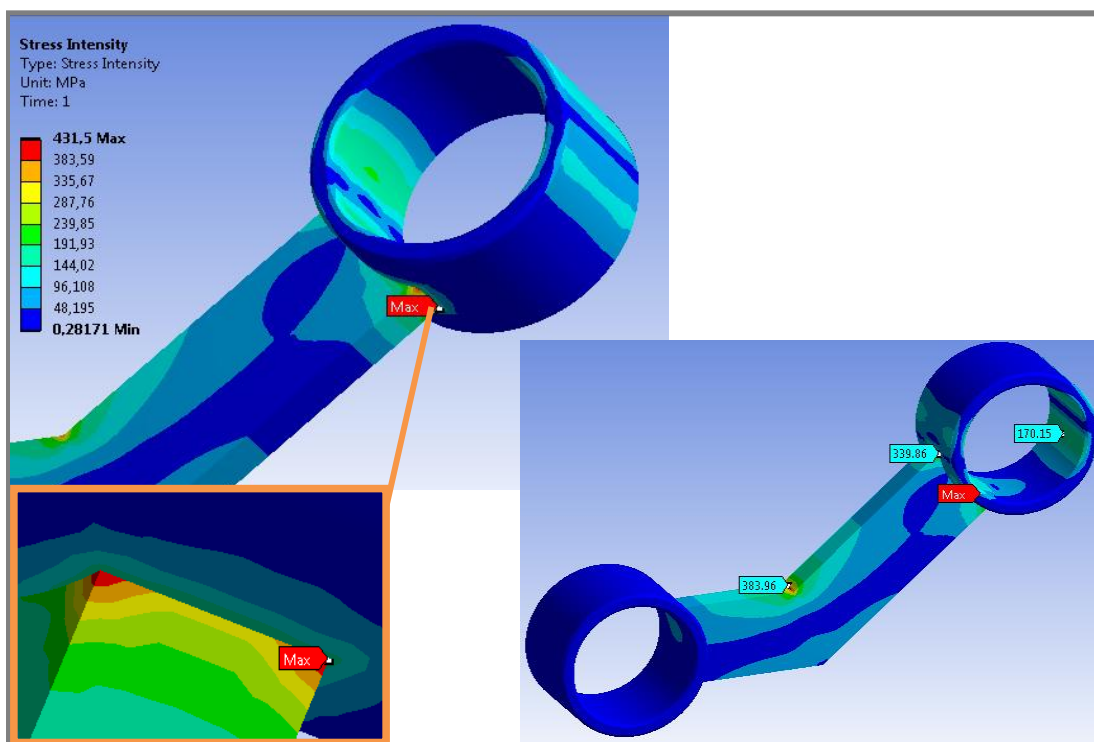
Materiál

Materiál tyče i ok je volen 11 523, parametry, potřebné k zadání do programu Ansys Workbench jsou obsaženy v tabulce 6-6.

Vyhodnocení výsledků



Obr. 6-30 Zatížení silou C [20]



Obr. 6-31 Zatížení silou D [20]

Obrázek 6-30 znázorňuje výsledky rozložení napětí podmínky plasticity dle max τ při zatěžování silou C. Maximální hodnota redukovaného napětí nepřesahuje v

žádném místě hodnotu meze pevnosti. Zvýšenou pozornost bychom měli věnovat liniovému maximu, iniciovaném na hraně táhla panhardské tyče, v místě styku s okem. Toto maximum vzniklo z důsledku ostré hrany. V těsné blízkosti hodnoty napětí prudce klesají, proto nebudeme tomuto extrému klást velký význam. Výsledky tlakového zatěžování panhardské tyče jsou zobrazeny na obr. 6-31, maximální hodnota napětí nepřevyšuje mez pevnosti materiálu. Ve stejném místě, jako v předchozím případě vzniká špičkové napětí. Důvody iniciace a prudký pokles v těsné blízkosti jsou též totožné, nepřikládáme proto těmto hodnotám veliký význam.

