



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ PRO KONTEJNERY

CONTAINER HANDLING EQUIPMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Komárek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Jakub Komárek
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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:

Manipulační zařízení pro kontejnery

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracování konstrukčního řešení manipulačního zařízení pro kontejnery typu ISO pro mobilní překladač. Závěsný rám navržený jako teleskopický nosník, ovládaný hydraulickým obvodem překladače. Zaměření práce je na konstrukční návrh otočného, posuvného a naklápěcího polohování zařízení pro upřesněné navádění na kontejnery.

Základní technické parametry:

Zařízení pro mobilní překladač upřesněného typu a nosnosti.

ISO kontejnery velikosti až 40 stop.

Teleskopický závěsný rám pro jeden kontejner.

Ovládání hydraulickým obvodem překladače.

Cíle diplomové práce:

Stručný rešeršní rozbor typů závěsných rámu pro mobilní překladače.

Konstrukční návrh teleskopického závěsného rámu na ISO kontejnery velikosti až 40 stop s jedním teleskopickým nosníkem.

Konstrukční návrh otočného, posuvného a naklápěcího polohování.

Volba hydraulických válců.

Pevnostní výpočet vybraného konstrukčního uzlu.

Výkres sestavy.

Podsestavné výkresy.

Výrobní výkresy součástí.

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 8085920611.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá manipulačním zařízením pro manipulaci s kontejnery velikosti 20" a 40". Je vypracován konstrukční návrh závěsného rámu s jedním teleskopickým nosníkem. V této práci je vypracován rozbor zatížení působící na zařízení a návrhový výpočet konstrukce. Je navržena konstrukce závěsného rámu s posuvným, naklápěcím a otočným polohováním, které zajišťují hydraulické prvky. V diplomové práci je zpracován pevnostní výpočet vybraného konstrukčního uzlu a vytvořena potřebná výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

závěsný rám, spreader, kontejner, mobilní překladač, polohování, teleskopický nosník

ABSTRACT

This thesis deals with handling equipment for handling containers 20 "and 40". Design of suspension frame with one telescopic beam is elaborated. In this work an analysis of the load on the device and the design calculation of the structure is elaborated. The suspension frame design with sliding, tilting and rotary positioning is designed to provide hydraulic elements. In the diploma thesis, the strength calculation of the selected construction node is processed and the necessary drawing documentation is created.

KEYWORDS

hanging frame, spreader, container, mobile translator, positioning, telescopic beam

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOMÁREK, Jakub. *Manipulační zařízení pro kontejnery*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113060>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 23. května 2019

.....

Bc. Jakub Komárek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za poskytnuté cenné informace, rady a připomínky a odborným poradcům Ing. Michalu Komárkovi a Ing. Janu Kubánkovi za odbornou pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni, svým nejbližším, známým a rodině, kteří mě po celou dobu mého studia na vysoké škole podporovali a drželi nad vodou.

OBSAH

Úvod.....	13
1. Realizace ložných operací.....	14
1.1 Kontejnery ISO.....	14
1.2 Manipulace s kontejnery ISO	15
1.3 Mobilní překladače.....	17
1.4 Závěsný rám	18
2. Parametry manipulačního zařízení.....	21
2.1 Rozbor zatížení závěsného rámu	23
2.1.1 Stálé zatížení	23
2.1.2 Nahodilé zatížení.....	24
2.1.3 Nahodilé vlivy.....	25
2.2 Výpočtové modely závěsného rámu.....	26
3. Výpočet závěsného rámu	27
3.1 Zatížení závěsného rámu od vnějších činitelů.....	28
3.2 Zatížení vznikající v konstrukci závěsného rámu	35
3.3 Návrhový výpočet hlavních konstrukčních částí.....	38
3.3.1 Minimální rozměry koncového nosníku	38
3.3.2 Minimální rozměry teleskopického nosníku.....	39
3.3.3 Minimální rozměry středového rámu.....	42
3.4 Navržení hydraulických komponentů	45
4. Návrh konstrukce závěsného rámu	50
4.1 Teleskopický nosník.....	51
4.2 Střední rám	55
4.3 Portál bočního posuvu	57
4.4 Závěs	60
5. Pevnostní výpočet teleskopického nosníku.....	61
Závěr	67
Použité informační zdroje	68
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	70
Seznam příloh	74



ÚVOD

V dnešní době se klade velký důraz na rychlost přepravy zboží. Díky normalizovaným přepravním jednotkám, kontejnerům, kde rozměry podléhají normě se intervaly dodání zboží značně zkracují. Vzdůstává však požadavek na manipulační zařízení, díky kterému by bylo schopno s kontejnery rychle a efektivně realizovat veškeré ložné operace. Tato práce se proto zabývá návrhem vhodného manipulačního zařízení, závěsného rámu pro manipulaci s kontejnery, který by takové vysoké nároky na efektivnost a spolehlivost splňoval. První část práce pojednává o typech a konstrukci závěsných rámu, přípojných parametrech a jejich rozměrech. Určí se vstupní parametry pro návrh konstrukce zařízení a zatížení, které na zařízení vznikají. Z těchto parametrů vychází samotný návrh základních parametrů pro konstrukci závěsného rámu s jedním výsuvným teleskopickým nosníkem. Při návrhu konstrukce závěsného rámu se zaměřuje na navrhnutí otočného, naklápěcího a polohovatelného zařízení. Toto zařízení usnadní manipulační úkony s kontejnerem při ložných operacích. Při navrhování konstrukce bylo využito poznatků a zkušeností firmy Prestar. Na nejvíce namáhaném konstrukčním uzlu je proveden pevnostní výpočet pro ověření konstrukce. Výpočet je zpracován v programu SolidWorks.

1. REALIZACE LOŽNÝCH OPERACÍ

Kombinovaná přeprava je přeprava zboží v jedné přepravní jednotce různými druhy dopravy (vodní, železniční, silniční a letecká). Je to nejrozšířenější způsob dopravy jakéhokoliv druhu zboží. S nákladem není přímo manipulováno, protože je uložen v uzavřené přepravní jednotce – kontejneru. Kontejnery jsou navrženy k opakovanému používání a k manipulaci s nimi danými způsoby, které jsou popsány v normě ČSN ISO 3874 [15]. Pro samotnou manipulaci s kontejnery a k výkonu všech ložných a skladovacích operací se nejčastěji využívá závěsných rámců neboli spreaderů. [1,3,5,14,17]

1.1 KONTEJNERY ISO

Kontejnery typu ISO jsou přepravní jednotky celosvětově standardizované organizací ISO (International Organisation for Standardisation) která vydala jejich rozměrové normy. Nejpoužívanější kontejnery jsou řady 1 s celkovou hmotností od 10 do 30 tun a jednotnou vnější šířkou 2438 mm. Varianty a rozměry kontejnerů ISO vidíme v (tab. 1.1). [16,17]

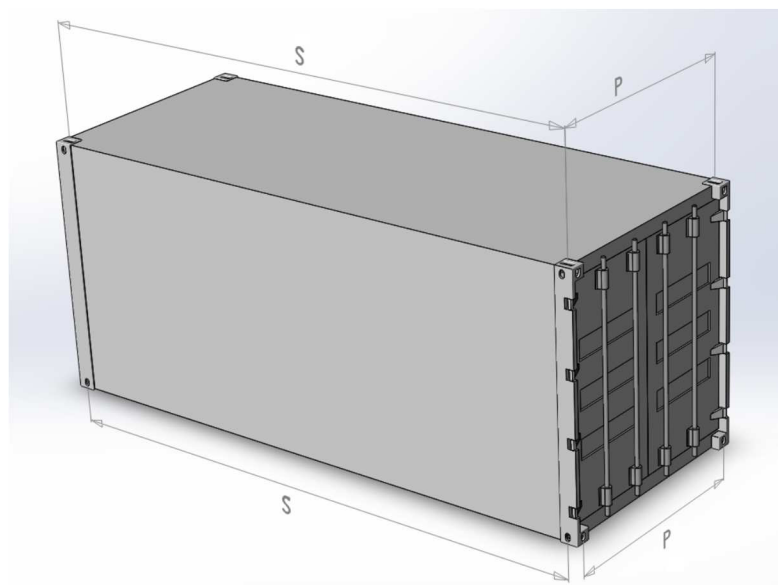
Tab. 1.1 Rozměry a brutto hmotnosti kontejnerů ISO řady 1 [17]

Označení kontejneru	Délka, L		Šířka, W		Výška, H		Maximální brutto hmotnost ¹ , R ³	
	mm	ft a in	mm	ft	mm	ft a in	Kg	lb
1EEE	13 716	45'	2 438	8	2 896	96'	30 480	67 200
1EE					2591	86'		
1AAA	12 192	40'	2 438	8	2896	96'	30 480	67 200
1AA					2591	86'		
1A					2438	8'		
1AX					<2 438	<8'		
1BBB	9 125	29'	2 438	8	2 896	96'	30 480	67200
1BB		11			2591	86'		
1B		1/4''			2 438	8'		
1BX					<2 438	<8'		
1CC	6 058	19'	2 438	8	2 591	86'	30 480	67 200
1C		10			2 438	8'		
1CX		1/2''			<2 438	<8'		
1D	2 991	9'	2 438	8	2 438	8'	10 160	22 400
1DX		9 3/4''			<2 438	<8'		

¹ Maximální přípustná hmotnost přepravní jednotky.

1.2 MANIPULACE S KONTEJNERY ISO

Rozměry a konstrukce kontejnerů ISO umožňuje manipulovat s nimi. Dále je možné je přepravovat, stohovat, skladovat, vyprazdňovat a plnit. Toto umožňují jen rohové prvky, kterými je kontejner vybaven ve všech svých rozích (obr. 1.1). Ty musí být přesně umístěny viz (tab. 1.2). V (tab. 1.2) jsou uvedeny rozměry, které jsou nezbytné pro jejich manipulaci. [2,4,11,14]



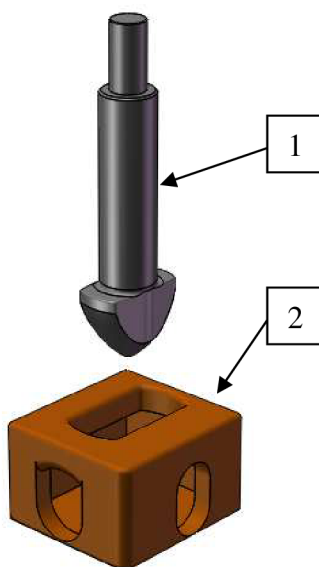
Obr. 1.1 Umístění rohových prvků [11]

Tab. 1.2 Umístění rohových prvků (vzdálenosti střed od středu) [17]

Označení kontejneru	S (ref.)		P (ref.)			
	mm	ft and in	Mm	ft and in		
1EEE	13 509	44'	2 259	7'		
1EE		3 ⁷ / ₈ ''		4 ³¹ / ₃₂ ''		
1AAA	11 985	39'	2 259	7'		
1AA					3 ⁷ / ₈ ''	4 ³¹ / ₃₂ ''
1A						
1AX						
1BBB	8 918	29'	2 259	7'		
1BB					3 ¹ / ₈ ''	4 ³¹ / ₃₂ ''
1B						
1BX						
1CC	5 853	19'	2 259	7'		
1C					2 ⁷ / ₁₆ ''	4 ³¹ / ₃₂ ''
1CX						
1D	2 787	9'	2 259	7'		
1DX					1 ²³ / ₃₂ ''	4 ³¹ / ₃₂ ''

SPOJOVACÍ PRVKY

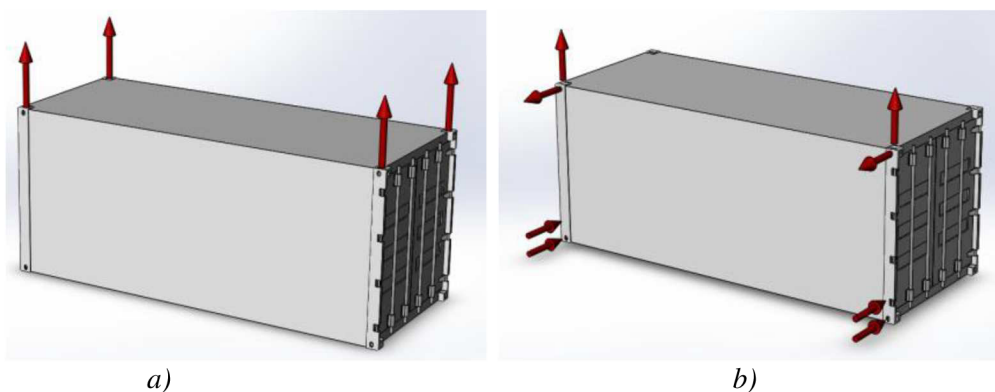
Rohové prvky (obr. 1.2) jsou definovány normou ČSN 26 9344 [14]. V této normě také nalezneme definovaný další důležitý konstrukční prvek sloužící ke spojení kontejneru s manipulačním prostředkem. Jedná se o otočný zámek (obr. 1.2), který je součástí manipulačního prostředku. Otočný zámek se zasune do vrchního otvoru rohového prvku. Pootočí se o 90° a dojde ke spojení manipulačního prostředku s kontejnerem. Tento způsob spojení nám umožňuje překládání kontejneru v běžných, automatických a poloautomatických provozech. [12,13,14,16]



Obr. 1.2 Způsob spojení s manipulačním prostředkem: 1 - otočný zámek; 2 - rohový prvek [11]

ZPŮSOBY ZDVIHÁNÍ

Konstrukce kontejneru je uzpůsobena tak, že kontejner můžeme zdvihat jen určitými způsoby. Ty jsou popsány v normě ČSN ISO 3874 [15]. Nejpoužívanější způsob manipulace je zdvihání závěsným rámem za horní část kontejneru (obr. 1.3a). Kontejner je zdvihán za všechny své horní rohové prvky otočnými zámky, které jsou součástí závěsného rámu. Dále se využívá i boční zdvihání způsob 2 (obr. 1.3b). Tento systém je především pro manipulaci s prázdnými kontejnery. [5,12,15,17]



Obr. 1.3 Způsoby zdvihání kontejneru a) zdvihání závěsným rámem za horní část kontejneru, b) boční zdvihání způsob 2 [11]

1.3 MOBILNÍ PŘEKLADAČE

Jsou speciální silniční vozidla, určená a uzpůsobená k provozu v překladištích, kde přímo vykonávají ložné operace s kontejnery. Nejčastěji se využívají v železničních a silničních překladištích, rozlehlých skladových plochách či větších firmách, kde musí být podmínkou rovné a zpevněné komunikace a ložné plochy. Samotné ovládání, pohon a pracovní okruh zajišťuje hydraulický agregát poháněný spalovacím motorem. K mobilním překladačům se nejčastěji připojují vrchní a boční závěsné rámy, které jsou ovládány pracovním okruhem hydrauliky stroje. Podle druhu pracovního nasazení mobilní překladače se dělí na překladače:

- prázdných kontejnerů,
- plných kontejnerů.

Podle konstrukce se mobilní překladače dělí na:

- výsuvný stohovač,
- čelní kontejnerový vůz.

Výsuvný stohovač (obr. 1.4a) má teleskopické rameno, které je na pevně spojeno ve většině případů s vrchním závěsným rámem. Toto spojení však umožňuje nakládání pro lepší manipulovatelnost s kontejnerem. Čelní kontejnerový vůz (obr. 1.4b) má před předními koly svislé nosníky po kterých se za pomoci přípojného zařízení pohybuje nejčastěji boční závěsný rám. [1,4,6,11,18,23,24]



a)

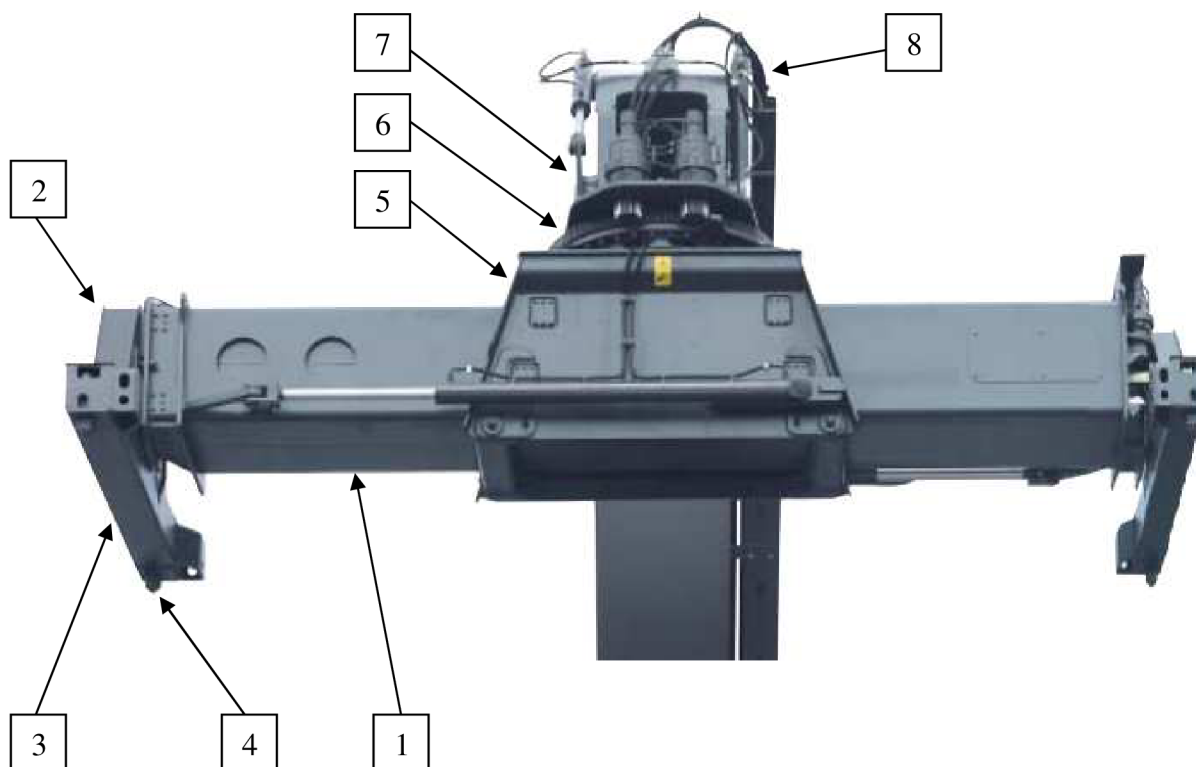
b)

Obr. 1.4 Mobilní překladače: a) výsuvný stohovač, b) čelní kontejnerový vůz [11,22]

Samotnou konstrukci a technické řešení si řeší každý výrobce individuálně. Proto výroba těchto zařízení je spíše kusová. Na trhu nalezneme mnoho různých typů a modelů. U těchto překladačů je kladen veliký důraz na bezpečnost, jelikož je velký problém se stabilitou vozidla při vykonávání ložné operace s plným kontejnerem. [2,3,19]

1.4 ZÁVĚSNÝ RÁM

Závěsný rám je manipulační zařízení, které umožňuje mobilnímu překladači uchopit a dále podle potřeby manipulovat s kontejnerem. Celková konstrukce závěsného rámu se odvíjí od daných způsobů zdvihání kontejneru. Již z kapitoly 1.2 víme, že nejpoužívanější je zdvihání závěsným rámem za vrch kontejneru, který lze využít pro plný i prázdný kontejner. Na obrázku (obr. 1.5) vidíme vrchní závěsný rám s aplikací pro výsuvný stohovač. Tato modifikace je nejběžnější a nejpoužívanější. Každý výrobce si individuálně řeší jednotlivé konstrukční celky.



Obr. 1.5 Závěsný rám: 1 - střední rám; 2 - výsuvný nosník; 3 - koncový nosník; 4 - otočný zámek; 5 - portál bočního posuvu (skříňový); 6 - otočný mechanismus; 7 - závěsné zařízení s naklápěním; 8 - hydraulický obvod [24]

Závěsné rámy pro mobilní překladače se vyrábějí jako poloautomatické. Jsou ovládány z kabiny překladače, do které je svedena i elektrická bezpečnostní signalizace. Na závěsném rámu dále bývá umístěna i světelná signalizace správné funkce všech částí zařízení. Celý závěsný rám je poháněn hydromotory, které jsou poháněny hydraulickým obvodem překladače. [2,4,5,11,12,14]

KONSTRUKCE

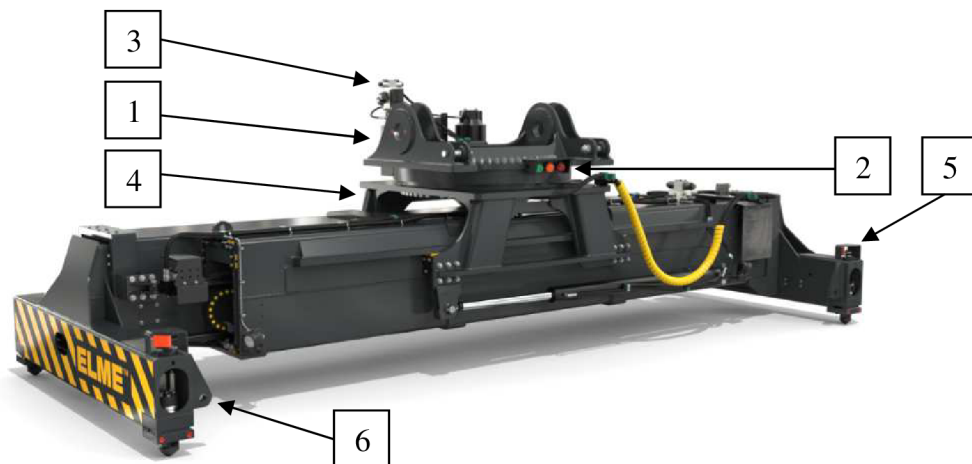
Na koncovém nosníku jsou umístěny otočné zámky. Ty zapadají do rohových prvků kontejnerů a jejich pootočením dochází ke spojení kontejneru se závěsným rámem. Abychom mohli manipulovat s více variantami kontejnerů, je závěsný rám přestavitelný – teleskopický.

To zajišťuje výsuvný nosník, který bývá řešen jako jedno nosníkový, nebo dvou nosníkový. Koncový nosník je součástí výsuvného nosníku, který se zasunuje do středního rámu a vysunuje se na rozměr právě manipulované varianty kontejneru.

Do středního rámu se zasunují oba výsuvné nosníky. Střední rám je pohyblivě spojen s portálem bočního posuvu. Toto spojení dovoluje posunutí středního rámu s výsuvnými nosníky vůči portálu bočního posuvu, tedy celému překladači.

Konstrukci portálu bočního posuvu můžeme rozdělit na 2 varianty. Skříňový (obr. 1.5), nebo poloportálový (obr. 1.6). Dále konstrukce portálu bočního posuvu vždy dovoluje podélné naklápění středního rámu s výsuvnými nosníky vůči samotnému portálu, tedy překladači. To je řešeno mechanicky (obr. 1.6), hydraulicky, nebo jejich kombinace (obr. 1.7). Portál bočního posuvu je otočně spojen se závěsným zařízením. To nám dovoluje natočení závěsného rámu – portálu bočního posuvu, středního rámu a výsuvných nosníků vůči závěsnému zařízení, tedy celému překladači.

Závěsné zařízení (obr. 1.6) je díky čepu spojeno s teleskopickým ramenem výsuvného stohovače. Čepové spojení za pomoci translačních hydromotorů umožňují udržet závěsný rám při zvedacích úkonech překladače stále ve vodorovné poloze a umožňují příčné naklápění závěsného rámu. [2,11,23,24,25]



Obr. 1.6 Závěsný rám pro výsuvný stohovač: 1 - závěsný mechanismus s naklápěním; 2 - světelná signalizace; 3 - přípojný hydraulický rozvaděč; 4 - portál bočního posuvu (poloportálový, mechanické naklápění); 5 - optická signalizace; 6 - manipulační oko [23]

DŮLEŽITÉ KONSTRUKČNÍ UZLY ZÁVĚSNÝCH RÁMŮ PRO MOBILNÍ PŘEKLADAČE

U závěsných rámu pro mobilní překladače je velmi důležitý boční posun středního rámu s podélným naklápěním, otočný mechanismus a závěsný mechanismus s příčným naklápěním. Tyto konstrukční celky nám dovolují pohyby kontejneru vůči překladači, kterými docílíme přesných ložných a manipulačních úkonů. Pokud neumožníme tyto pohyby kontejneru vůči překladači, musíme tyto pohyby nahradit manipulačními úkony, které musíme vykonat samotným překladačem. Tyto úkony v krátkém časovém intervalu nejsme schopni provést. Proto se nám celý proces manipulace s kontejnerem díky těmto konstrukčním celkům stává velmi rychlou, ekonomickou a pro obsluhu uživatelsky přívětivou. [5,11,12,14]

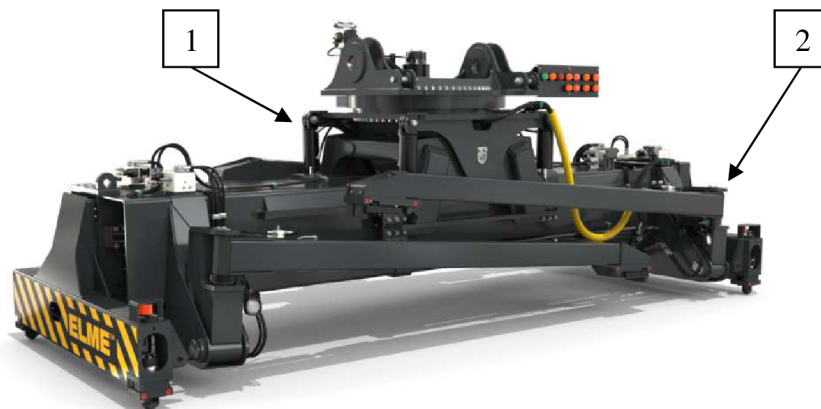
DALŠÍ VYBAVENÍ ZÁVĚSNÝCH RÁMŮ

Závěsné rámy pro výsuvné stohovače mohou být dále vybaveny kleštinami. Ty jsou určeny pro manipulaci s výměnnými nástavbami. Čtyři výklopná ramena umístěna na koncových

nosnících uchopují výměnnou nástavbu za otvory v dolní části návěsu. Závěsný rám se vybavuje kleštinami podle požadavku zákazníka – potřeb překladiště.

Na závěsném rámu jsou dále umístěny manipulační oka, nebo háky v místech otočných zámků, nebo na středním rámu. Ty slouží k potřebným přidruženým manipulačním úkonům. Jejich nosnost je však podmíněna maximální nosností konstrukce v daném umístění háku nebo oka. O počtu a umístění rozhoduje zákazník.

Závěsné rámy pro mobilní překladače nebývají osazeny naváděcími lištami. Důvodem je těsné ukládání kontejnerů na skladových plochách a velká pravděpodobnost mechanického poškození při manipulaci překladačem. Funkci naváděcích lišt nahrazujeme kamerami a minimální nepřesnost nám vymezení tvar otočných zámků. [2,13,16,23,24,25]



Obr. 1.7 Závěsný rám pro výsuvný stohovač s kleštinami: 1 - portál bočního posuvu (poloportálový, kombinace mechanického a hydraulického naklápění); 2 - kleštiny [23]

PŘEHLED VÝROBCŮ

Přední a nejrozšířenější výrobci, kteří se zabývají výrobou vrchních přestavitelných závěsných rámu pro mobilní překladače.

ELME

Švédský přední výrobce závěsných rámu pro mobilní překladače ve všech variantách a provedení dodávající své zařízení do všech zemí světa. Vyrábí vrchní, i boční závěsné rámy. Pro manipulaci s plnými a prázdnými kontejnery, i výměnnými nástavbami. Své závěsné rámy dodávají všem výrobcům mobilních překladačů.

Jejich konstrukce závěsných rámu se odlišuje pouze tím, že portál bočního posuvu mají vždy řešen pouze jako poloportálový. Výsuvné nosníky se přestavují translačními hydromotory.[23]

KALMAR

Společnost sídlící v Rakousku celosvětově dodává prostředky pro manipulaci v dopravě. Zabývá se mobilními překladači, pro které si vyrábí i vrchní a boční závěsné rámy.

Své závěsné rámy dodávají ve variantách s portálem bočního posuvu řešeným jako poloportálový, tak i skříňový. Výsuvné nosníky se přestavují řetězem, poháněným rotačním hydromotorem.[24]

2. PARAMETRY MANIPULAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

Tato práce se zabývá konstrukčním řešením manipulačního zařízení (vrchním závěsným rámem) pro manipulaci s jedním plným kontejnerem typu ISO řady 1. Závěsný rám bude řešen jako teleskopické manipulační zařízení s teleskopickým – přestavitelným výsuvným nosníkem pro manipulaci s různými velikostmi kontejneru. Aby bylo s kontejnerem lépe manipulováno a dosáhlo se tak lepších ložných úkonů bude zkonstruován s otočným mechanismem a bočním posuvem středního rámu. [11,12,13,16]

SPECIFIKACE MOBILNÍHO PŘEKLADAČE:

Manipulační zařízení bude připojeno k výsuvnému stohovači Kalmar DRG 450-60 S5 a ovládáno jeho hydraulickým obvodem.

Tab. 2.1 Specifikace mobilního stohovače Kalmar DRG 450-60 S5[24]

Maximální nosnost	Q_p [kg]	55 000	
Pracovní tlak hydrauliky přípojného zařízení	P_z [MPa]	16	
		Se zatížením	Bez zatížení
Pojezdová rychlost	v_{pr} [m/s]	4,444	5
Rychlost výsunu výložníku	v_{rv} [m/s]	0,24	0,4
Rychlost zvedání ramene	V_{rz} [m/s]	0,4	0,35



Obr. 2.1 Výsuvný stohovač Kalmar

SPECIFIKACE PŘEKLADIŠTĚ:

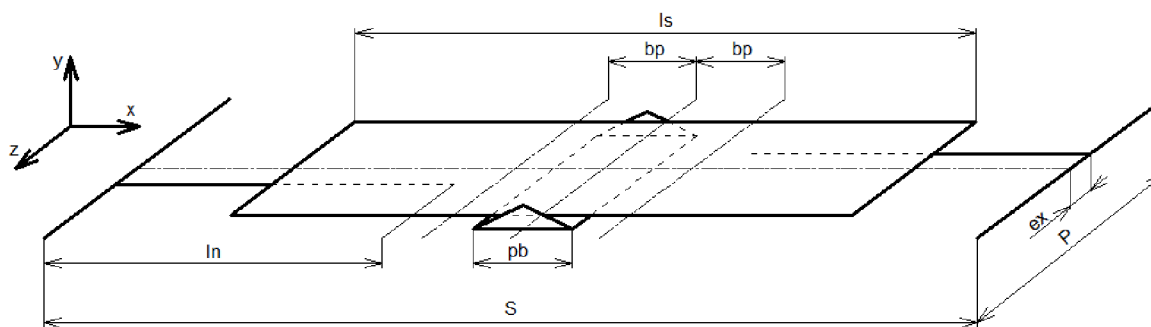
Zařízení je určeno pro manipulační práci ve vnitrozemském terminálu pro překládání kontejnerů mezi silniční a železniční dopravou a ložnou plochou terminálu. Manipulační a ložné plochy terminálu mají rozlohu 1km^2 a jsou zcela rovné (plochy jsou vybetonované), s maximálním zešikmením ploch $\pm 1,5^\circ$.

ZADANÉ PARAMETRY:

- manipulovatelné velikosti kontejneru: 20' a 40'
- maximální nosnost: $m_n = 35\,000\text{ kg}$
- teplota pracovního prostředí: $-20\text{ }^\circ\text{C} \div 40\text{ }^\circ\text{C}$

ZVOLENÉ PARAMETRY:

- otáčení závěsného rámu: $+60^\circ/-195^\circ$
- boční posuv středního rámu: $b_p = \pm 800\text{ mm}$
- použitý konstrukční materiál: S355J0
- bezpečnost: $K = 3$



Obr. 2.2 Schéma závěsného rámu připojeného k 40' kontejneru

PARAMETRY VYPLÝVAJÍCÍ Z KONSTRUKCE:

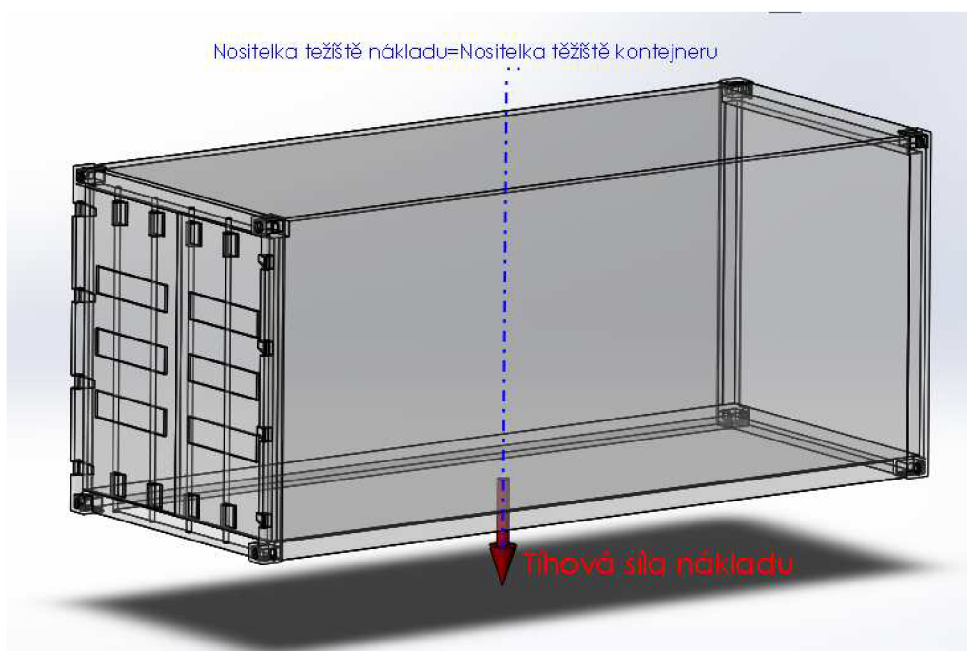
- délka výsuvného nosníku: $l_n = 4\,800\text{ mm}$
- délka středního rámu: $l_s = 5\,600\text{ mm}$
- vyosení teleskopického nosníku: $e_x = 239\text{ mm}$
- rozteč kluzných ploch portálu boč. posuvu: $p_b = 1\,360\text{ mm}$

2.1 ROZBOR ZATÍŽENÍ ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Závěsný rám je spojovací prvek mezi mobilním překladačem a kontejnerem. Jeho konstrukce nám dovoluje uchopit a manipulovat s kontejnerem. Spojení probíhá přes otočné zámky, které zapadají do rohových prvků kontejneru, jejich přesné umístění viz (tab. 1.2). V těchto místech dochází k přenosu veškerých zatížení od kontejneru na závěsný rám a poté dále na připojovací mechanismus mobilního překladače. [10,13,16,]

2.1.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Podle normy ČSN ISO 3874 [15], musí být náklad v kontejneru zajištěn, fixován a zabezpečen tak, aby nedošlo k jeho samovolnému uvolnění a pohybu během přepravy a manipulaci. Musí být v kontejneru rozmístěn rovnoměrně a pokud možno co nejbližší středu kontejneru, tedy aby se těžiště nákladu co nejvíce přiblížilo těžišti kontejneru, ideálně bylo v těžišti kontejneru (obr. 2.2).[15,16]

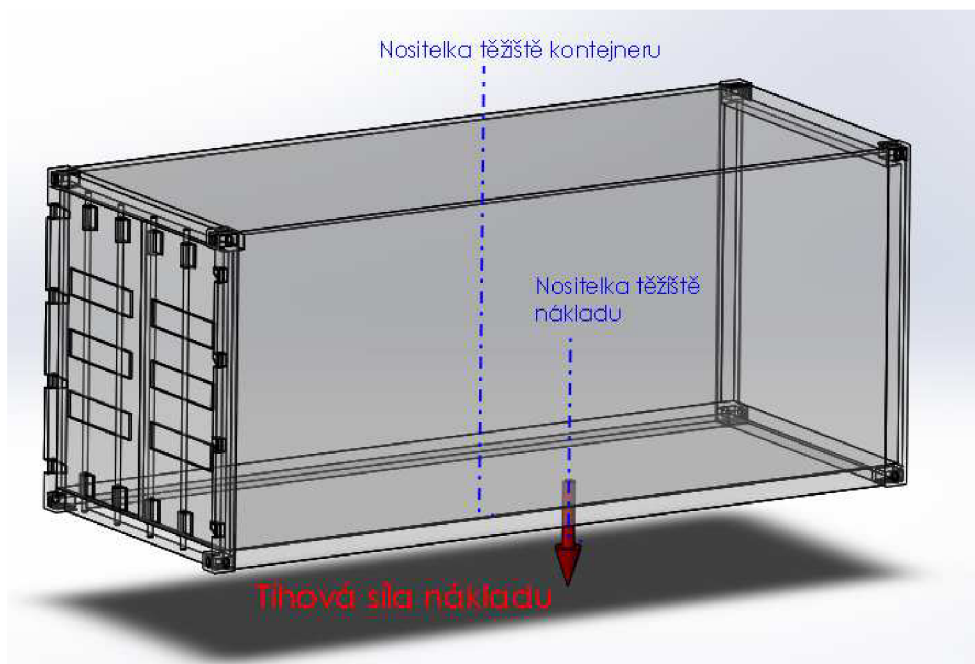


Obr. 2.2 Symetricky naložený kontejner

Kontejner musí mít maximální hmotnost celé přepravní jednotky 30480 kg (tab. 1.1), tomu musí odpovídat nosnost závěsného rámu. Tato maximální hmotnost je pro všechny varianty kontejneru stejná. V normě ČSN 27 1920 [12] je uvedeno, že konstrukce závěsného rámu musí umožňovat bezpečnou manipulaci s kontejnerem, který má vychýlené těžiště nákladu v podélném i příčném směru o 1/10 od geometrického středu vnějších rozměrů kontejneru (obr. 2.3). Bezpečnou manipulaci s nesymetricky naloženým kontejnerem umožní boční posuv středního rámu o hodnotu $b_p = \pm 800$ mm. Obsluha překladače zjistí, že kontejner je nesymetricky naložený tak, že kontejner mírně přizvedne, a podle chování překladače a závěsného rámu, bočním posuvem závěsného rámu kontejner ustaví do vyhovující polohy pro další manipulaci. Při nevykonání tohoto úkonu, může dojít k nestabilitě překladače při jízdě, v neposlední řadě až k převrácení překladače.