6.4 Porovnání útlumu vibrací současného a původního řešení

6.4

Podmínkou tohoto úkolu diplomové práce bylo vyrobení funkčního prototypu námi konstruované varianty odpružení, na němž by bylo následně měření prováděno. Firma Zetor proces výroby funkčního prototypu potvrdila a výkresová dokumentace byla předána výrobové výrobě. Z kapacitních důvodů se však nepodařilo všechny potřebné komponenty včas vyrobit a tudíž tento cíl nemohl být splněn. V následujícím textu byl proto alespoň vyhotoven postup, kterým se bude srovnání útlumu vibrací, přenášených na kabinu provádět.

Firma Zetor užívá k posouzení vhodnosti jednotlivých typů pružících prvků metodu měření útlumu vibrací, přenášených z těla traktoru na kabinu [9].

Podmínky měření

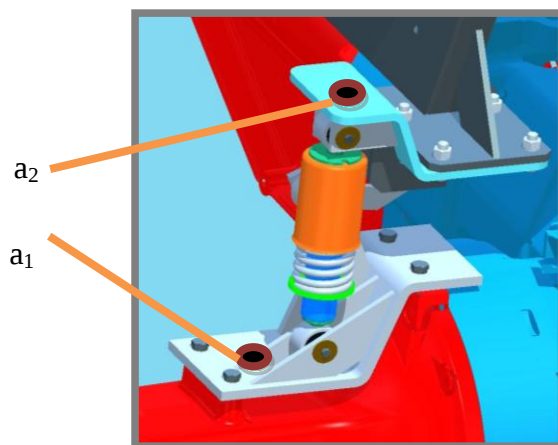
Měření bude prováděno na levém i pravém zadním pružícím prvku kabiny prototypu traktoru Maxterra v pohotovostním stavu. To znamená ve stavu provozuschopném, se všemi provozními náplněmi, kompletní kapotáží, bez připojených nesených, či tažených strojů. Na sedadle řidiče bude sedět obsluha.

Měřicí zařízení

Při měření je užit Brüel & Kjær PULSE SOUND and VIBRATION ANALYZER typ 3560-B-110 a dva jednoosé snímače zrychlení, připojené do portů vstupních kanálů.

Postup měření

Akcelerometry jsou umístěny na místa, v nichž chceme provádět měření. V našem případě se jeden bude nacházet na základně spodní úchytné konzoly, co nejbližší u tlumiče a druhý na horní konzole, opět v co nejkratší vzdálenosti od úchytných pružících prvků, viz obr. 6-32. Buzení soustavy bude realizováno vibracemi, vzniklými od motoru vozidla s otáčkami nastavenými na hodnotu 2400 1/min [9]. Měří se v oblasti třetinooktávového pásma, pro frekvence od 50 do 4000 Hz. Doba měření je 60 s.



Obr. 6-32 Umístění akcelerometrů [18]

Měřenou veličinou je hodnota zrychlení ve směru osy Z (svislý směr). Naměřené hodnoty budou zaznamenány na PC v softwaru, dodaném společností, od níž pochází měřící zařízení. Hodnoty jsou následně importovány do programového prostředí MS EXCEL, ve kterém bude určeno zrychlení vibrací podle následujícího vzorce [9].

$$L_{izf} = 20 \log \frac{a_{izf}}{a_0}$$

přičemž

$$a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

kde

L_{izf} [dB] - zrychlení vibrací v ose Z od i-tého akcelerometru, v daném frekvenčním pásmu

a_{izf} [m/s²] - efektivní hodnota zrychlení v daném frekvenčním pásmu, naměřená na i-tém akcelerometru ve směru osy Z

a_0 [m/s²] - referenční zrychlení

Hodnoty zrychlení vibrací budou určeny pro údaje z obou akcelerometrů. Z těchto hodnot bude potom určen útlum zrychlení vibrací v daném frekvenčním pásmu podle vzorce [9].

$$L_{Uzf} = L_{1zf} - L_{2zf}$$

kde:

L_{Uzf} [dB] - útlum zrychlení vibrací v daném frekvenčním pásmu

L_{1zf} [dB] - zrychlení vibrací v ose Z v daném frekvenčním pásmu akcelerometru na spodní konzole

L_{2zf} [dB] - zrychlení vibrací v ose Z v daném frekvenčním pásmu akcelerometru na horní konzole

Výsledky budou vyneseny do grafu závislosti zrychlení vibrací na frekvenci třetiooktávového pásma.