Stálé zatížení závěsného rámu můžeme tedy rozdělit na dva případy:

- symetricky naložený kontejner,
- nesymetricky (excentricky) naložený kontejner. [9,10,12,13,]



Obr. 2.3 Excentricky naložený kontejner

2.1.2 NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

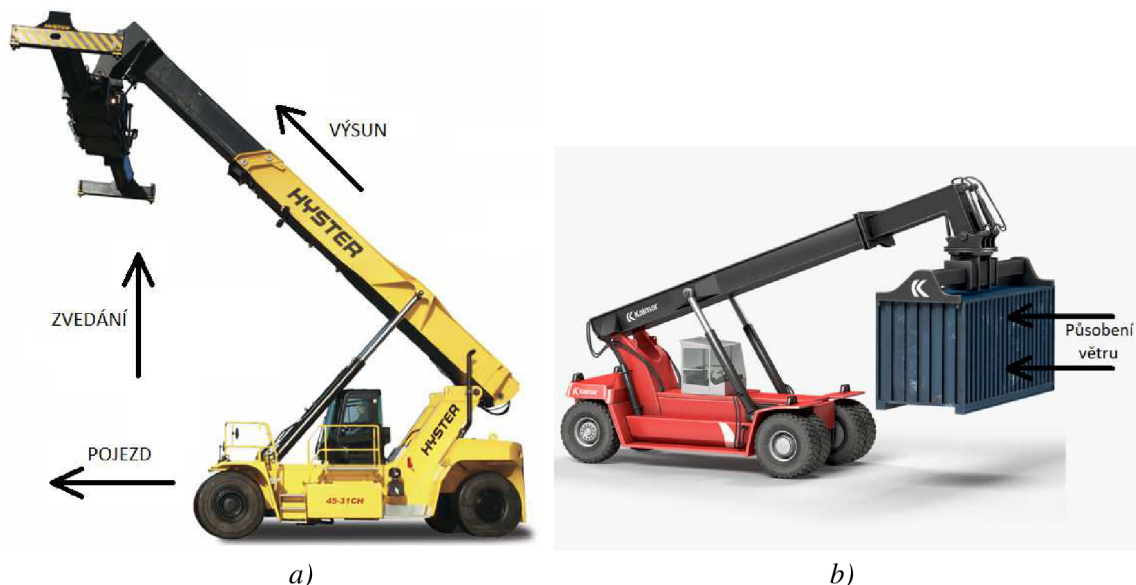
Nahodilým zatížením se rozumí síly, které na zařízení nepůsobí stále, ale objevují se jen v některých případech a za určitých podmínek.

ZATÍŽENÍ OD ZVEDÁNÍ A VÝSUNU PŘEKLADAČE

Při ložných a manipulačních operacích překladače, je kontejner výložníkem překladače vzdalován od překladače ve svislém i vodorovném směru (obr. 2.4a). To dovoluje teleskopický výložník překladače. Při vykonávání těchto pohybů na kontejner i závěsný rám působí dynamické síly ve svislém směru. Dynamické síly kontejneru se přenáší přes otočné zámky do konstrukce závěsného rámu. Pro výpočet těchto vznikajících svislých dynamických sil při ložných operacích v platných dostupných normách žádné výpočty dynamických sil a jejich účinky na závěsné rámy pro mobilní překladače nebyly nalezeny. Když se vezme v úvahu velikosti rychlostí výsunu a zvedání výložníku překladače (tab. 2.1). Dále pak, že zvedání a výsun výložníku probíhá při stojícím překladači, nebo mikropojezdu překladače. Mikropojezdem rozumíme velmi malou rychlost pojezdu překladače při přesných ložných operacích. Můžeme pak říci, že vliv těchto dynamických sil nebude tak zásadní pro konstrukci závěsného rámu, a tudíž je zahrneme do námi zvoleného dynamického koeficientu $\lambda=1,1$. S účinkem tohoto dynamického koeficientu budeme počítat jen v případě stojícího překladače.

ZATÍŽENÍ OD POJEZDU PŘEKLADAČE

Obsluha překladače si zvedne kontejner od země do takové výšky – přepravní polohy, aby byl zaručen dobrý a bezpečný výhled obsluhy do minimální vzdálenosti před překladač, která je potřebná k bezpečnému zastavení překladače. Poté může obsluha s překladačem přejíždět po terminálu. Rozjezd a pojezd překladače (obr. 2.4a) je velmi plynulý a vznikající vodorovné setrvačné síly jsou zanedbatelné, oproti setrvačné síle vznikající při náhlém brzdění provozní brzdou. Tato setrvačná síla působí na kontejner i závěsný rám, a to ve vodorovném směru. Setrvačná síla kontejneru od brzdění překladače se přenáší do konstrukce závěsného rámu.



Obr. 2.4 Mobilní překladače: a) pohyby mobilního překladače, b) působení větru na čelní stranu kontejneru [23,24]

ZATÍŽENÍ OD VĚTRU

Při manipulaci je kontejner a závěsný rám vystaven větru, který působí na rozlehlé stěny kontejneru. To narušuje stabilitu překladače, především při stohování. Při porovnání velikostí stěn, boční a čelní stěny kontejneru, je svou rozlohou největší čelní stěna kontejneru (obr. 2.4b). Budeme tedy uvažovat vodorovnou sílu působící na čelní plochu kontejneru, která bude představovat vliv silného větru – dle Beaufortovy stupnice stupeň 6. Tato síla je přenášena do konstrukce závěsného rámu. Vliv větru na závěsný rám s přihlédnutím na rozlohu a členitost ploch ve výpočtu závěsného rámu zanedbáme. [15,17,18,19,20,21,22]

2.1.3 NAHODILÉ VLIVY

Tyto vlivy svým způsobem zatěžují konstrukci závěsného rámu tak, že ohrožují jeho funkčnost, bezpečný chod a životnost. Proto se musí během návrhu konstrukce závěsného rámu počítat s těmito vlivy a provést opatření.

POVĚTRNOSTNÍ VLIVY

Povětrnostními vlivy rozumíme déšť, teplotní rozdíly, sníh, vítr, atd. Abychom tyto vlivy na konstrukci zařízení eliminovali, provedeme pečlivé a důkladné lakování všech částí konstrukce a výběr vhodného typu barvy. Mazání všech pohyblivých částí a ošetření mazivem kluzné plochy. Zabránění vnikání vody do konstrukce, například kryty. Úprava konstrukce pro odvod vody, která se do konstrukce dostane. Poučení a proškolení obsluhy o správné údržbě a klimatických podmínkách, za kterých lze se zařízením bezpečně pracovat.

LIDSKÝ FAKTOR

Lidským faktorem myslíme nesprávné zacházení, ovládání a obsluhu zařízení strojníkem. Neodborné opravárenské zásahy do mechanických částí a konstrukce zařízení. Nesprávná nebo neúplná údržba a servis zařízení. Tyto vlivy snížíme úpravou konstrukce tak, aby všechny mechanismy byly zakrytovány. Hlavní je důsledně proškolení a poučení obsluhu stroje a vypracovat návod k obsluze a údržbě. [15,16,18,21,22]

2.2 VÝPOČTOVÉ MODELY ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Závěsný rám bude určen pro 2 velikosti kontejneru. Pro všechny výpočty budeme uvažovat, že závěsný rám bude manipulovat s maximálně naloženým kontejnerem velikosti 40'. Jelikož výsuvné nosníky jsou vysunuty na potřebné rozpětí, tudíž bude docházet k největšímu namáhání konstrukce.

Podle konstrukce zařízení, nejvíce namáhaný konstrukční uzel je výsuvný nosník. Pro tento konstrukční uzel tedy bude proveden pevnostní výpočet s několika zatěžovacími stavy, které mohou při běžném provozu nastat.

ZATĚŽOVACÍ STAV 1

Při každodenní manipulaci s kontejnery se předpokládá, že se bude převážně manipulovat se symetricky naloženým kontejnerem. Proto pro první stav se uvažuje maximálně symetricky naložený kontejner a manipulace s ním (zvedání, výsun) při stojícím překladači.

ZATĚŽOVACÍ STAV 2

Překladač se bude se zdviženým kontejnerem pohybovat po terminálu. Bude uvažován zdvižený maximálně symetricky naložený kontejner, na který působí brzdový účinek brzd překladače a působení větru na boční plochu kontejneru.

ZATĚŽOVACÍ STAV 3

Závěsný rám může být spojen s nesymetricky naloženým kontejnerem, se kterým posléze musí manipulovat. Bude tedy počítáno s maximálně nesymetricky naloženým kontejnerem, se kterým je manipulováno (zvedání, výsun) a působí vítr na čelní i boční plochu kontejneru. [6,10,16,]

3. VÝPOČET ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Výpočet závěsného rámu budeme provádět pro případ, kdy bude manipulováno se 40' kontejnerem, jelikož při manipulaci s touto velikostí kontejneru dochází k maximálnímu vyložení výsuvných nosníků a vznikají největší napětí v konstrukci závěsného rámu. Pro všechny výpočty budeme uvažovat nesymetricky naložený 40' kontejner. Těžiště bude umístěno na straně s delším ramenem koncového nosníku, abychom podchytili nejhorší případ zatížení závěsného rámu. [6,11,13,15]

ZATĚŽUJÍCÍ SÍLY:

$$G' = m \cdot g \quad [N], [9] \quad (1)$$

$$G' = 35000 \cdot 9,81 = 343350 \text{ N}$$

$$G = G' \cdot \lambda \quad [N] \quad (2)$$

$$G = 343350 \cdot 1,1 = 377685 \text{ N}$$

- kde: $G' = 343350 \text{ N}$ - tíhová síla kontejneru za úplného klidu
 $G = 377\ 685 \text{ N}$ - tíhová síla kontejneru zvětšená o dynamický koeficient
 $\lambda = 1,1$ - zvolený dynamický koeficient, stanoven v kap. 2.
 $m = 35000 \text{ kg}$ - maximální hmotnost přepravní jednotky
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - gravitační zrychlení

Pro výpočty budeme uvažovat zatěžující cílu G představující náklad uložený v kontejneru. Tato síla je zvětšena o námi zvolený dynamický koeficient $\lambda = 1,1$ který nahrazuje účinek dynamických a setrvačných sil působící na kontejner během pojezdu překladače po ložné ploše. [7,8,9]

VOLBA A VLASTNOSTI MATERIÁLU KONSTRUKCE

Pro konstrukci závěsného rámu použijeme nelegovanou jakostní konstrukční ocel S355J0 dle ČSN EN 10025-2. Tato ocel je ekvivalentní s ocelí označenou podle ČSN ocel 11 523. Je to nejrozšířenější a nejpoužívanější ocel, vhodná ke svařování všemi používanými způsoby svařování.

Tab. 3.2 Mechanické vlastnosti oceli S355J0 [7]

Mez kluzu	Výrobky jmenovité tloušťky	[mm]	≤16	>16≤40	>40≤63
	R_{eH}	[MPa]	355	345	335
Mez pevnosti	Výrobky jmenovité tloušťky	[mm]	≥3≤100		
	R_m	[MPa]	470-630		

Minimální mez kluzu má pro různé tloušťky jinou hodnotu. Proto s úvahou nad konstrukcí a volbou tloušťky výrobků, budeme uvažovat v následných výpočtech minimální mez kluzu $R_{eH} = 345 \text{ MPa}$ a mez pevnosti $R_m = 520 \text{ MPa}$.

Dále si stanovíme maximální dovolené napětí, které nám může v konstrukci vznikat. Tyto napětí nesmí překročit toto dovolené napětí, které si stanovíme z bezpečnosti konstrukce a mezi kluzu použitého materiálu. [7,8,9]

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_{eH}}{K} \quad [MPa] \quad (3)$$

$$\sigma_{DOV} = \frac{345}{3} = 115 \text{ MPa}$$

Kde: $\sigma_{DOV} = 115 \text{ MPa}$ - maximální dovolené napětí
 $R_{eH} = 345 \text{ MPa}$ - minimální mez kluzu
 $K = 3$ - bezpečnost konstrukce

VOLBA A VLASTNOSTI MATERIÁLU KLIZNÝCH ČLENŮ

V konstrukci závěsného rámu jsou konstrukční celky, které se vůči sobě pohybují. Budou vykonávat posuvný pohyb, který umožní kluzné prvky. Bude tedy vznikat kluzné tření. Podle zvyklosti výrobní firmy jsou kluzné elementy ze slitiny mědi Ms58, tedy CuZn40Pb2. Ta se vyznačuje dobrými vlastnostmi proti otěru a vysokou mechanickou odolností. Tření tedy bude vznikat mezi kluzným elementem, z materiálu Ms58 uchyceným pomocí šroubového spoje s jedním konstrukčním celkem a ocelí, taženou plochou tyčí z materiálu S355J0 přivařenou na druhý konstrukční celek.

Všechny tyto kluzné spojení budou mazány mazivem. Kluzné elementy budou konstrukčně upraveny tak, aby umožňovaly mazání těchto kluzných spojení. Koeficient tření pro kluzné prvky je uveden v tab. 3.2.[7,8,9]

Tab. 3.2 Tabulka hodnot koeficientu smykového tření interakce OCEL/MOSAZ [7,8]

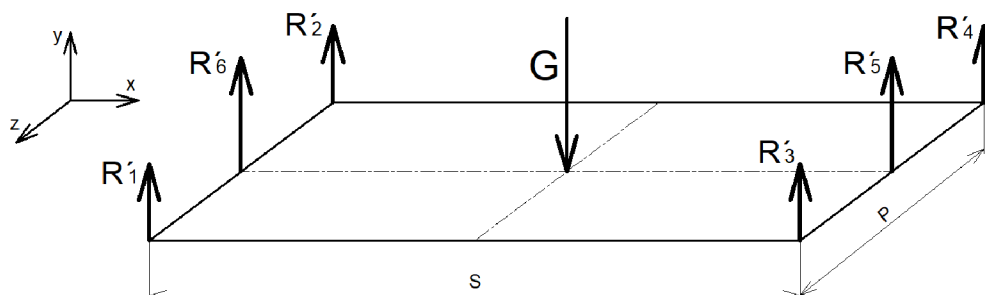
Značka	Význam	Hodnota [-]	
		Suchý povrch	Mastný povrch
f_m	- koeficient smykového tření	0,3	0,19

3.1 ZATÍŽENÍ ZÁVĚSNÉHO RÁMU OD VNĚJŠÍCH ČINITELŮ

Určíme si všechny síly a reakce, které působí na kontejner a jsou přes rohové prvky a otočné zámky přenášeny na závěsný rám. Tyto vypočítané reakce a síly použijeme pro návrhový výpočet nejmenších rozměrů dílčích částí závěsného rámu. Poté také pro názorné a přesné výpočty v MKP programu SolidWorks.

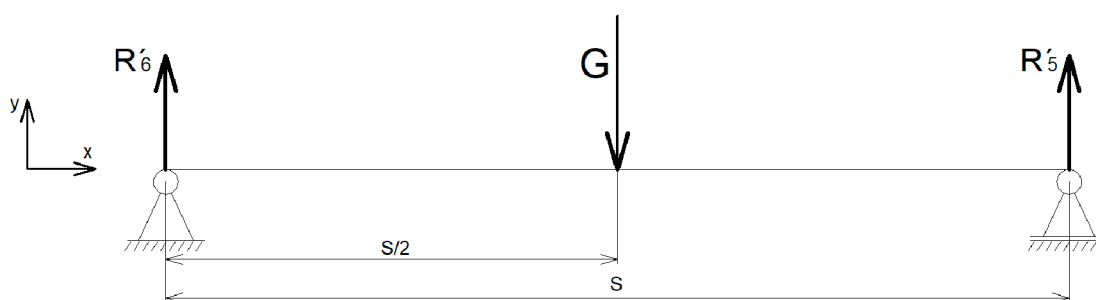
SILOVÝ ROZBOR SYMETRICKY NALOŽENÉHO KONTEJNERU NA ROHOVÉ PRVKY

Vypočítáme si reakce působící v jednotlivých rohových prvcích kontejneru od zatěžující síly G , symetricky naloženého kontejneru. Tyto reakce zjišťujeme, protože v těchto místech bude připojen závěsný rám a tyto reakce budou v těchto místech přenášeny na závěsný rám, jak je vysvětleno v kap. 2.1.1.



Obr. 3.1 Schéma sil symetricky naloženého 40' kontejneru

V tomto případě je kontejner ideálně naložen – symetricky. Jednotlivé reakce zjistíme pomocí statické rovnováhy. Z (obr. 3.1) si vybereme danou rovinu, ve které potřebujeme zjistit potřebné reakce. [8,11]



Obr. 3.2 Reakce R_6 a R_5

Nejprve si určíme rovnice statické rovnováhy dle (obr. 3.2):

$$\sum F_X : 0 = R'_6 + R'_5 - G \quad [N], [15] \quad (4)$$

$$\sum M_o : 0 = R'_5 \cdot s - G \cdot \frac{s}{2} \quad [N], [15] \quad (5)$$

Úpravou těchto rovnic vyjádříme neznámé reakce:

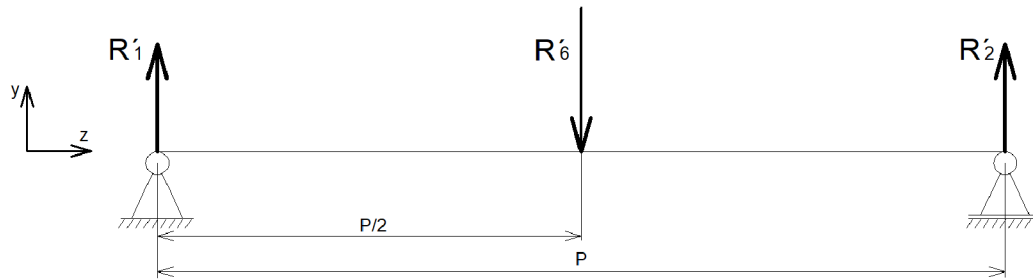
$$R'_5 = \frac{G \cdot \frac{s}{2}}{s} \quad [N] \quad (6)$$

$$R'_5 = \frac{377685 \cdot \frac{11985}{2}}{11985} = 188842,5 \text{ N}$$

$$R'_6 = G - R'_5 \quad [N] \quad (7)$$

$$R'_6 = 377685 - 188842,5 = 188842,5 \text{ N}$$

Dále si vyjádříme další neznámé reakce R'_1 a R'_2 dle (obr. 3.3) a napíšeme rovnice statické rovnováhy:



Obr. 3.3 Reakce R'_1 a R'_2

$$\sum F_z : 0 = R'_1 + R'_2 - R'_6 \quad [N], [9] \quad (8)$$

$$\sum M_o : 0 = R'_2 \cdot P - R'_6 \cdot \frac{P}{2} \quad [N \cdot mm], [9] \quad (9)$$

Úpravou těchto rovnic si vyjádříme neznámé reakce R'_1 a R'_2 :

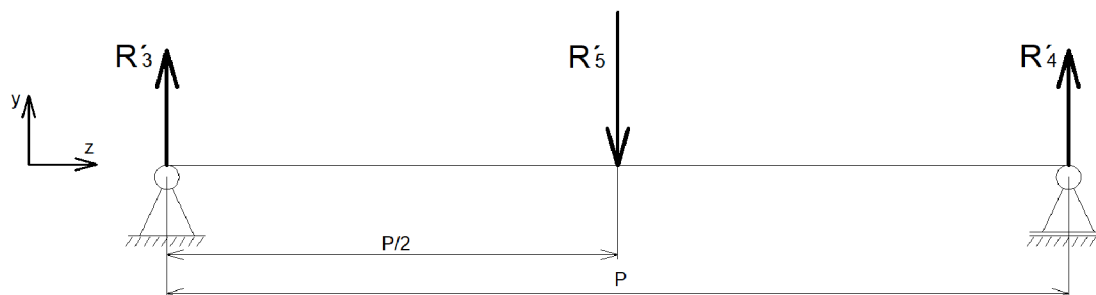
$$R'_2 = \frac{R'_6 \cdot \frac{P}{2}}{P} \quad [N]$$

$$R'_2 = \frac{188842,5 \cdot \frac{2259}{2}}{2259} = 94421,25 \text{ N}$$

$$R'_1 = R'_6 - R'_2 \quad [N]$$

$$R'_1 = 188842,5 - 94421,25 = 94421,25 \text{ N}$$

Nakonec si určíme zbývající neznámé reakce R'_3 a R'_4 dle (obr. 3.4).