7 ZÁVĚR (KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZOR ŘEŠENÍ)

7

Úkolem práce bylo provedení konstrukčního návrhu odpružení kabiny nového modelu traktoru Maxterra společnosti Zetor. Tento vyvíjený prototyp převzal při tvorbě uchycení a odpružení kabiny konstrukční prvky, užívané v koncepcích předchozích modelů, kde je kabina odpružena pomocí čtyř axiálně orientovaných silentbloků. Postupem času však začíná být stále vyšší poptávka po důmyslnější variantě odpružení, která by zvýšila komfort v kabině a snížila vibrace na ni od těla přenášené. Cílem této práce bylo zavedení nové koncepce odpružení kabiny, která bude užitá na zmiňovaném modelu traktoru s respektováním požadavků na snahu dodržení stávající zástavby, dále v co nejvyšší míře užít již vyráběné díly, pružící prvky by měly být dostupné, nejlépe katalogové. Zároveň by měl být kladen důraz na jednoduchost a ekonomickou hospodárnost řešení. Důležitou roli zde hraje fakt, že námi navrhovaný systém bude poskytován, jako volitelný doplněk traktoru, tudíž by se nemělo výrazným způsobem zasahovat do konstrukce úchytných konzol na kabině, aby nezanikla možnost užití původní varianty odpružení.

Konstrukční řešení

Při rešeršní činnosti, byl proveden přehled konstrukčních variant, užívaných u ostatních výrobců traktorů, stanoveny klady a zápory jednotlivých provedení a jejich ekonomická náročnost. Na základě těchto poznatků bylo přistoupeno k vlastní konstrukční činnosti, jejíž základem bylo rozhodnutí, jaký typ pružícího prvku bude v našem návrhu užít. Rozhodli jsme se pro variantu kombinace mechanické vinuté pružiny a hydraulického tlumiče. Mezi hlavní výhody odpružení tohoto typu patří jednoduché provedení pružícího prvku, bezúdržbový provoz, v případě poruchy rychlá a levná výměna. Tento typ odpružení patří do varianty tzv. neaktivního odpružení, to znamená, že ke své činnosti nepotřebuje žádnou řídicí jednotku, ani vzduchový, či hydraulický okruh a je nezávislý na chodu motoru. Těmito vlastnostmi bylo vyhověno požadavkům na jednoduchost a ekonomickou nenáročnost řešení. V další fázi následovalo vypracování konstrukčních variant řešení uchycení kabiny traktoru. Konstrukční návrhy byly prováděny v programovém prostředí Pro/Engineer. První varianta respektovala původní zástavbu uchycení horní konzoly ke kabině, čímž jsme vyhověli stanovenému požadavku zadavatele, problém byl však s umístěním panhardské tyče, jejíž funkce spočívá v zamezení příčného pohybu kabiny. Tento komponent se nacházel za kabinou v místech, kde se může v případě volitelné výbavy dodatečných hydraulických okruhů vyskytovat větší množství hadic, pro tyto komponenty. V druhé variantě byla tato případná kolize vyřešena konstrukcí malých panhardských tyčí, což je považováno za přínosné. Nevýhodou však byla konstrukce uchycení pružícího prvku ke kabině, která příliš nerespektovala původní zástavbu, a muselo by se zasáhnout do svařence kabiny, čímž by vznikly dvě konstrukční verze kabiny a to by nebylo pro firmu přínosné.

Třetí varianta vznikla kombinací dvou předchozích a to tak, že byly užity kladně hodnocené rysy. Z první varianty bylo převzato dodržení stávající zástavby uchycení konzoly kabiny, z druhé verze výhodné umístění panhardských tyčí. Následovalo doplnění konstrukce o vertikální dorazy, omezující pohyb kabiny ve svislém směru. Jelikož vybraná pružící jednotka měla dorazy, omezující pracovní chod již zakomponované a nadimenzované tak, aby tvořily plynulý přechod z lineární charakteristiky pružiny do progresivního chování na koncích pracovního chodu. Námi doplněné dorazy plní spíše funkci bezpečnostní a jsou navrženy tak, aby

nabývaly funkčnosti až při nestandardním chování kabiny, čímž jsou myšleny například kolizní stavy, převrácení vozidla, atd. Jako horní doraz byl použit polyesterový popruh, o nosnosti 2000 kg s koeficientem bezpečnosti 7. Z hodnot silových zatížení, užitých jako vstupní data pro pevnostní výpočty soudíme, že nedojde k jeho přetržení. Popruh bude vyroben dodavatelem na míru, podle výkresové dokumentace. Kuželový pryžový doraz slouží k omezení spodní hranice pracovní oblasti.

Pevnostní výpočty

Po konstrukční činnosti následovaly pevnostní výpočty, provedené v programovém prostředí Ansys Workbench. Těmto výpočtům byla podrobena spodní úchytná konzola, horní úchytná konzola a panhardská tyč. Zatížení, kterým byly součásti namáhány, bylo odvozeno z reakčních sil, iniciovaných na úchytné konzole kabiny vlivem homologační zkoušky statického zatěžování, simulované MKP metodou, kterou si nechávala firma Zetor provést. Při pevnostní analýze byly kontrolovány úchyty pružící jednotky, panhardská tyč i její úchyty a také ukotvení popruhu vertikálního dorazu. Podmínkou splnění homologační zkoušky zatěžování kabiny je, aby v době zatěžování nedošlo k utržení kabiny z úchytných konzol, při zkoušce jsou povoleny plastické deformace. Z těchto informací byl zvolen bilineární izotropní model materiálu s danými vlastnostmi. Výše jmenované části úchytných konzol byly postupně podrobeny deformačně napětěvé analýze, přičemž vyhodnocované bylo rozložení napětí dle podmínky plasticity max τ , dále byly srovnávány maximální plastické deformace equivalent plastic strain, přepočítané na procenta, s hodnotou tažnosti materiálu. Podmínkou vyhovění bylo, když redukované napětí nepřekročilo mez pevnosti materiálu a také když hodnota plastických deformací, vyjádřená v procentech nepřekročila tažnost materiálu. Ve výsledcích MKP analýzy docházelo v několika případech k iniciaci bodového maxima, při němž hodnota redukovaného napětí překročila hodnotu meze pevnosti materiálu, toto špičkové napětí vzniklo v těsné blízkosti vazeb, tudíž tomuto extrému nepřikládáme moc veliký význam. Špičkové napětí se navíc nevyskytuje na celé tloušťce materiálu, nýbrž do vzdálenosti maximálně 1 mm pod povrchem. zvýšenou pozornost bychom měli věnovat při zatěžování panhardské tyče, kdy se v místě styku hrany táhla a pláště oka tvoří liniové maximum, které vzniklo z důsledku ostré hrany. V těsné blízkosti však hodnota napětí prudce klesá, proto tomuto extrému nepřikládáme veliký význam. Při zatěžování úchyty panhardské tyče bylo zjištěno, že konzola by danému zatížení nevyhověla, byla proto konstrukce doplněna o těleso přídavné výztuhy, znázorněné na obr. 6-21. Závěrem můžeme říci, že všechny komponenty, u nichž byla pevnostní analýza prováděna, se jeví jako vhodné pro užití při daném zatížení.

Následně byla provedena tvorba výkresové dokumentace dle podnikových norem společnosti Zetor, jež je tvořena hlavní montážní sestavou levé zadní konzoly, výkres pravé zadní konzoly nebyl po konzultaci s firmou vyroben z důvodu analogie. Podsestavy svařených celků horní a dolní úchytné konzoly již byly vyrobeny pro obě dvě strany. Dokumentace je doplněna o výkresy některých nakupovaných částí z informativního hlediska.

V poslední fázi měla být nová koncepce odpružení porovnána s původní z hlediska útlumu vibrací, přenášných z těla traktoru na kabinu. Toto měření mělo být provedeno na vyrobeném funkčním prototypu. Jelikož však výroba některých dílů ještě není hotova, nebylo možné toto měření realizovat, byl proto alespoň popsán postup, kterým se bude srovnávání jednotlivých variant odpružení provádět.