Obr. 3.4 Reakce R'_3 a R'_4

Rovnice statické rovnováhy:

$$\sum F_z : 0 = R'_3 + R'_4 - R'_5 \quad [N], [9] \quad (10)$$

$$\sum M_o : 0 = R'_4 \cdot P - R'_5 \cdot \frac{P}{2} \quad [N], [9] \quad (11)$$

Úpravou si vyjádříme neznámé reakce R'_3 a R'_4 :

$$R'_4 = \frac{R'_5 \cdot \frac{P}{2}}{P} \quad [N]$$

$$R'_4 = \frac{188842,5 \cdot \frac{2259}{2}}{2259} = 94421,25 \text{ N}$$

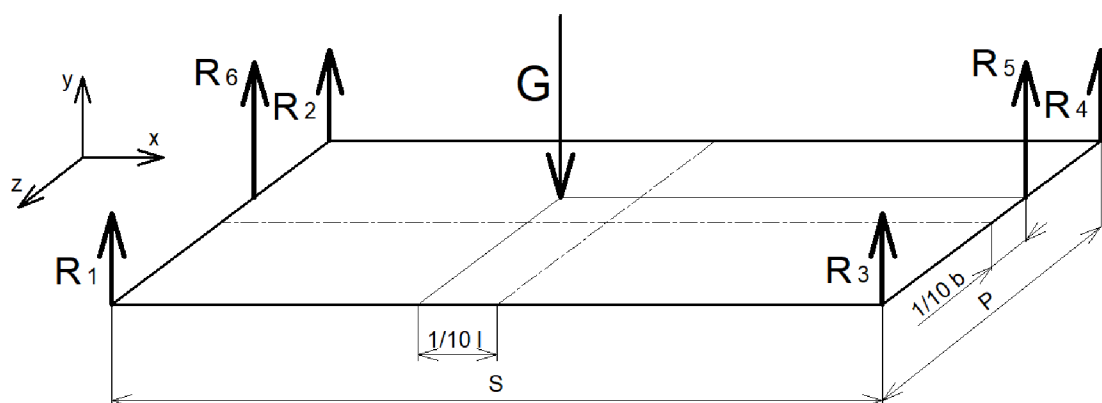
$$R'_3 = R'_5 - R'_4 \quad [N]$$

$$R'_3 = 188842,5 - 94421,25 = 94421,25 \text{ N}$$

Kde: $R'_6 = 188842,5 \text{ N}$ - reakce působící na čelní příčce
 $R'_5 = 188842,5 \text{ N}$ - reakce působící na čelní příčce
 $R'_1 = 94421,25 \text{ N}$ - reakce v místě rohového prvku
 $R'_2 = 94421,25 \text{ N}$ - reakce v místě rohového prvku
 $R'_3 = 94421,25 \text{ N}$ - reakce v místě rohového prvku
 $R'_4 = 94421,25 \text{ N}$ - reakce v místě rohového prvku

SILOVÝ ROZBOR NESYMETRICKY NALOŽENÉHO KONTEJNERU NA ROHOVÉ PRVKY

Vypočítáme si reakce působící v jednotlivých rohových prvcích kontejneru od zatěžující síly G , nesymetricky naloženého kontejneru. Tedy zatěžující síla G představující náklad kontejneru zvětšený o dynamický koeficient je posunut dle normy ČSN 27 1920 [12] o $1/10$ délky jak podélném i příčném směru od geometrického středu půdorysu kontejneru. Tyto reakce v místech rohových prvků (obr. 3.5) jsou přímo přenášeny přes otočné zámky do konstrukce závěsného rámu, jak je popsáno v kap. 2.1.1. [12,15]



Obr. 3.5 Schéma reakcí nesymetricky naloženého 40' kontejneru

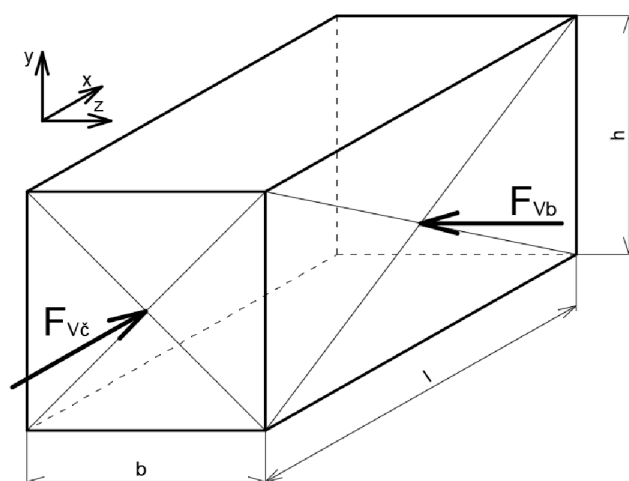
Postup výpočtu jednotlivých reakcí v (obr. 3.5) je stejný jako v případě symetricky naloženého kontejneru viz. výše. Výsledné hodnoty reakcí jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 3.3 Výsledné hodnoty reakcí

Reakce síly	Hodnota reakce [N]	Význam
R_5	151074	reakce působící na čelní příčce
R_6	226611	reakce působící na čelní příčce
R_1	90644,4	reakce v místě rohového prvku
R_2	135966,6	reakce v místě rohového prvku
R_3	60429,6	reakce v místě rohového prvku
R_4	90644,4	reakce v místě rohového prvku

SÍLA VĚTRU NA KONTEJNER

Jak bylo zmíněno v kap. 2.1.2, stanovíme si kritickou sílu větru působící kolmo na rozlehlé stěny kontejneru. V případě největší varianty manipulovatelného kontejneru - 40' jsou tyto plochy značné. Proto výpočet síly větru provedeme pro čelní i boční stěnu kontejneru (obr. 3.6) dle normy ČSN EN 1459+A3 [20].



Obr. 3.6 Působení větru na stěny kontejneru

Výpočet síly větru na boční stěnu 40' kontejneru:

$$F_{Vb} = k \cdot h \cdot l \cdot v_v^2 \cdot C_{11} \quad [N], [20] \quad (12)$$

$$F_{Vb} = 0,613 \cdot 2,59 \cdot 12,192 \cdot 12,2^2 \cdot 1,3 = 4187,9 \text{ N}$$

Výpočet síly větru na čelní stěnu 40' kontejneru:

$$F_{Vč} = k \cdot h \cdot b \cdot v_v^2 \cdot C_{11} \quad [N], [20] \quad (13)$$

$$F_{Vč} = 0,613 \cdot 2,59 \cdot 2,438 \cdot 12,2^2 \cdot 1,3 = 837,4 \text{ N}$$

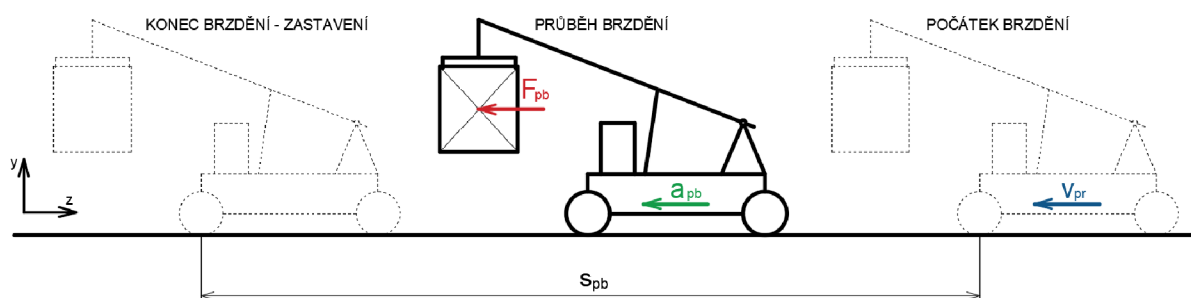
- Kde: $F_{Vb} = 4187,9 \text{ N}$ - síla větru na boční stěnu kontejneru
 $F_{Vč} = 837,4 \text{ N}$ - síla větru na čelní stěnu kontejneru
 $k = 0,613 \text{ (N} \cdot \text{s}^2 \text{)/m}^4$ - tvarový koeficient, stanoven z [20]
 $l = 12,192 \text{ m}$ - délka 40' kontejneru, stanovena z (tab. 1.1)
 $h = 2,59 \text{ m}$ - výška kontejneru, stanovena z (tab. 1.1)
 $b = 2,438 \text{ m}$ - šířka kontejneru, stanovena z (tab. 1.1)
 $v_v = 12,2 \text{ m/s}$ - rychlost větru (Beaufortova stupnice 6), stanoveno z [20]
 $C_{11} = 1,3$ - tvarový koeficient kolmého působení větru, stanoveno z [20]

S přihlédnutím na velikost jednotlivých sil větru, budeme dále ve výpočtech počítat jen se silou větru na boční stěnu působící to těžiště boční stěny viz (obr. 3.6). Sílu na čelní stěnu pro její velmi malou velikost zanedbáme. Dále ve výpočtech nebudeme uvažovat sílu větru

na závěsný rám. Jelikož tyto plochy závěsného rámu jsou velikostně menší než stěny kontejneru, tudíž tato síla bude zanedbatelná oproti síle větru na boční stěnu kontejneru. [7,8,9,20,21,22]

ZATÍŽENÍ KONTEJNERU OD POJEZDU MOBILNÍHO PŘEKLADAČE

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.1 na závěsný rám bude mít největší vliv vodorovná síla ve směru pojezdu překladače provozní brzdy. Vypočítáme si brzdny účinek provozní brzdy mobilního překladače dle normy ČSN ISO 3450.[18,19,20]



Obr. 3.7 Schéma brzdění mobilního překladače

Mobilní překladač zařadíme do skupiny: všechny ostatní stroje pro zemní práce a vypočítáme si maximální brzdnu dráhu provozní brzdy.

$$s_{pb} = 0,2 \cdot [(v_{pr} \cdot 3,6) + 5] + \frac{(v_{pr} \cdot 3,6)^2}{160} \quad [m], [18] \quad (14)$$

$$s_{pb} = 0,2 \cdot [(4,444 \cdot 3,6) + 5] + \frac{(4,444 \cdot 3,6)^2}{160} = 5,8 \text{ m}$$

Vypočteme si střední zpomalení provozní brzdy:

$$a_{pb} = \frac{v_{pr}^2}{2 \cdot s_{pb}} \quad \left[\frac{m}{s} \right], [18] \quad (15)$$

$$a_{pb} = \frac{4,44^2}{2 \cdot 5,8} = 1,7 \frac{m}{s}$$

Vypočtené střední zpomalení dosadíme do vztahu pro výpočet síly:

$$F_{pb} = m \cdot a_{pb} \quad [N], [18] \quad (16)$$

$$F_{pb} = 35000 \cdot 1,7 = 59500 \text{ N}$$

Kde: $v_{pr} = 4,44 \text{ m/s}$ - rychlost pojezdu překladače pod zatížením, určeno z (tab. 2.1)

$s_{pb} = 5,8 \text{ m}$	- maximální brzdňá dráha provozní brzdy
$a_{pb} = 1,7 \text{ m/s}^2$	- střední zpomalení provozní brzdy
$F_{pb} = 59500 \text{ N}$	- brzdňá síla provozní brzdy na kontejner

Na závěsný rám nám působí síla F_{pb} , viz (obr.3.7) která je reakcí na účinek provozní brzdy mobilního překladače od manipulovaného kontejneru. Tuto sílu budeme předpokládat v těžišti kontejneru. [18,19,20,21,22]

3.2 ZATÍŽENÍ VZNIKAJÍCÍ V KONSTRUKCI ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Teď si zjistíme reakce, které jsou přenášeny ze středního rámu na portál bočního posuvu v místech podpor – kluzných elementů. Tyto reakce použijeme pro výpočet pevnosti portálu bočního posuvu. Reakce zjistíme pro několik stavů, které mohou nastat.

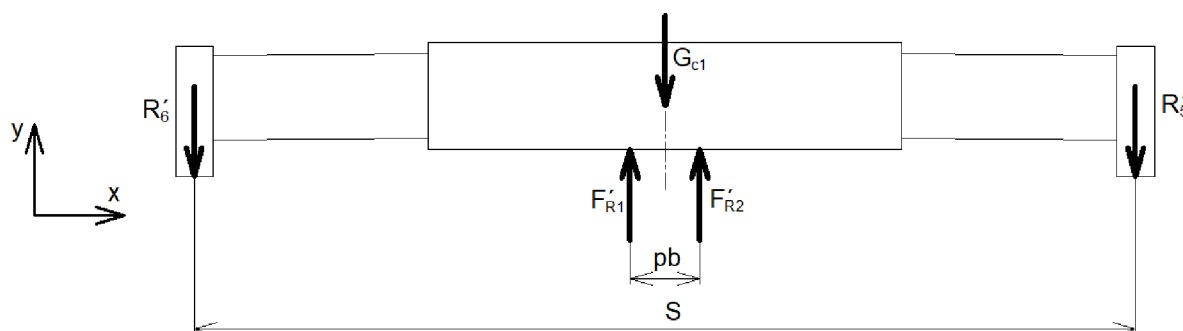
Ve výpočtech použijeme reakce, které působí na čelních příčkách a jsou přenášeny do konstrukce zařízení. Dále musíme počítat s tíhovou silou středního rámu a výsuvných nosníků, která také zatěžují portál bočního posuvu. Pro výpočet tíhové síly si musíme určit, odhadnout hmotnost jednotlivých částí zařízení. Jejich hodnoty vidíme v (tab. 3.4). [10,12]

Tab. 3.4 Tabulka zvolených hmotností celků závěsného rámu

Význam	Značka	Hodnota [kg]
hmotnost výsuvného nosníku	m_{ovn}	2 300
hmotnost středního rámu	m_{osr}	3 500
hmotnost portálu bočního posuvu	m_{opp}	2 000
hmotnost závěsu	m_{oz}	1 000

SYMETRICKY ZATÍŽENÝ KONTEJNER, ZVEDÁN V OSE SYMETRIE

Jedná se o případ, který bude při běžné manipulaci se symetricky naloženým kontejnerem nastávat, je tedy předpokládáno, že kontejner bude ve většině případů symetricky naložen a bude s ním ideálně manipulováno.



Obr. 3.8 Schéma reakce portálu bočního posuvu

Určíme si tíhovou sílu částí závěsného rámu – obou výsuvných nosníků a středního rámu, které budou také zatěžovat portál bočního posuvu. Na tyto části bude působit zatížení od zvedání a výsunu výložníku překladače, proto tuto sílu zvětšíme o dynamicky koeficient λ a bude orientovaná v ose symetrie závěsného rámu. [12,16]

$$G_{c1} = (m_{ovn} \cdot 2 + m_{osr}) \cdot g \cdot \lambda \quad [N] \quad (17)$$

$$G_{c1} = (2300 \cdot 2 + 3500) \cdot 9,81 \cdot 1,1 = 87407,1 \text{ N}$$

Sestrojíme si rovnice statické rovnováhy pro (obr. 3.8):

$$\sum F_x : 0 = -R'_6 + F'_{R1} - G_{c1} + F'_{R2} - R'_5 \quad [N], [15] \quad (18)$$

$$\sum M_o : 0 = -R'_6 \cdot \left(\frac{S}{2} - \frac{pb}{2}\right) - G_{c1} \cdot \frac{pb}{2} + F'_{R2} \cdot pb - R'_5 \cdot \left(\frac{S}{2} + \frac{pb}{2}\right) \quad [N \cdot m], [15] \quad (19)$$

Úpravou těchto rovnic si vyjádříme neznámé reakce:

$$F'_{R2} = \frac{R'_6 \cdot \left(\frac{S}{2} - \frac{pb}{2}\right) + R'_5 \cdot \left(\frac{S}{2} + \frac{pb}{2}\right) + G_{c1} \cdot \frac{pb}{2}}{pb} \quad [N], [15]$$

$$F'_{R2} = \frac{188842 \cdot \left(\frac{11985}{2} - \frac{1360}{2}\right) + 188842 \cdot \left(\frac{11985M}{2} + \frac{1360}{2}\right) + 87407 \cdot \frac{1360}{2}}{1360} \\ = 232545,5 \text{ N}$$

$$F'_{R1} = R'_6 - F'_{R2} + R'_5 + G_{c1} \quad [N], [15]$$

$$F'_{R1} = 188842 - 232546 + 188842 + 87407 = 232545,5 \text{ N}$$

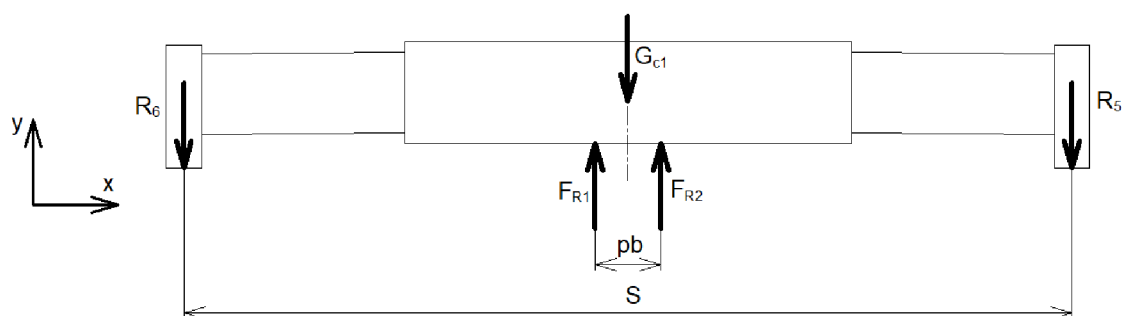
Kde: $F'_{R1} = 232545,5 \text{ N}$ - reakce v místě podpory portálu bočního posuvu

$F'_{R2} = 232545,5 \text{ N}$ - reakce v místě podpory portálu bočního posuvu

$G_{c1} = 87407 \text{ N}$ - tíhová síla středního rámu a výsuvných nosníků

NESYMETRICKY ZATÍŽENÝ KONTEJNER, ZVEDÁN V OSE SYMETRIE

Tento případ nastane tehdy, když obsluha přizvedne právě připojený kontejner (viz obr. 3.8) a zjistí, že se jedná o nesymetricky naložený kontejner. V tuto chvíli, než obsluha provede boční posuv tělesa závěsného rámu (střední rám a výsuvné nohy) s kontejnerem je portál bočního posuvu extrémně zatěžován.



Obr.

3.9 Schéma reakce portálu bočního posuvu

Postup výpočtu těchto reakcí (obr. 3.9) je stejný jako v případě symetricky naloženého kontejneru zvedaného v ose symetrie viz. předešlý výpočet. Hodnoty reakcí jsou uvedeny v tabulce (tab. 3.5).

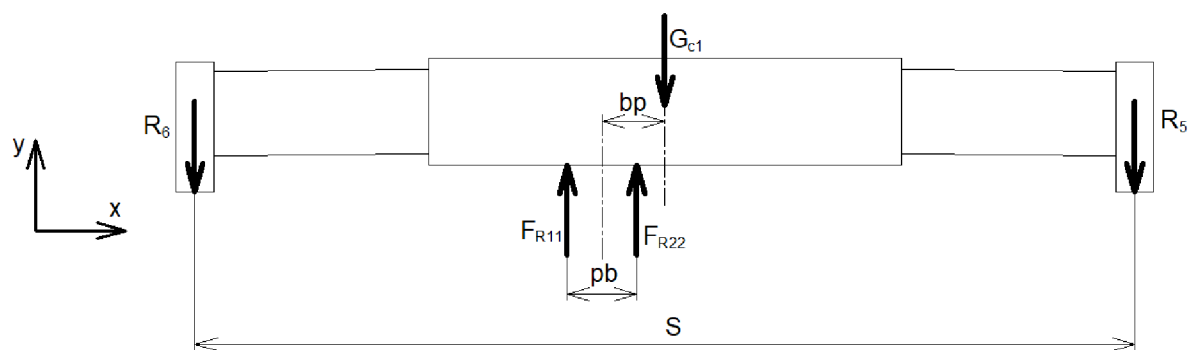
Tab. 3.5 Výsledné hodnoty reakcí

Reakce síly	Hodnota reakce [N]	Význam
F_{R1}	571 129,5	reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{R2}	-106 037,5	reakce v místě podpory portálu bočního posuvu

Z hodnot výsledků reakcí vidíme, že boční posuv středního rámu s výsuvnými nohama je důležitý pro přesunutí těžiště a nákladu blíže k těžišti závěsného rámu a tím docílili stabilizace a bezpečné manipulace s nesymetrickým kontejnerem. [11,12,15,16]

NESYMETRICKY ZATÍŽENÝ KONTEJNER, POSUNUTÝ O HODNOTU BOČNÍHO POSUVU

Když obsluha stroje provede potřebné posunutí tělesa závěsného rámu (střední nosník, výsuvné nohy) a kontejneru za pomoci bočního posuvu portálu bočního posuvu, může s kontejnerem dále bezpečně manipulovat.