Ekonomické zhodnocení

Jelikož se námi konstruované odpružení začíná vyrábět pouze na úrovni prototypu, bylo by nepřínosné stanovovat přesnější ekonomickou rozvahu s podrobnými cenami materiálů, jednotlivých operací a srovnávat naše výsledky s cenou sériově vyráběné původní varianty, v sobě zahrnující cenu dalších faktorů, ovlivňující tuto hodnotu, jako například cena přípravků pro sériovou výrobu. Tento faktor bude mít nemalý podíl na celkové hodnotě námi konstruované varianty odpružení. Objektivně lze však říci, že cena námi užitého pružícího prvku je v porovnání s axiálně orientovaným silentblokem téměř čtyřnásobná. Také množství užitého materiálu narostlo díky snaze respektování původní zástavby úchytů na kabině. Celková cena námi provedené konstrukční varianty bude tedy několikrát vyšší, než u stávající koncepce, s tím však již bylo počítáno při zadávání této práce. Možný způsob snížení nákladů by spočíval v zavedení jednotné varianty odpružení, čímž by se výrazně zjednodušila konstrukce uchycení pružícího prvku ke kabině.

Mezi hlavní výhody tohoto konstrukčního návrhu patří respektování původního způsobu uchycení horní úchytné konzoly ke kabině, vzniká tím možnost záměny montáže původní a námi vytvořené koncepce odpružení zadní části kabiny bez jakéhokoli zasahování do konstrukčního celku kabiny, či nohavice zadní nápravy, čímž dojde ke snížení konečné ceny tohoto řešení. Jednotlivé prvky odpružení jsou situovány tak, aby co nejmenší mírou zasahovaly do prostoru pod kabinou, kde by mohlo dojít ke kolizi s hadicemi hydraulických a vzduchových okruhů.

V případě další modifikace se nabízí možnost realizace podobného principu odpružení i na přední část kabiny, což by mohlo sloužit, jako námět pro další diplomovou práci konstrukčního zaměření. Tématem analytického charakteru by mohlo být sestavení dynamického modelu odpružení kabiny traktoru s cílem optimalizace parametrů pružících prvků za účelem snížení vibrací, přenášených přes tyto komponenty z těla traktoru na kabinu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BAUER, František, a kolektiv. *Traktory*. 1.vyd. Praha: Profi Press, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
- [2] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 2.vyd. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [3] Vlastní fotografie z veletrhu Techagro 2008, konaného 6.-10.4.2008, Brno.
- [4] *Zemedelske stroje - vyroby.cz* [online]. ©2010, [cit. 2010-04-27]. Dostupné z: <<http://traktorydom.vyroby.cz/Zemedelski-stroje>>.
- [5] *Ares 500* [online]. ©2000-2007 [cit. 2008-04-21]. Dostupné z: <<http://www.agrall.cz/produkty/traktory/ares500/>>
- [6] ZF Friedrichshafen AG. *ZF Friedrichshafen AG | Product Overview | Agricultural Machine Air Spring Module*: [online]. ©2005, [cit. 2010-04-27]. Dostupné z: <http://www.zf.com/zfXmlServlet?resultUrl=/corporate/en/products/product_overview/ProductContentPage.jsp&sessionAttribute=xmlRoot&serviceUrl=http://appsprod01.zf.com/zf.productDataBase/service/applicationLayerSelect&applicationID=324441&applicationGroupID=324476&productTechnicID=12142&productGroupID=18111&productFormID=22105&productTypeID=332811&languageISOCODE=EN&businessUnitShortcut=&divisionShortcut=#menuArea>.
- [7] ŠTURSA, Václav. *Nové traktory TS-A - P&L spol. s. r.o.* [online]. ©2005, [cit. 2010-04-27]. Dostupné z: <<http://www.pal.cz/article/2771.tsa>>.
- [8] Agrics. *Maxxum power pack* [prezentace na CD-ROM]. Duben 2007.
- [9] Vývojový ústav traktorů, a.s., *Metodika měření vibrací, přenášených z těla traktoru na kabinu*, M ZETOR 21/3, Zpráva vydána dne 30.3.2010
- [10] *ZF Sachs Cab Susp. engl* [prezentace na CD-ROM]. 17.3.2010.
- [11] Schwingmetal® rubber-to-metal bonded products [program CD-ROM]. Continental Contitech, Hannover, ©2007.
- [12] Claas. *Arion 2007 cz* [prezentace na CD-ROM]. 31.12.2007.
- [13] Claas. *Axion 800 cz* [PDF na CD-ROM]. 31.5. 2007, 31.8.2007.
- [14] Deutz-Fahr. *Agrotron M 600 650 cz* [prezentace na CD-ROM]. 21.1.2008.
- [15] Claas. *Tlumení Z ACTIV* [PDF na CD-ROM]. 8.11.2007.