Obr. 3.10 Schéma reakce portálu bočního posuvu

Postup výpočtu těchto reakcí (obr. 3.10) je stejný jako v případě symetricky naloženého kontejneru zvedaného v ose symetrie viz. předešlý výpočet. Hodnoty reakcí jsou uvedeny v tabulce (tab. 3.6).

Tab. 3.6 Výsledné hodnoty reakcí

Reakce síly	Hodnota reakce [N]	Význam
F_{R11}	348 961,9	reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{r22}	116 130,2	reakce v místě podpory portálu bočního posuvu

Tento případ zobrazuje správné zareagování obsluhy, která provedla boční posun celku závěsného rámu s kontejnerem pro následnou bezpečnou manipulaci s ním. Z výsledků můžeme vidět, že střední rám bezpečně dosedá na podpory – klzné elementy portálu bočního posuvu. [9,10]

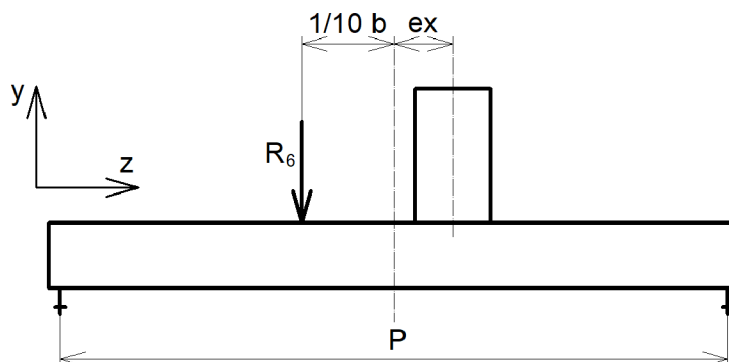
3.3 NÁVRHOVÝ VÝPOČET HLAVNÍCH KONSTRUKČNÍCH ČÁSTÍ

Výše jsme si určili hlavní rozsahové a konstituční rozměry závěsného rámu a také zatížení, jaké mohou v konstrukci vznikat. Dříve než začneme se samotným modelováním, určíme si minimální rozměry jednotlivých konstrukčních celků, a od těchto rozměrů budeme při samotném modelování konstrukce vycházet.

Při tomto návrhovém výpočtu budeme počítat s tím, že náš závěsný rám bude zatížen v tím nejhorším případě. Jedná se o případ, kdy je kontejner nesymetricky naložen a takto je zvedán. Mobilní překladač je stacionární a obsluha má toto nevyvážení napravit bočním posunem. [11,12,13,14]

3.3.1 MINIMÁLNÍ ROZMĚRY KONCOVÉHO NOSÍKU

Pro koncový nosník budeme volit nakupovaný válcovaný profil. Pro jeho volbu si stanovíme výpočtem minimální hodnotu kvadratického průřezu, a poté podle potřeby vybereme u výrobce nejbližší vyšší potřebný profil podle toho, jak nám to konstrukce během modelování dovolí.



Obr. 3.11 Schéma zatížení koncového nosníku

Nejdříve si stanovíme moment, který nám na koncový nosník působí od reakce zatěžující síly k místu přichycení k teleskopickému nosníku.

$$M_{okn} = R_6 \cdot \left(\frac{P}{10} + ex \right) [N \cdot mm], [9] \quad (20)$$

$$M_{okn} = 226611 \cdot \left(\frac{2438}{10} + 239 \right) = 10736291,8 N \cdot mm$$

Z dovoleného napětí v konstrukci si zjistíme minimální kvadratický průřez potřebného profilu.

$$\frac{M_{okn}}{W_{okn}} \leq \sigma_D [MPa], [7] \quad (21)$$

$$W_{okn} \geq \frac{M_{okn}}{\sigma_D} [mm^3], [7]$$

$$W_{okn} \geq \frac{107368291,8}{115} = 933637 mm^3$$

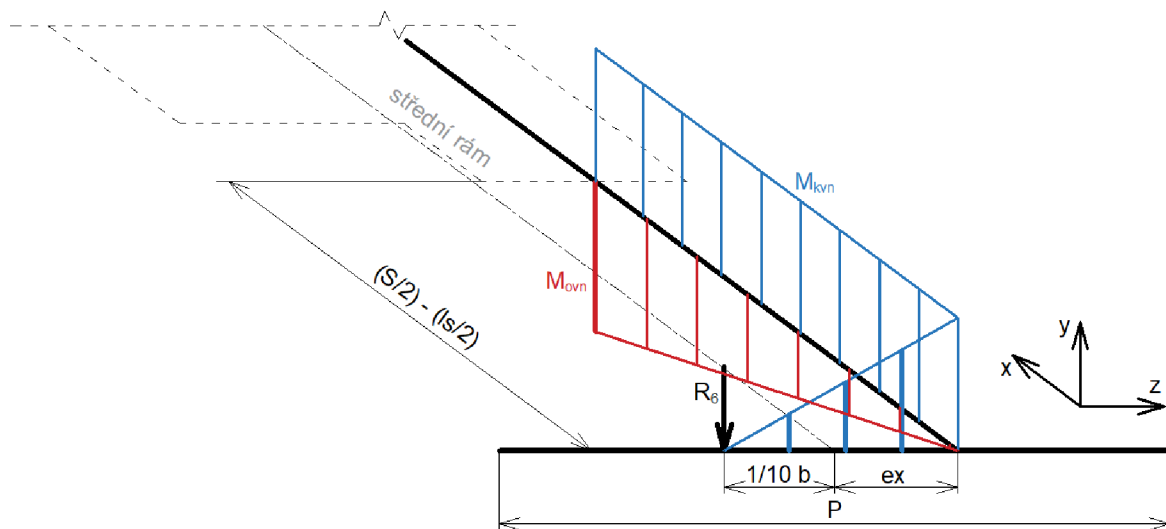
Kde: $M_{okn} = 107368291,8 N \cdot mm$ - moment působící na koncovém nosníku

$W_{okn} = 933637 mm^3$ - minimální kvadratický průřez profilu koncového nosníku

Výpočtem jsme si zjistili minimální kvadratický průřez potřebného nosníku. Z katalogu výrobce podle potřebných rozměrů si vybereme nosník, který bude mít kvadratický průřez v dané ose větší než náš vypočtený. [7,8,9,10]

3.3.2 MINIMÁLNÍ ROZMĚRY TELESKOPICKÉHO NOSNÍKU

Pro prvotní určení základních minimálních rozměrů konstrukce si určíme přibližný tvar a minimální rozměry výsuvného – teleskopického nosníku. Z těchto rozměrů poté budeme vycházet při samotném konstruování teleskopického nosníku. Nejdříve si určíme zatížení, které nám působí na teleskopický nosník. Protože je koncový nosník pevně spojen s teleskopickým nosníkem, zatížení se proto z koncového nosníku přenáší na teleskopický nosník, jak můžeme vidět na (obr.3.12). Napětí vznikající v teleskopickém nosníku budeme počítat pouze po místo kde teleskopický nosník přechází ve středový rám. V tomto místě se totiž napětí dále přenáší do středového rámu.



Obr. 3.12 Schéma průběhů momentů na výsuvném nosníku

Na teleskopickém nosníku vzniká ohybový moment od reakce R_6 . Kroučící moment na teleskopickém nosníku odpovídá ohybovému momentu na koncovém nosníku.

$$M_{kvn} = M_{okn} \quad [N \cdot mm] \quad (22)$$

$$M_{ovn} = R_6 \cdot \left(\frac{S}{2} - \frac{ls}{2} \right) \quad [N \cdot mm], [9] \quad (23)$$

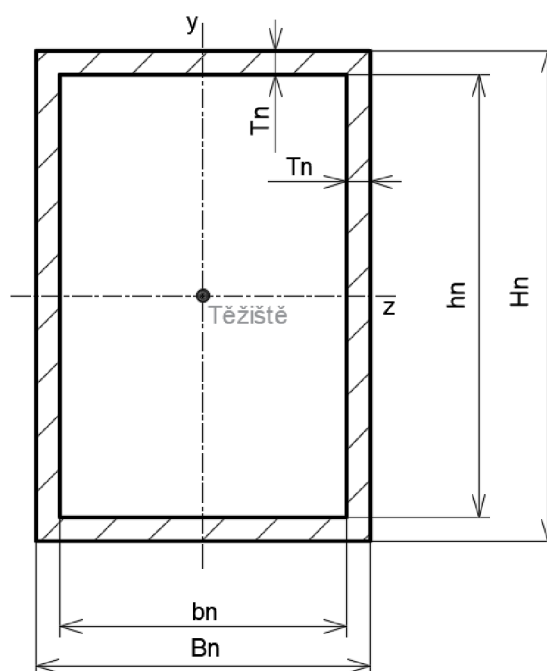
$$M_{ovn} = 226611 \cdot \left(\frac{11985}{2} - \frac{5800}{2} \right) = 700794517,5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kvůli kombinovanému namáhání – ohybu a krutu teleskopického nosníku si vypočteme redukované napětí se kterým budeme dále počítat.[15]

$$M_{RED} = \sqrt{M_{ovn}^2 + (\sqrt{3} \cdot M_{kvn})^2} \quad [N \cdot mm], [9] \quad (24)$$

$$M_{RED} = \sqrt{700794517,5^2 + (\sqrt{3} \cdot 107368291,8)^2} = 725049520 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Nyní si zvolíme rozměry (tab. 3.7) průřezu teleskopického nosníku (obr. 3.13), ze kterých budeme při konstruování vycházet. Zjednodušeně si vypočteme kvadratický průřez a ověříme dovolené napětí.



Obr. 3.13 Řez teleskopickým nosníkem

Tab. 3.7 Tabulka zvolených rozměrů

H_n [mm]	h_n [mm]	B_n [mm]	b_n [mm]	T_n [mm]
600	560	400	360	20

Ze zvolených rozměrů (tab. 3.7) si vypočteme kvadratický moment a poté modul průřezu v ohybu.

$$J_{zT} = \frac{B_n \cdot H_n^3}{12} - \frac{b_n \cdot h_n^3}{12} \quad [\text{mm}^4], [9] \quad (25)$$

$$J_{zT} = \frac{400 \cdot 600^3}{12} - \frac{360 \cdot 560^3}{12} = 1931520000 \text{ mm}^4$$

$$W_{zT} = \frac{J_{zT}}{\frac{H_n}{2}} \quad [\text{mm}^3], [9] \quad (26)$$

$$W_{zT} = \frac{1931520000}{\frac{600}{2}} = 6438400 \text{ mm}^3$$

Vypočteme si ohybové napětí, které porovnáme vůči maximálnímu dovolenému napětí materiálu.

$$\sigma_{ovn} = \frac{M_{RED}}{W_{zt}} \quad [MPa], [9] \quad (27)$$

$$\sigma_{ovn} = \frac{725049520}{6438400} = 112,6 \text{ MPa}$$

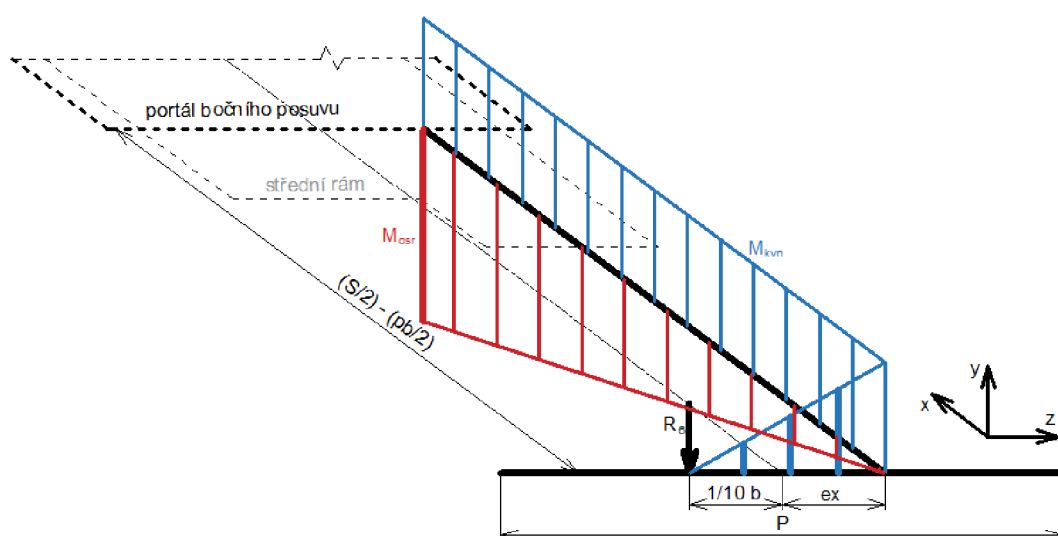
- Kde: $M_{kvn} = 107368291,5 \text{ N}\cdot\text{mm}$ - kroutící moment působící na teleskopickém nosníku
 $M_{ovn} = 700794517,5 \text{ N}\cdot\text{mm}$ - ohybový moment působící na teleskopickém nosníku
 $M_{RED} = 725049520 \text{ N}\cdot\text{mm}$ - redukovaný moment působící na teleskopickém nosníku
 $b_n = 360 \text{ mm}$ - vnitřní šířka profilu průřezu teleskopického nosníku
 $B_n = 400 \text{ mm}$ - vnější šířka profilu průřezu teleskopického nosníku
 $h_n = 560 \text{ mm}$ - vnitřní výška profilu průřezu teleskopického nosníku
 $H_n = 600 \text{ mm}$ - vnější výška profilu průřezu teleskopického nosníku
 $T_n = 20 \text{ mm}$ - tloušťka stěny profilu průřezu teleskopického nosníku
 $J_{zT} = 1931520000 \text{ mm}^4$ - kvadratický moment plochy řezu teleskopického nosníku
 $W_{zT} = 6438400 \text{ mm}^3$ - průřezový modul plochy řezu teleskopického nosníku
 $\sigma_{ovn} = 112,6 \text{ MPa}$ - ohybové napětí teleskopického nosníku

Ohybové napětí vyšlo s bezpečností větší než 3. [7,8,9,10]

3.3.3 MINIMÁLNÍ ROZMĚRY STŘEDOVÉHO RÁMU

Středový rám je konstrukčně řešen jako skříňový nosník, do kterého se zasouvají teleskopické nosníky. Při volbě rozměrů musíme vycházet z již zvolených rozměrů teleskopického nosníku zvětšených o přítomnost uvažovaných kluzných ploch, tedy mosazných plochých tyčí vůči taženým ocelovým tyčím. Jelikož rozměry skříňového nosníku středového rámu jsou vyplývají již ze zvolených rozměrů teleskopického nosníku, výpočtem jen ověříme, že středový rám zatížení vznikající v konstrukci vydrží.

Nejdříve si určíme zatížení na středový rám. Reakce zatížení teleskopického nosníku jsou přeneseny na středový rám v místě, kde teleskopický nosník přechází ve středový nosník viz. (obr. 3.5.). Na středový rám působí ohybový moment od reakce síly R_6 a kroutící moment. Uvažujeme, že momenty, které nám na konstrukci působí jsou přenášeny do místa, kde středový rám je podepřen portálem bočního posuvu.



Obr. 3.14 Zatížení středového rámu

Výpočtem zjistíme ohybový moment působící na střední rám.

$$M_{OSR} = R_6 \cdot \left(\frac{S}{2} - \frac{pb}{2} \right) \quad [N \cdot mm], [9] \quad (28)$$

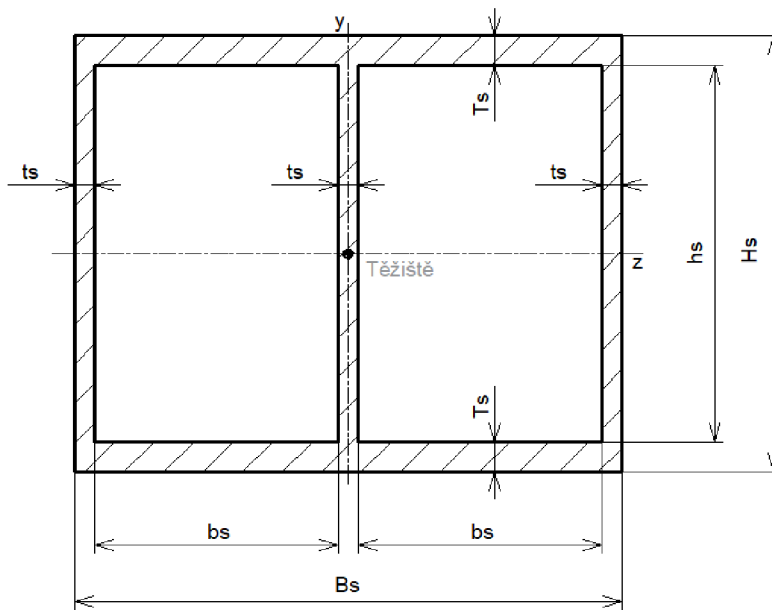
$$M_{OSR} = 226611 \cdot \left(\frac{11985}{2} - \frac{1360}{2} \right) = 1203870938 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Ohybový a krutící moment působící na střední rám přepočteme na redukovaný moment.

$$M_{REDST} = \sqrt{M_{OSR}^2 + (\sqrt{3} \cdot M_{kvn})^2} \quad [N \cdot mm], [9] \quad (29)$$

$$M_{REDST} = \sqrt{1203870938^2 + (\sqrt{3} \cdot 107368291,5)^2} = 1218149862 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Pro výpočet kvadratické plochy průřezu středového rámu (obr. 3.15) si zvolíme potřebné rozměry (tab. 3.8).



Obr. 3.15 Řez středovým rámem

Tab. 3.8 Tabulka zvolených rozměrů středového rámu

H_s [mm]	h_s [mm]	B_s [mm]	b_s [mm]	T_s [mm]	t_s [mm]
700	660	956	460	20	12

Vypočteme si kvadratický moment a modul průřezu v ohybu středního rámu ze zvolených rozměrů (tab. 3.8).

$$J_{zsr} = \frac{B_s \cdot H_s^3}{12} - 2 \cdot \frac{b_s \cdot h_s^3}{12} \quad [mm^4][9] \quad (30)$$

$$J_{zsr} = \frac{956 \cdot 700^3}{12} - 2 \cdot \frac{460 \cdot 660^3}{12} = 5284306667 \text{ mm}^4$$

$$W_{zsr} = \frac{J_{zsr}}{\frac{H_s}{2}} \quad [mm^3], [9] \quad (31)$$

$$W_{zsr} = \frac{5284306667}{\frac{700}{2}} = 15098019 \text{ mm}^3$$

Z vypočtených hodnot si dále vypočteme ohybové napětí středového nosníku

$$\sigma_{OSr} = \frac{M_{REDsr}}{W_{zsr}} \quad [MPa], [9] \quad (32)$$

$$\sigma_{osr} = \frac{1218149862}{15098019} = 80,7 \text{ MPa}$$

Kde:

$M_{kvn} = 107368291,5 \text{ N}\cdot\text{mm}$	- kroutící moment působící na teleskopickém nosníku
$M_{osr} = 1203870938 \text{ N}\cdot\text{mm}$	- ohybový moment působící na středový rám
$M_{REDsr} = 1218149862 \text{ N}\cdot\text{mm}$	- redukovaný moment působící na středový rám
$b_s = 460 \text{ mm}$	- vnitřní šířka otvoru pro výsuvný nosník
$B_s = 956 \text{ mm}$	- vnější šířka skříňového nosníku středového rámu
$h_s = 660 \text{ mm}$	- vnitřní výška otvoru pro výsuvný nosník
$H_s = 700 \text{ mm}$	- vnější výška skříňového nosníku středového rámu
$T_s = 20 \text{ mm}$	- tloušťka vodorovných pásnic skříňového nosníku
$t_s = 12 \text{ mm}$	- tloušťka svislých pásnic skříňového nosníku
$J_{zsr} = 5284306667 \text{ mm}^4$	- kvadratický moment plochy řezu středového rámu
$W_{zsr} = 15098019 \text{ mm}^3$	- průřezový modul plochy řezu středového rámu
$\sigma_{osr} = 80,7 \text{ MPa}$	- ohybové napětí středového rámu

Ohybové napětí středového rámu je menší než maximální dovolené napětí materiálu. [7,8,9,10]

3.4 NAVRŽENÍ HYDRAULICKÝCH KOMPONENTŮ

Závěsný rám bude ovládán hydraulickými prvky, které budou připojeny na hydraulickou soustavu mobilního překladače a jejich ovládní bude probíhat z kabiny mobilního překladače. Specifikace mobilního překladače je byla uvedeny v kapitole 2. kde je uvedena i provozní tlak hydraulické soustavy. Na zařízení použijeme přímočarých hydromotorů a rotačních hydromotorů. [9,27,28]

POUŽITÍ PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ:

- Ovládní otočných zámků, potřebný zdvih hydromotoru
- Vysouvání teleskopického nosníku, potřebný zdvih hydromotoru = 3068,5 mm
- Boční posuv závěsného rámu, potřebný zdvih hydromotoru = 1600 mm

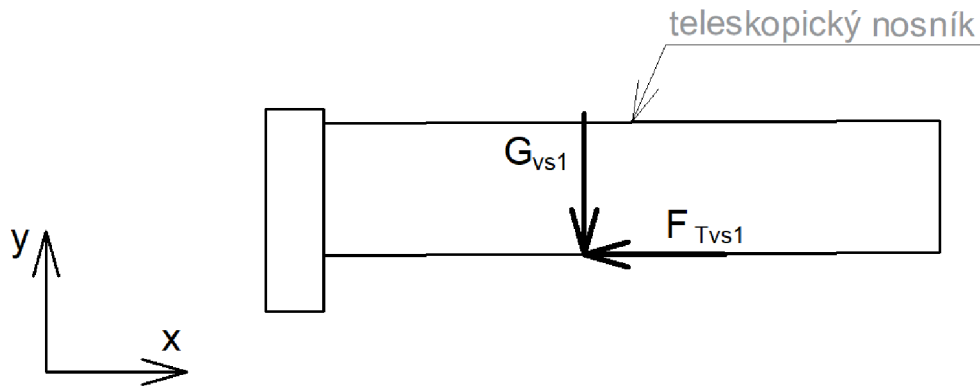
POUŽITÍ ROTAČNÍCH HYDROMOTORŮ:

- Otáčení závěsného rámu +60° až -195°

VÝPOČET PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ PRO VYSOUVÁNÍ TELESKOPICKÉHO NOSNÍKU

Hydraulické válce budou vyrobeny na přesnou míru s nastavitelným okem u pístní tyče a pevným okem na straně dna hydraulického válce. Tedy vysunutí teleskopického nosníku na přesný rozměr kontejneru bude zajišťovat vysunutí hydraulického válce na maximum, nebo minimum. Hydraulický válec bude opatřen tlumením při dojíždění do krajních poloh a hydraulickým zámkem umístěným přímo na hydraulickém válci. Protože potřebný zdvih

hydraulického válce je velký, podle doporučení výrobce musíme ověřit hydraulický válec na vzpěr. Pístní tyč volíme z materiálu 20MnV6. Tento materiál má mez kluzu udávanou výrobcem $R_{mpt} = 500 \text{ MPa}$. Nejprve si z tíhové síly vypočteme třecí sílu teleskopického nosníku, kterou musí hydraulický válec překonat. Schéma můžeme vidět na (obr. 3.16).



Obr. 3.16 Schéma teleskopického nosníku

$$G_{vs1} = m_{ovn} \cdot g \quad [N], [9] \quad (33)$$

$$G_{vs1} = 2300 \cdot 9,81 = 22563 \text{ N}$$

$$F_{Tvs1} = G_{vs1} \cdot f_{mM} \quad [N], [9] \quad (34)$$

$$F_{Tvs1} = 22563 \cdot 0,19 = 4287 \text{ N}$$

Kde: $G_{vs1} = 22563 \text{ N}$ - tíhová síla teleskopickém nosníku
 $F_{Tvs1} = 4287 \text{ N}$ - třecí síla výsuvného nosníku
 $f_{mM} = 0,19$ - koeficient tření pro mastný povrch viz tab. 3.1

Zjistili jsme, že síla, kterou bude muset hydraulický válec vyvinout musí být větší než třecí síla výsuvného nosníku. Podle způsobu upevnění hydraulického válce volíme redukovanou délku $l_{redt} = 6444 \text{ mm}$. V redukované délce je zohledněna výška ok hydraulického válce. Výpočet na vzpěr pístní tyče budeme počítat v oblasti pružného vzpěru podle Eulera. Z tohoto vztahu si vypočítáme průměr pístní tyče a ověříme že jsme použili výpočet podle Eulera.

$$\sigma_{krt} = \frac{F_{krt}}{S_{ptt}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{ptt}}{l_{redt}^2 \cdot S_{ptt}} \quad [MPa], [9] \quad (35)$$

$$F_{krt} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d_{ptt}^4}{64}}{l_{redt}^2} = F_{Tvs1} \cdot 3,5$$

$$d_{ptt} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_{Tvs1} \cdot 3,5 \cdot l_{redt}^2}{\pi^3 \cdot E}}$$

$$d_{ptt} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 4287 \cdot 3,5 \cdot 6444^2}{\pi^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 49,75 \text{ mm}$$

Kde: $d_{ptt} = 49,75 \text{ mm}$ - průměr pístní tyče
 $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ - Youngův modul pružnosti

Pístní tyč volím $d_{ptt} = 50 \text{ mm}$. Nyní zkontroluji správné použití výpočtu.

$$\lambda_{ptt} = l_{redt} \cdot \sqrt{\frac{S_{ptt}}{J_{ptt}}} = l_{redt} \cdot \frac{4}{d} \quad [-], [9] \quad (36)$$

$$\lambda_{ptt} = l_{redt} \cdot \frac{4}{50} = 491$$

Kde: $\lambda_{pt} = 491$ - štíhlost pístní tyče

Protože $\lambda_{pt} = 491 > 100$ výpočet jsme provedli správně v oblasti pružného vzpěru podle Eulera. Podle katalogu výrobce hydraulických válců volím průměr pístní tyče 50 mm, průměr pístu 90 mm. Označení hydraulického válce: ZH2-90/50x3377-R. Nyní si spočítám vysouvací a zasouvací sílu hydraulického válce.

$$F_{Vvn} = P_z \cdot S_{VPvn} = P_z \cdot \frac{\pi \cdot D_{VPvn}^2}{4} \quad [N], [9] \quad (37)$$

$$F_{Vvn} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 90^2}{4} = 101787,6 \text{ N}$$

$$F_{Zvn} = P_z \cdot S_{VTvn} = P_z \cdot \frac{\pi \cdot (D_{VPvn}^2 - d_{ptt}^2)}{4} \quad [N], [9] \quad (38)$$

$$F_{Zvn} = 16 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (90^2 - 50^2)}{4} \right) = 70371,7 \text{ N}$$

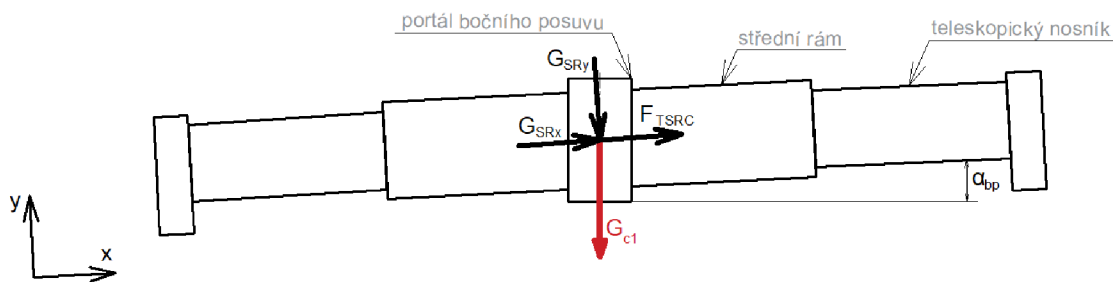
Kde: $F_{Vvn} = 101787,6 \text{ N}$ - síla vysouvání hydraulického válce
 $d_{ptt} = 50 \text{ mm}$ - průměr pístní tyče
 $D_{VPvn} = 90 \text{ mm}$ - průměr pístu

$$F_{Zvm} = 70371,7 \text{ N} \quad - \text{ síla zasouvání hydraulického válce}$$

Vysouvací síla hydraulického válce je 102 kN a zasouvací síla hydraulického válce je 70 kN. [7,8,9,27,28]

VÝPOČET PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ PRO BOČNÍ POSUN ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Tyto hydraulické válce budou vyrobeny na přesný rozměr, kdy bude na straně pístní tyče nastavitelné oko a na straně dna pláště hydraulického válce oko pevné. Boční posuv bude probíhat v rozmezí $\pm 800 \text{ m}$ (zdvih 1600 mm), kdy na závěsném rámu budou umístěny protilehlé dva přímočaré hydromotory ($k_{bp} = 2$), které budou spolu zároveň zajišťovat tento boční posuv. Hydraulické válce budou opatřeny taktéž tlumením při dojíždění do krajních poloh a hydraulickými zámky umístěnými přímo na hydraulických válcích. Protože potřebný zdvih hydraulického válce je velký, podle doporučení výrobce musíme ověřit hydraulický válec na vzpěr. Pístní tyč volíme z materiálu 20MnV6. Výpočet provedeme pro případ, kdy je závěsný rám v portálu bočního posuvu nakloněn a obsluha provede boční posuv. Nesymetricky naložený kontejner je zvedán portálem bočního posuvu a střední rám se v portálu nakloní (viz obr. 3.17).



Obr. 3.17 Schéma naklonění závěsného rámu

To znamená že střední rám je opřen o kluzné prvky jedné konzoly portálu bočního posuvu a o protilehlé opěrné prvky. Tato vůle je zvolena na 35 mm. Při zadaných rozměrech portálu bočního posuvu a středního rámu vychází, že se střední rám může v portálu bočního posuvu naklánět o $\alpha_{bp} = 1,5^\circ$ což odpovídá nerovnosti překladiště. Vypočteme si třecí sílu středního rámu s výsuvnými nosníky.

$$G_{SRY} = G_{c1} \cdot \cos(\alpha_{bp}) \quad [N], [9] \quad (39)$$

$$G_{SRY} = 87407,1 \cdot \cos(1,5^\circ) = 87377 \text{ N}$$

$$G_{SRx} = G_{c1} \cdot \sin(\alpha_{bp}) \quad [N], [9] \quad (40)$$

$$G_{SRx} = 87407,1 \cdot \sin(1,5^\circ) = 2288 \text{ N}$$

Vypočítala se reakce, která působí v nakloněném závěsném rámu, nyní se určí síla, která bude působit na hydraulické válce. Tato síla se skládá ze třecí síly a složky reakce středního rámu.

$$F_{TSRC} = G_{SRY} \cdot f_{mM} + G_{SRx} \quad [N], [9] \quad (41)$$

$$F_{TSRC} = 87377 \cdot 0,19 + 2288 = 18889,6 \text{ N}$$

$$F_{TSR1} = \frac{F_{TSRC}}{k_{bp}} = \frac{18889,6}{2} = 9444,8 \text{ N} \quad (42)$$

Kde: $G_{SRY} = 87377 \text{ N}$ - tíhová síla středního rámu s výsuvnými nosníky ve směru osy y
 $G_{SRx} = 2288 \text{ N}$ - tíhová síla středního rámu s výsuvnými nosníky ve směru osy x
 $F_{TSRC} = 18889,6 \text{ N}$ - celková třecí síla výsuvného nosníku
 $F_{TSR1} = 9444,8 \text{ N}$ - síla působící na jeden hydraulický válec
 $k_{bp} = 2$ - počet válců bočního posuvu

Zjistili jsme, jakou sílu musí překonat jeden hydraulický válec. Dále si určíme redukovanou délku hydraulického válce $l_{redb} = 3200 \text{ mm}$. Pro tyto hodnoty si vypočítáme a určíme průměr pístní tyče. Postup výpočtu průměru pístní tyče je stejný jako v předchozí kapitole.

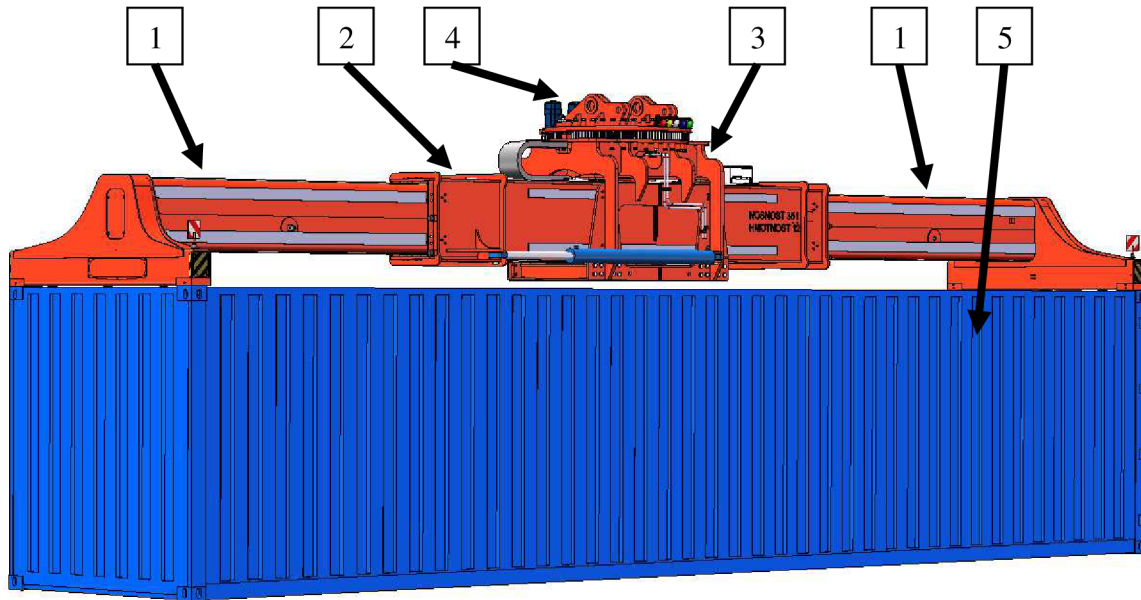
Vypočítali jsme, že průměr pístní tyče hydraulických válců bočního posuvu závěsného rámu je 44,7 mm, volím podle katalogu výrobce průměr pístní tyče 50 mm. Průměr pístu hydraulického válce volím 90 mm. Označení hydraulického válce: ZH2-90/50x1910-K. Síla vysouvání a zasouvání hydraulického válce je stejná jako v kapitole 3.4.1. [7,8,9,27,28]

VOLBA PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ OVLÁDÁNÍ OTOČNÝCH ZÁMKŮ

Hydraulický válec je uchycen uvnitř koncového nosníku. Dno pláště hydraulického válce je zakončeno okem a konec pístní tyče je zakončen závitem, na kterém je našroubovaná hlava a zajištěna maticí. Hlava je spojena s táhlem, které spojuje oba otočné zámky. Šroubovým spojením hlavy a pístní tyče je umožněno při montáži přesného nastavení polohy otočných zámků, kdy táhlo je s otočnými zámky také šroubově spojeno pro přesné nastavení. Hydraulický válec je vybaven tlumením v krajních polohách a hydraulickým zámkem. Bude vyroben na přesný rozměr zdvihu a je volen podle zvyklosti firmy Prestar. Označení hydraulického válce: ZH1-32/20x80-K s pístní tyčí zakončenou vnějším závitem M18x1,5.[27,28]

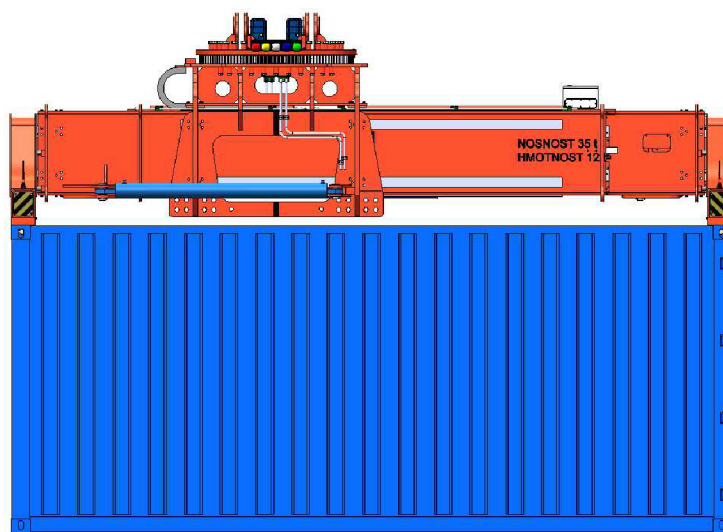
4. NÁVRH KONSTRUKCE ZÁVĚSNÉHO RÁMU

Nyní se bude zabývat návrhem samotné konstrukce závěsného rámu. Závěsný rám je navržen pro manipulaci se dvěma velikostmi kontejnerů, 20' a 40', proto se jeho konstrukce skládá ze 4 hlavních konstrukčních celků (obr. 4.1). Postupně se projdou jednotlivé celky a popíše jejich funkčnost a konstrukce.