- [16] *Field Work, Feature Article, Nov. 2002* [online]. ©2002, Poslední revize 9.12.2005 [cit. 2010-04-29]. Dostupné z: <<http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/nov02/features/fieldwrk/fieldwrk.html>>
- [17] *Integral Accumulator* [online]. [cit. 2010-05-09]. Dostupné z: <http://www.integral-accumulator.com/02_hydra_systeme_01.html>
- [18] Vlastní obrazová dokumentace vytvořená v programu Pro/Engineer
- [19] Materiály, poskytnuté firmou zetor
- [20] Vlastní obrazová dokumentace vytvořená v programu Ansys Workbench
- [21] ANSYS Release 10.0 Documentation
- [22] *Some zemědělská, lesní a komunální technika* [online]. Poslední revize 15.10.2009 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z: <<http://www.somejh.cz/prodej/iron-160-dcr-2-200.html>>
- [23] *RS 2t závěsný pás nekonečný* [online]. ©2008 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z: <<http://www.2ts.cz/zbozi/rs-2t>>
- [24] b2b.tradeholding.com. *Polyester_Webbing_Sling_flat_Webbing_Sling* [online]. ©2002-2010 [cit. 2010-03-19]. Dostupné z: <http://b2b.tradeholding.com/default.cgi/action/viewproducts/productid/81532/productname/Polyester_Webbing_Sling_flat_Webbing_Sling/>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

MKP		Metoda konečných prvků
LP		levá přední konzola
PP		pravá přední konzola
LZ		levá zadní konzola
PZ		pravá zadní konzola
Rx	[N]	reakční síla v ose x
Ry	[N]	reakční síla v ose y
Rz	[N]	reakční síla v ose z
EX	[MPa]	modul pružnosti v tahu v programu Ansys
PRXY	[-]	Poissonův poměr v programu Ansys
Rm	[MPa]	mez pevnosti materiálu
Re	[MPa]	mez kluzu materiálu
ET	[MPa]	tečný modul pružnosti v programu Ansys
A5	[%]	mez pevnosti materiálu
°ShA		tvrdost gumy podle Shoreho
L_{izf}	[dB]	zrychlení vibrací v ose Z od i-tého akcelerometru, v daném frekvenčním pásmu
a_{izf}	[m/s ²]	efektivní hodnota zrychlení v daném frekvenčním pásmu, naměřená na i-tém akcelerometru ve směru osy Z
a_0	[m/s ²]	referenční zrychlení
L_{Uzf}	[dB]	útlum zrychlení vibrací v daném frekvenčním pásmu
L_{1zf}	[dB]	zrychlení vibrací v ose Z v daném frekvenčním pásmu akcelerometru na spodní konzole
L_{2zf}	[dB]	zrychlení vibrací v ose Z v daném frekvenčním pásmu akcelerometru na horní konzole
v	[m/s]	rychlost
F_b	[N]	tlumící síla