Obr. 4.1 Závěsný rám připojen ke kontejneru: 1 - teleskopický nosník; 2 - střední rám; 3 - portál bočního posuvu; 4 - závěs; 5 - kontejner velikosti 40'

Při návrhu samotné konstrukce se musí brát na vědomí všechny vstupní parametry, které jsme si určili v kapitole 2. Velký důraz budeme klást na návrh polohovacího (obr. 4.2), otáčecího a naklápacího mechanismu. Tyto mechanismy dovolí provádět všechny ložné operace s kontejnery. Díky návrhovým výpočtům minimálních rozměrů, které jsme si vypočetli v kapitole 3.3 máme vstupní parametry pro navržení minimálních rozměrů konstrukce. Tyto návrhové výpočty ulehčí a urychlí volbu a návrh hlavních nosných částí. Při navrhování konstrukce se musí dbát na to, aby všechny celky byly smontovatelné a funkční. [9,11,25,26]

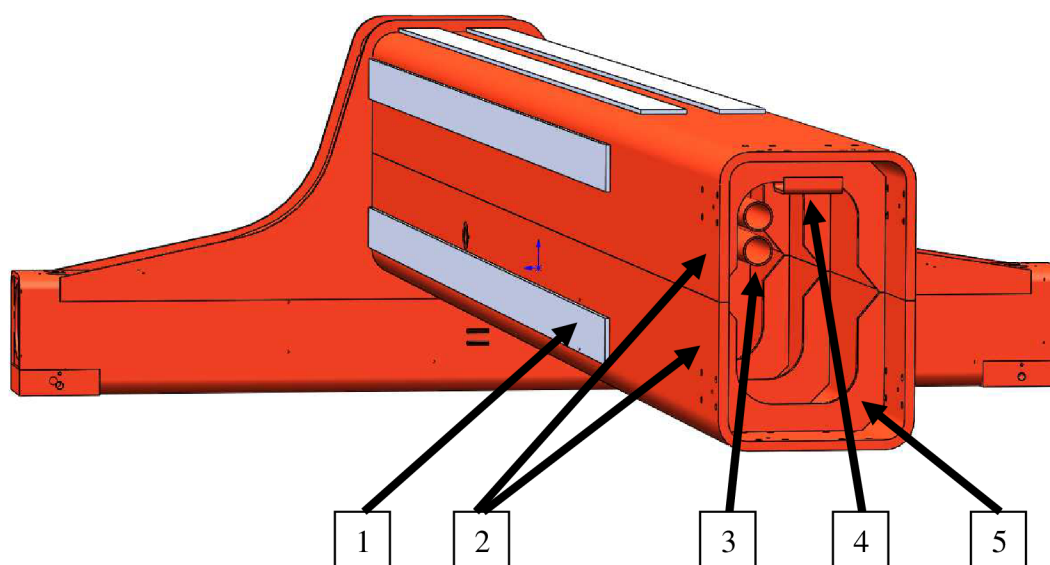


Obr. 4.2 Polohování kontejneru velikosti 20' závěsným rámem

4.1 TELESKOPICKÝ NOSNÍK

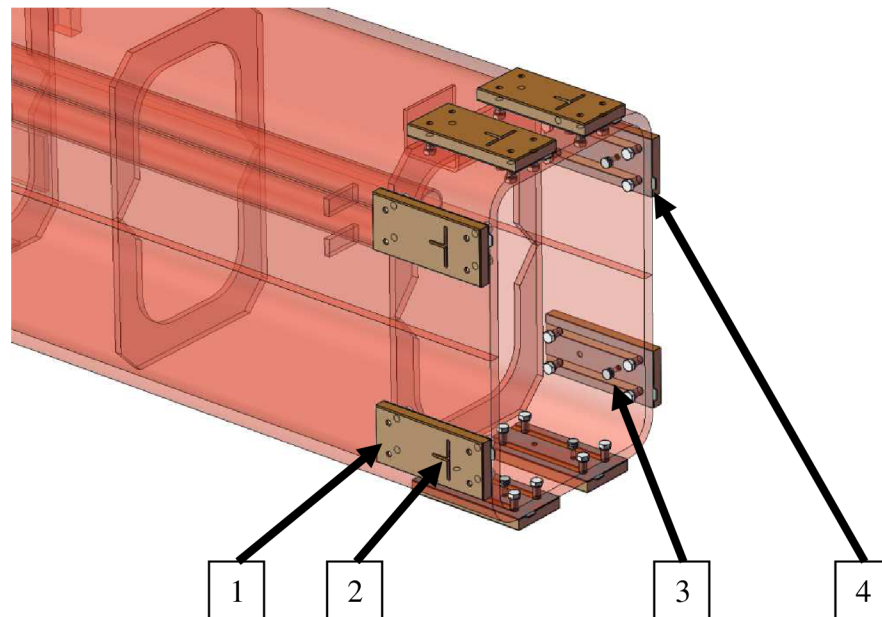
Teleskopický nosník je uvažován jako svařenec výsuvného nosníku a koncového nosníku. Tento konstrukční celek se zasouvá díky kluzným členům do středového rámu. Pohyb je zajišťován hydraulickým válcem uchyceným ve středním rámu a teleskopickém nosníku. Oba teleskopické nosníky se vysouvají vůči střednímu rámu symetricky (obr. 4.1). Hodnota vysunutí odpovídá hodnotě, o kterou je 40' kontejner větší než 20'.

Výsuvný nosník se skládá ze dvou stejných profilů tvaru U. Profily jsou ohnuté plechy tloušťky 20 mm k sobě podélně svařeny. Profily U jsou vyztuženy žebry, která jsou rozmístěna po celé délce profilu. S přihlédnutím na vznikající napětí ve výsuvném nosníku je jejich počet a rozmístění pevně dán. Na konci tohoto nosníku je umístěn plech pro přichycení energetického řetězu pro vedení hydraulických hadic a kabelů k čidlům (obr. 4.3). Tyto hadice a kabely poté budou vedeny trubkami přes celou délku výsuvného nosníku.



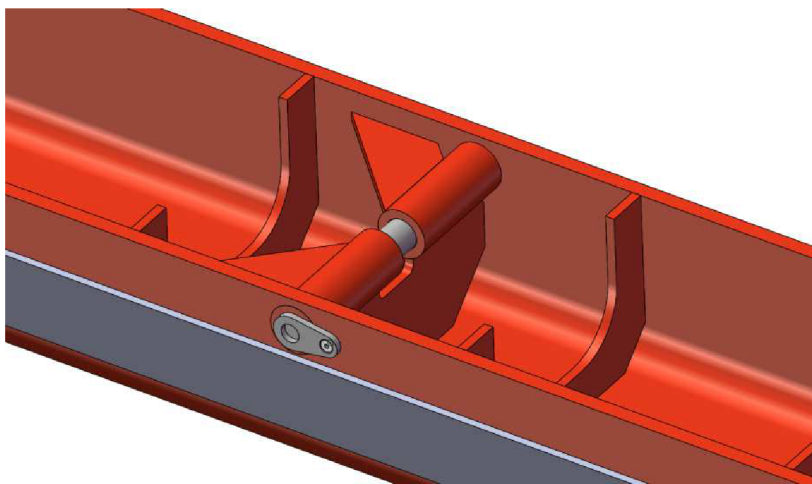
Obr. 4.3 Svařenec výsuvného nosníku: 1 - tažené tyče; 2 - profil tvaru U; 3 - trubky; 4 - plech pro energetický řetěz; 5 - žebra profilů

Na obvodu výsuvného nosníku jsou přerušovaně přivařeny ploché tažené tyče, které přichází do interakce s kluznými prvky z materiálu Ms58, které jsou součástí středového rámu. Na konci výsuvného nosníku jsou kluzné elementy z materiálu Ms58 šroubovým spojením spojeny s koncovým nosníkem. V tomto spoji jsou mezi profil koncového nosníku a kluzný element vloženy vymezovací plechy. Tyto vymezovací plechy budou vyrobeny v sadách v tloušťkách 1, 2 a 3 mm pro vymezení vůlí při montáži a později k servisním zásahům k vymezení vůlí vzniklým opotřebením při používání, kdy je předpokládáno opotřebením kluzných elementů (obr. 4.4).



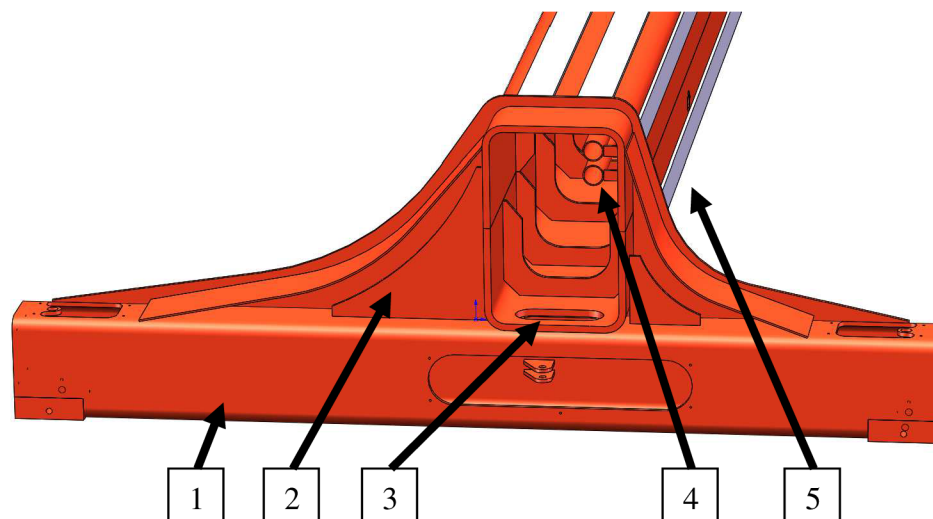
Obr. 4.4 Kluzná část nosníku: 1 - kluzný prvek; 2 - mazací drážka; 3- plochá maznice; 4 - vymežovací plech

V kluzných elementech jsou drážky pro mazání. Mazání bude prováděno díky ploché maznici umístěné uvnitř výsuvného nosníku a otvorem v profilu, vymežovacích plechách a kluzným elementem bude přiváděno mazivo. V potřebné délce od konce výsuvného nosníku je umístěno uchycení hydraulického válce pro vysunutí nosníku (obr. 4.5). Na tomto čepu je velký náběh pro snadnou montáž zařízení a čep je zajištěn proti vysunutí a pootočení šroubem.



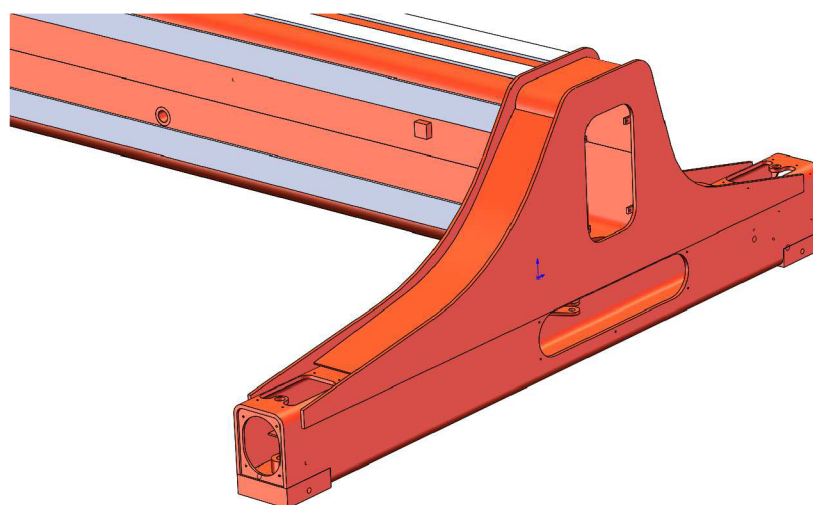
Obr. 4.5 Uložení čepu pro uchycení hydraulického válce

V přední části výsuvný nosník přechází v koncový nosník. V tomto přechodu je uvažováno s otvorem pro vedení hydraulických hadic a kabelů. Koncový nosník je řešen jako jelek o rozměrech 250x250x8. Koncový nosník je přivařen k výsuvnému nosníku. Toto spojení je zesíleno 2 velkými žebry, které jsou ještě zesíleny 2 menšími žebry (obr. 4.6). Tyto žebra jsou tvarována tak, aby napětí v konstrukci bylo rovnoměrně přeneseno na výsuvný nosník.



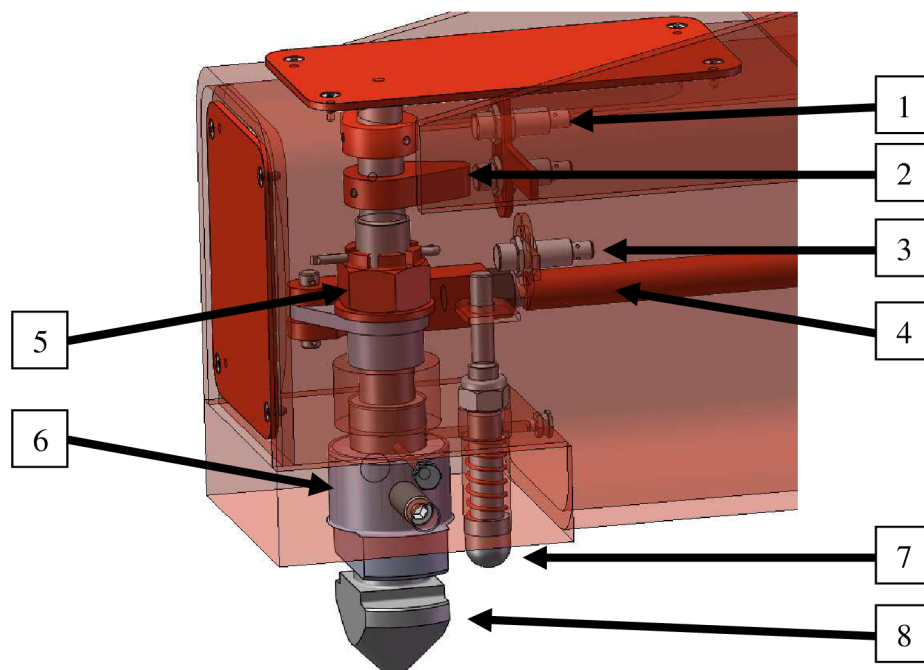
Obr. 4.6 Svarek koncového a výsuvného nosníku: 1 - koncový nosník; 2 - žebrování; 3- manipulační otvor; 4 - trubky pro vedení hydrauliky a elektřiny; 5 - výsuvný nosník

Na koncovém nosníku jsou vytvořeny a rozmístěny manipulační otvory pro montáž a pozdější servis. Tyto otvory jsou uzpůsobeny pro dostatečný a pohodlný dosah obsluhy na jednotlivé komponenty. Tyto manipulační otvory (obr. 4.7) jsou opatřeny šroubovanými víčky.



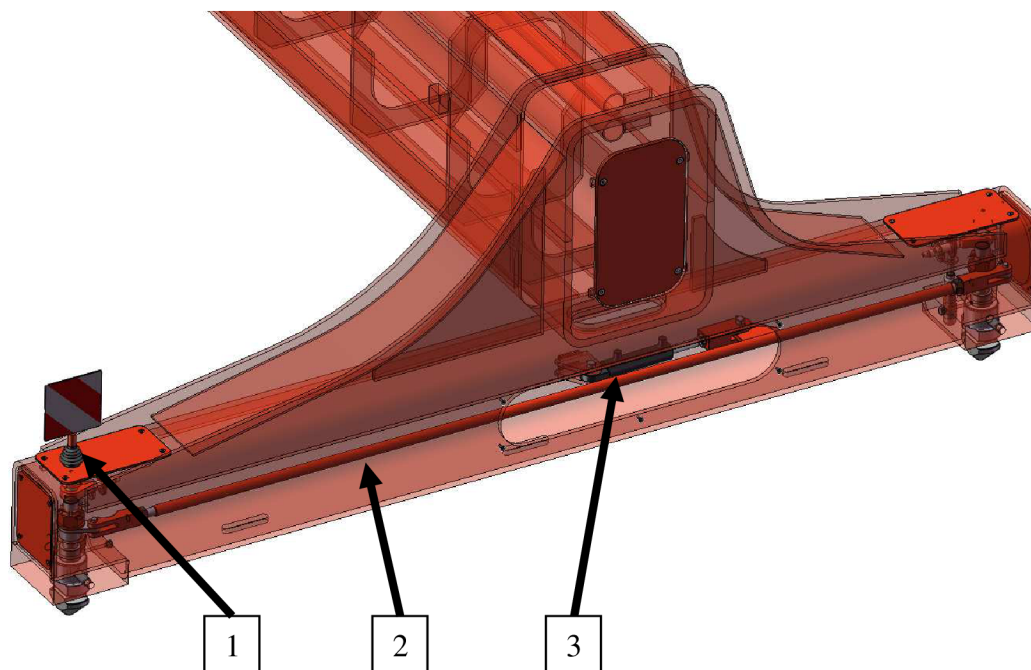
Obr. 4.7 Manipulační otvory teleskopického nosníku

Na každém konci koncového nosníku je umístěna kulisa se špicí otočného zámku (obr. 4.8). Špice je otočně uložena v kulise, která je mazána a mazací otvory jsou vyvedeny jak vně bloku pro manuální mazání obsluhou, tak je vyveden i dovnitř koncového nosníku pro možnost aplikace centrálního mazání. Špice je zajištěna korunovou maticí se závlačkou. Na každé špici jsou umístěny clony, které zakrývají indukční čidla a signalizují připojení nebo odpojení kontejneru k závěsnému rámu. U každého otočného zámku je umístěno táhlo, které při správném dosednutí otočného zámku na rohový prvek zakryje čidlo a značí správné dosednutí na kontejner. Toto táhlo je umístěno v každém rohovém prvku.



Obr. 4.8 Otočný zámek: 1 - čidlo ot. zámku; 2 - clona; 3- čidlo dosednutí; 4 - táhlo ovládání ot. zámků; 5 - zajištění špice; 6 - kulisa; 7 - táhlo dosednutí; 8 - špice

Oba otočné zámky umístěné na koncovém nosníku jsou spojeny táhlem (obr. 4.9), které je ovládáno hydraulickým válcem uchyceným ke koncovému nosníku. Na rohovém prvku umístěném nejbližší mobilnímu překladači je na špici šroubem přichycen sloupek s odrazkami, který uvidí obsluha z kabiny stroje. Sloupek s odrazkami zde slouží jako bezpečnostní prvek při selhání indukčních snímačů.[26]

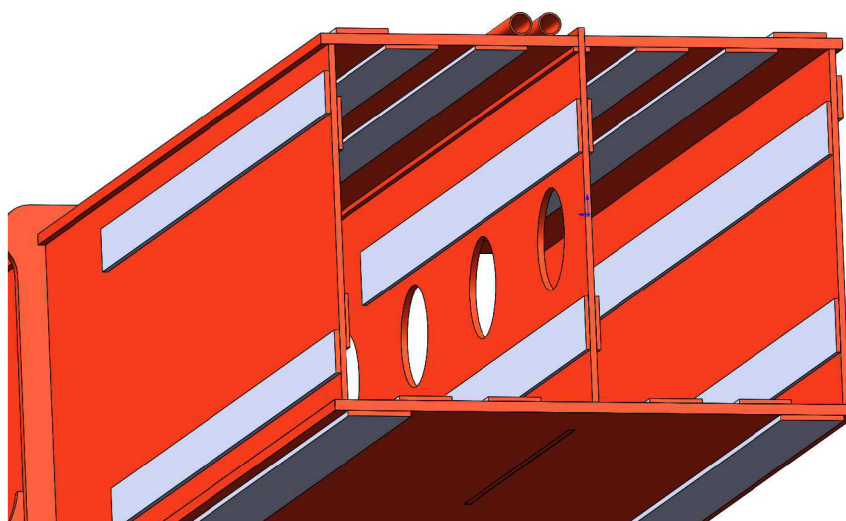


Obr. 4.9 Sestava koncového nosníku: 1 - sloupek s odrazkami; 2 - táhlo ovládání ot. zámků; 3- hydraulický válec ovládání ot. zámků

4.2 STŘEDNÍ RÁM

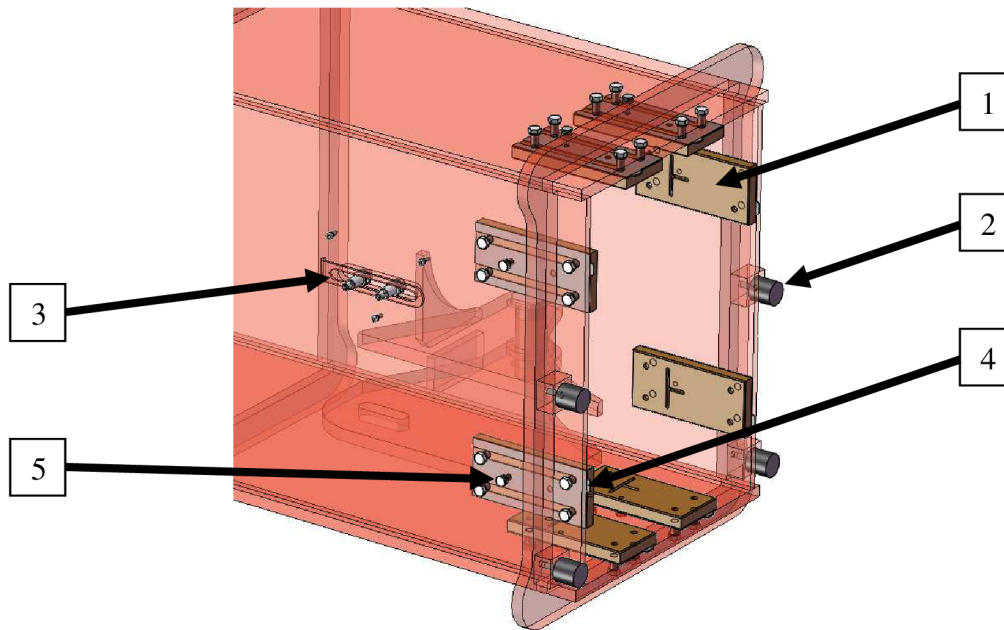
Střední rám je řešen jako skříňový nosník, do kterého se zasouvá z každé strany jeden teleskopický nosník, tedy je symetrický. Střední rám je dále posuvně uložen v portálu bočního posuvu.