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

10

Obr. 1-1 Axiálně orientovaný silentblok, zadní uchycení kabiny John Deere [3]	15
Obr. 1-3 Axiálně orientovaný silentblok, přední uchycení kabiny Zetor [3]	15
Obr. 1-2 Axiálně orientovaný silentblok, zadní uchycení kabiny Zetor [3]	15
Obr. 1-4 Způsob uchycení silentbloku [8]	16
Obr. 1-5 Svislé uchycení teleskopického tlumiče s vinutou pružinou [3]	17
Obr. 1-6 Pryžový doraz a panhardská tyč [8]	17
Obr. 1-9 Panhardská tyč [3]	19
Obr. 1-8 Šikmé uchycení teleskopického tlumiče s vinutou pružinou [3]	19
Obr. 1-10 Přední axiálně orientovaný silentblok [3]	20
Obr. 1-11 Panhardská tyč [3]	20
Obr. 1-12 Svislé zadní tlumiče + úchytná konzola kabiny s pryžovým dorazem [3]	20
Obr. 1-13 Zadní uložení kabiny traktoru Fendt [3]	21
Obr. 1-14 Pryžový silentblok na konzole, uchycené k tělu převodovky [3]	21
Obr. 1-15 Uchycení zadní části kabiny [3]	22
Obr. 1-16 Panhardská tyč, uchycená nalevo ke skříni rozvodovky a napravo k rámu zadní části kabiny [3]	22
Obr. 1-17 Schéma odpružení kabiny traktorů Claas [12]	23
Obr. 1-18 Změna tuhosti bočního náklonu kabiny Pozice táhla: [12,13]	24
Obr. 1-19 Nová koncepce uchycení tlumičů ke konzolám + znázorněné táhlo torzní tyče se silentblokovým uložením [3]	24
Obr. 1-20 Omega uložení [14]	25
Obr. 1-21 Prvky odpružení [3]	26
Obr. 1-22 Hydraulický tlumič s regulovatelnou účinností – schéma [14]	26
Obr. 1-23 Mechanický přepouštěcí ventil [3]	26
Obr. 1-24 Uchycení zadního pružícího členu [3,6]	27
Obr. 1-25 Pružící a tlumící člen traktorů Valtra [3]	27
Obr. 1-26 Schématické znázornění uchycení kabiny u koncepce Z-ACTIV [15]	28
Obr. 1-27a Princip funkce tlumiče [15]	29
Obr. 1-27b Princip funkce tlumiče [15]	29
Obr. 1-28 Zavěšení kabiny [16]	30
Obr. 1-29 Uchycení zadní části odpružení. (Činná oblast pístu musí být chráněna před nečistotami, padajícími z kola) [3]	31
Obr. 1-30 Schéma propojení jednotlivých prvků odpružení [17]	31
Obr. 2-1 Zetor Maxterra [19]	32
Obr. 2-4 Uchycení zadní části [18]	34
Obr. 2-3 Uchycení v přední části [18]	34
Obr. 2-2 Uchycení kabiny [18]	34
Obr. 2-5 Uchycení konzoly k silentbloku [18]	35
Obr. 5-1 Steel Spring Module [18]	38
Obr. 5-2 Připojovací rozměry [19]	39
Obr. 5-3 Dorazy pracovního chodu tlumiče [19]	39
Obr. 5-4 Konstrukční varianta 1, uchycení zadní části kabiny [18]	40
Obr. 5-5 Vertikální dorazy [18]	41
Obr. 5-6 Uchycení zadní části kabiny, pohled zepředu [18]	41
Obr. 5-7 Uchycení zadní části kabiny, pohled zezadu [18]	42
Obr. 5-8 Konstrukční varianta 1, celkový pohled [18]	42

Obr. 5-9 Konstrukční varianta 2, uchycení kabiny [18]	43
Obr. 5-10 Konstrukční varianta 2, pohled zepředu [18]	43
Obr. 5-11 Konstrukční varianta 2, příčné a vertikální dorazy [18]	44
Obr. 5-12 Konstrukční varianta 2, pohled zezadu [18]	44
Obr. 5-13 Konstrukční varianta 3, uchycení kabiny [18]	45
Obr. 5-14 Konstrukční varianta 3, vertikální dorazy [18]	45
Obr. 5-15 Konstrukční varianta 3, celkový pohled [18]	46
Obr. 5-16 Konstrukční varianta 3, příčný doraz [18]	46
Obr. 6-1 Připojovací prvky pro úchyt zadního odpružení kabiny [18]	47
Obr. 6-2 Spodní úchytná konzola [18]	48
Obr. 6-3 Horní úchytná konzola [18]	49
Obr. 6-4 Panhardská tyč [18]	50
Obr. 6-5 Silentblokové pouzdro [18]	50
Obr. 6-6 Vhodné umístění přídavných vertikálních dorazů [18]	51
Obr. 6-7 Vhodné umístění přídavných vertikálních dorazů [19]	52
Obr. 6-8 Statická poloha kabiny [19]	53
Obr. 6-9 Výchyly od statické polohy kabiny [18]	54
Obr. 6-10 Polyesterový popruh [24]	54
Obr. 6-11 Pryžový doraz [11]	55
Obr. 6-12 Pracovní chod panhardské tyče [18]	56
Obr. 6-13 Detaily vybraných úchytných komponent [18]	57
Obr. 6-14 Označení konzol[18]	58
Obr. 6-15 Konečnoprvková síť [20]	59
Obr. 6-16 Zatížení a omezení pohybu konzoly [20]	60
Obr. 6-17 Zatěžování silou A [20]	61
Obr. 6-18 Zatěžování silou B [20]	61
Obr. 6-19 Zatěžování silou C [20]	62
Obr. 6-20 Zatěžování silou D [20]	62
Obr. 6-21 Přídavná výztuha [20]	62
Obr. 6-22 Konečnoprvková síť [20]	63
Obr. 6-23 Zatížení a omezení pohybu konzoly [20]	63
Obr. 6-24 Zatěžování silou A [20]	64
Obr. 6-25 Zatěžování silou B [20]	65
Obr. 6-26 Zatěžování silou C [20]	65
Obr. 6-27 Zatěžování silou D [20]	66
Obr. 6-28 Konečnoprvková síť [20]	67
Obr. 6-29 Zatížení a omezení pohybu panhardské tyče [20]	67
Obr. 6-30 Zatížení silou C [20]	68
Obr. 6-31 Zatížení silou D [20]	68
Obr. 6-32 Umístění akcelerometrů [18]	70

11 SEZNAM TABULEK**11**

Tab. 5-1 Charakteristika tlumiče [19]	38
Tab. 6-1 Parametry nakupovaného pouzdra [11]	50
Tab. 6-2 Statické zatížení od kabiny [19]	52
Tab. 6-3 Parametry polyesterového popruhu [23]	55
Tab. 6-4 Parametry pryžového dorazu [11]	55
Tab. 6-5 Reakční síly na konzole [19]	58
Tab. 6-6 Parametry materiálu [2,19]	60

12 SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy k této práci tvoří renderované obrázky a výkresová dokumentace, která je zpracována dle požadavků firmy Zetor. Seznam výkresové dokumentace je řazen dle čísla výkresu, od výkresu sestavy k výkresům dílčích prvků.

ODPRUZENI_KABINY_LZ	2-50/95-00/00
KAB_CEP_TLUMIC	4-50/95-00/01
KAB_CEP_POPRUHU	4-50/95-00/02
KAB_POPRUH_DORAZU	4-50/95-00/03
KAB_KONZOLA_LZ	3-50/95-01/00
KAB_DESKA_SPODNI	4-50/95-01/01
KAB_PANHT_UCHYT_SPODNI	4-50/95-01/02
KAB_KONZOLA_UCHYTTL	4-50/95-01/03
KAB_DORAZ_HORNI_UCHYT	4-50/95-01/04
KAB_VYZTUHA_SP_KONZOLY	4-50/95-01/05
KAB_KONZOLA_LZ_HORNI	4-50/95-02/00
KAB_DESKA_A	3-50/95-02/01
KAB_UCHYT_HORNI	4-50/95-02/02
KAB_KONZOLA_VYZTUHA	4-50/95-02/03
KAB_PLOTNA_DORAZU	4-50/95-02/04
KAB_UCHYT_PANHT	4-50/95-02/05
KAB_UCHYT_PANHT_DORAZ	4-50/95-02/06
KAB_DESKA_A_PR	3-50/95-02/07
KAB_PANHARDSKA_TYC	4-50/95-03/00
KAB_PANHT_TAHLO	4-50/95-03/01
KAB_PANHT_OKO	4-50/95-03/02
KAB_PANHT	4-50/95-04/00
KAB_SILENTBLOCK_PANHT	4-50/95-04/01
KAB_KONZOLA_PZ	3-50/95-05/00
KAB_KONZOLA_PZ_HORNI	3-50/95-06/00