Střední rám je řešen jako skříňový nosník, kde tvar pásnic a bočnic skříňového nosníku je navržen tak, aby byly bezpečně svařeny a všechny svary byli realizovatelné (obr. 4.10). Pro střední bočnici jsou ve spodní pásnici vytvořeny zámky pro ustavení do přesné polohu a následné svaření. Tato střední bočnice je odlehčena dírami a je vyšší než obě krajní bočnice, aby bylo možné střední bočnici svařit s horní pásnicí, která se skládá ze dvou dílů.



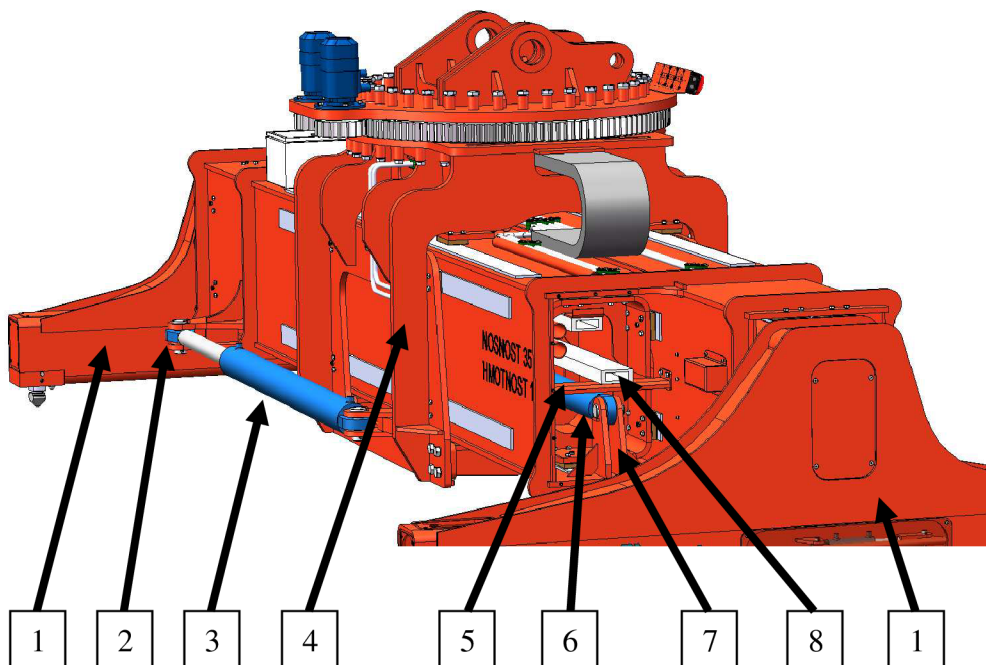
Obr. 4.10 Průřez středním rámem

Na vnějším obvodu středního rámu jsou umístěny ploché tažené tyče, které přijdou do styku s kluznými prvky portálu bočního posuvu. Ve vzniklém otvoru středního rámu, do kterého se zasouvá teleskopický nosník, je v místech, kde budou situovány kluzné prvky teleskopického nosníku přivařeny tažené ploché tyče a na vstupu jsou kluzné prvky šroubově uchyceny k střednímu rámu (obr. 4.11). Ty jsou dle potřeby podloženy vymezovacími plechy a realizováno mazání kluzných elementů obdobně, jako u výsuvného nosníku. Dále jsou na vstupu uchyceny nastavitelné gumové dorazy a vytvořeny otvory pro uchycení čidel.



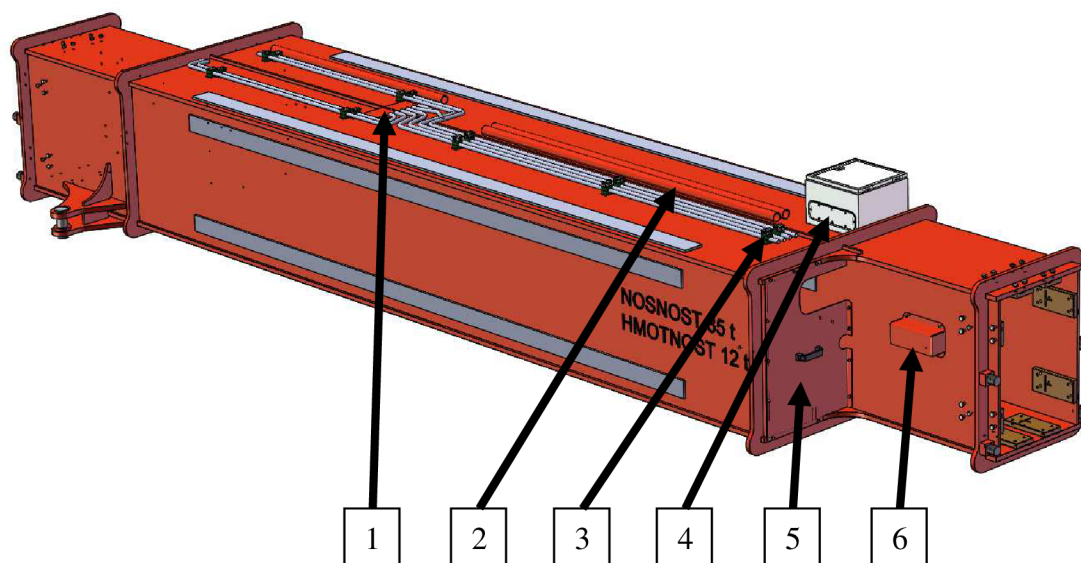
Obr. 4.11 Vstup středního rámu: 1 - kluzný prvek; 2 - gumový doraz; 3 - čidla polohy teleskopického nosníku; 4 - vymežovací plechy; 5 - plochá mazací hlava

Z boční vnější strany středního rámu je uchycení hydraulického válce bočního posuvu. Na konci vzniklého otvoru středního rámu je uchycení hydraulického válce vysouvání teleskopického nosníku. Nad uchycením hydraulického válce je šroubově uchycena konzola pro uchycení energetického řetězu (obr. 4.12). Na vnějším obvodu středního rámu jsou umístěny ploché tažené tyče, které přijdou do styku s kluznými prvky portálu bočního posuvu.



Obr. 4.12 Sestava středního rámu: 1 - teleskopický nosník; 2 - uchycení hydraulického válce bočního posuvu; 3 - hydraulický válec bočního posuvu; 4 - portál bočního posuvu; 5 - konzola uchycení energetického řetězu; 6 - hydraulický válec vysouvání teleskopického nosníku; 7 - uchycení hydraulického válce vysouvání teleskopického nosníku; 8 - energetický řetěz

Otevřený konec středního rámu je opatřen krytem, ve kterém jsou otvory pro vedení hadic hydraulického obvodu a kabelů k jednotlivým čidlům. U vstupu do středního rámu z boční strany jsou umístěny čidla, která snímají vysunutou, nebo zasunutou polohu výsuvného nosníku a jsou opatřena krytem. Na vrchní straně je přivařen plech pro uchycení energetického řetězu, který bude vézt hadice hydraulické soustavy a kabely do portálu bočního posuvu (obr. 4.13). Dále jsou na vrchní straně umístěny držáky hydraulických trubek a samotné trubky pro vedení kabelů ke snímačům. Na vrchní straně je také umístěna rozvodná skříň elektroinstalace.[26]

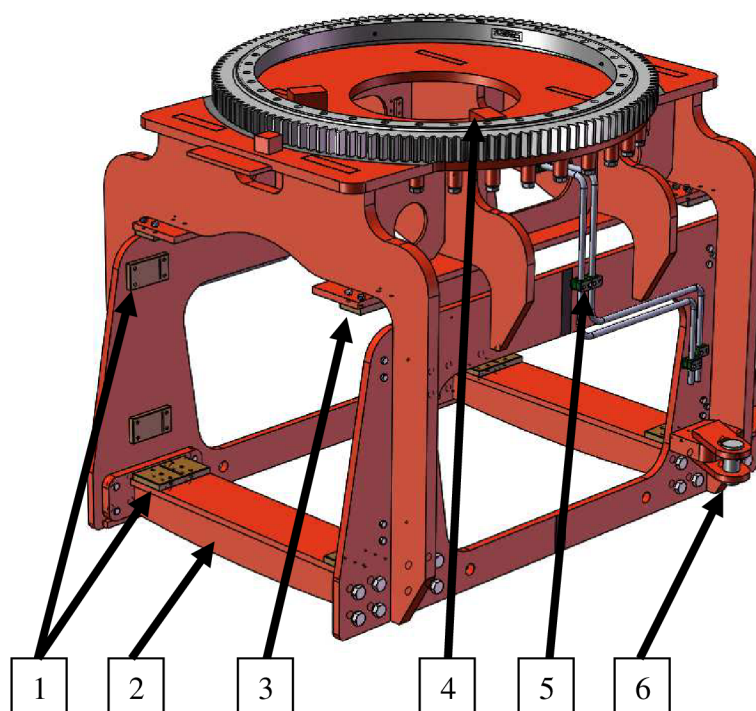


Obr. 4.13 Komponenty středního rámu: 1 - uchycení energořetězu; 2 - trubky pro rozvod kabeláže; 3 - držák hydraulických trubek; 4 - rozvodná skříň; 5 - kryt otevřeného konce středního rámu; 6 - kryt čidel

4.3 PORTÁL BOČNÍHO POSUVU

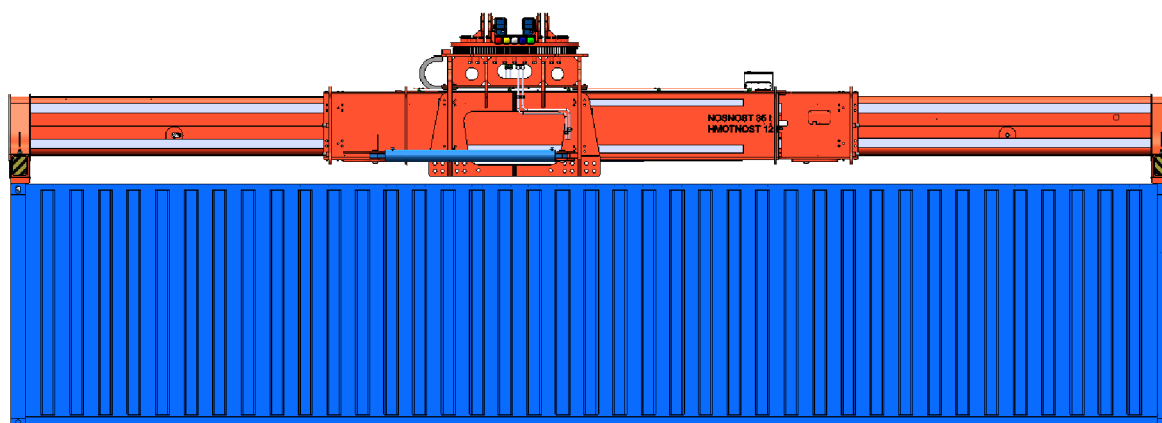
Portál bočního posuvu je navržen tak, aby se v něm mohl posunovat střední rám. Posun středního rámu v portálu bočního posuvu je řešen pomocí kluzných prvků, a za pomoci hydraulického válce je vyřešeno samotné posouvání. Boční posuv je důležitý pro velmi přesné manipulační úkony – přesné najíždění na kontejner a vyrovnání určitých nerovností na skladové ploše. Portál bočního posuvu je otočně spojen se závěsem. Otáčení a natáčení v daném rozsahu je dovoleno točnou s ozubením na vnějším obvodu, která je pevnostními šrouby spojena s jednotlivými částmi zařízení. Točna je volena dle zvyklostí firmy Prestar. [26]

Konstrukce a rozměry jsou navrženy tak, aby se uvnitř portálu bočního posuvu mohl posouvat střední rám. Stranové vymezení středního rámu je řešeno kluznými prvky. Ve spodní části jsou konzoly s kluznými prvky, po kterých se kluzně pohybuje střední rám. Konzoly jsou uchyceny šrouby kvůli montáži, kdy musí být zaručena smontovatelnost celého zařízení. Na stranách portálu je uchycení hydraulických válců, které realizují boční posuv (obr. 4.14). K nim budou přivedeny hadice hydraulického obvodu, které budou uchyceny a vedeny v držácích hydraulických hadic.



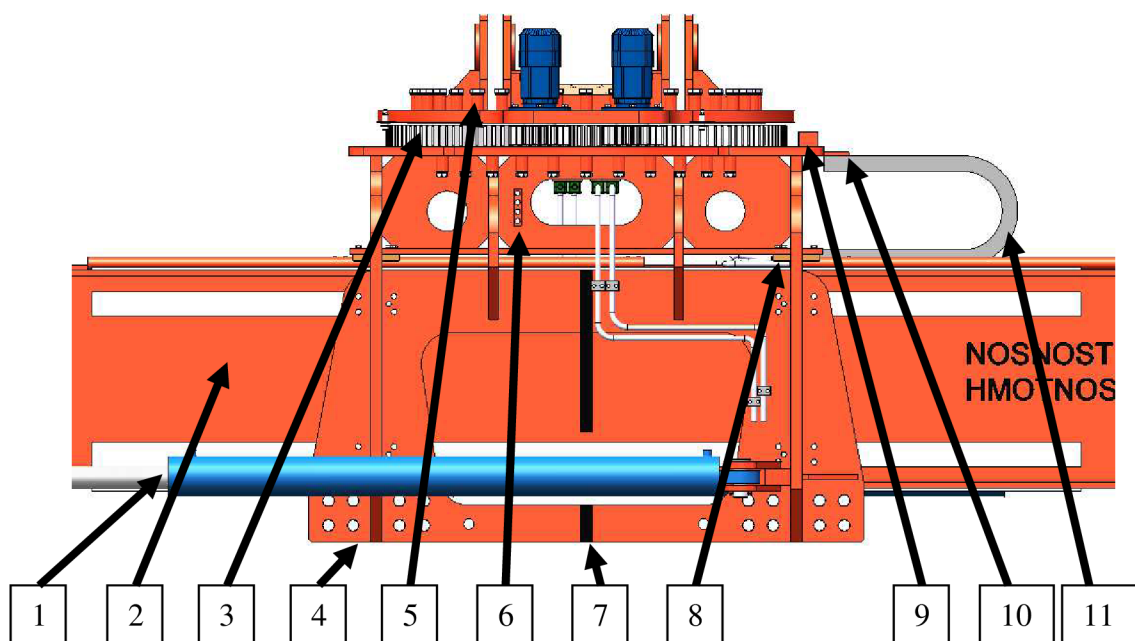
Obr. 4.14 Portál bočního posuvu: 1 - kluzné prvky; 2 - konzola; 3 - opěrný kluzný prvek; 4 - bezpečnostní dorazy dočny; 5 - držák hydraulických trubek; 6 - uchycení hydraulického válce přímočarého hydromotoru

Z horní strany přichází do kontaktu se středním rámem opěrné kluzné prvky. Ty jsou přichyceny šrouby k tažené ploché tyči, která je přivařena k žebřům. Systém uchycení a samotná konstrukce kluzných prvků je zde řešeno obdobně jako na výsuvném nosníku. Při smontování sestavy závěsného rámu vznikne mezi horními taženými tyčemi středního rámu a opěrnými kluznými prvky portálu bočního posuvu mezera o velikosti 35 mm (obr. 4.16). Tato vůle je zde volena z důvodu vyrovnávání nerovností při manipulačních úkonech mobilního překladače. Střední rám se může řízeně pohybovat a naklánět v této mezeře a tím dojde k vyrovnání nerovností při připojování a ukládání – odpojování kontejneru. Střední rám se může v portálu bočního posuvu naklonit o $1,5^\circ$ což odpovídá zadané nerovnosti překladiště.



Obr. 4.15 Vyvážení nesymetricky naloženého kontejneru bočním posuvem

Kvůli této mezeře může nastat případ, kdy je nesymetricky naložený kontejner zvedán závěsným rámem a střední rám se v portálu nakloní. To znamená že střední rám je opřen o kluzné prvky jedné konzoly portálu bočního posuvu a zároveň opřen o protilehlé opěrné prvky. To je znamení pro obsluhu, že má připojen nesymetricky naložený kontejner a musí provést vyvážení zařízení pomocí bočního posuvu (obr. 4.15). Toto vyvážení probíhá manuálně obsluhou mobilního překladače.



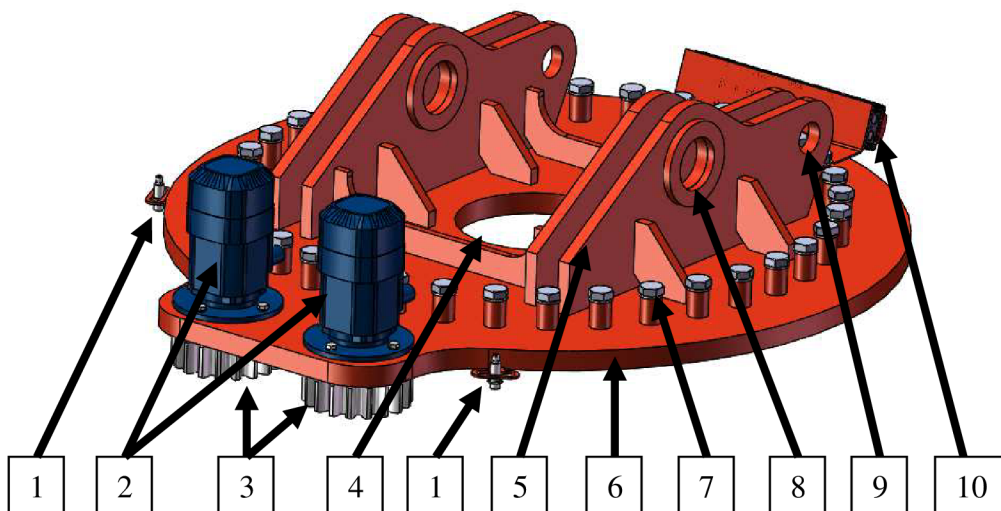
Obr. 4.16 Umístění portálu: 1 - hydraulický válec bočního posuvu; 2 - střední rám; 3 - točna s vnějším ozubením; 4 - portál bočního posuvu; 5 - závěs; 6 - mazací místo točny; 7 - optické znamení vystředění středního rámu; 8 - vymezuující mezera; 9 - clona čidla; 10 - plech pro uchycení energetického řetězu; 11 - energetický řetěz

V horní části portálu bočního posuvu je deska, na kterou jsou pomocí zámků přivařeny žebra. Deska je pevnostními šrouby spojena s točnou s ozubením na vnějším obvodu. Točna je volena dle zvyklosti firmy Prestar. Kvůli vnějšímu ozubení točny jsou maznice pro mazání točny umístěny na vnitřním obvodu točny, kde při údržbě není možné, aby se obsluha na tyto maznice dostala. Proto je na středním plechu, který je umístěn mezi žebry umístěna kostka s maznicemi, do které je pomocí hadic svedeno mazání z točny (obr. 4.16). Z přední části desky je plech pro uchycení energetického řetězu, který vede kabely a hadice ze středního rámu na portál bočního posuvu. Pod deskou budou spojeny všechny kabely a hadice hydraulického obvodu. Ty budou dále vedeny manipulačním otvorem ve středu desky na závěs závěsného rámu, kde budou připojeny k mobilnímu překladači. V prostoru v točně jsou umístěny dorazy, které přijdou do kontaktu s dorazem závěsu. Tyto dorazy zajistí, aby se otáčení závěsného rámu uskutečňovalo v daném rozsahu. Najetí do krajních poloh otáčení zajišťují čidla, které jsou uchyceny na závěsu. Na desce jsou přivařeny clony, které v krajních polohách otáčení závěsného rámu zakryjí čidla. Na středním rámu a portálu bočního posuvu na obou stranách je přesně ve středu zařízení svislý černý pruh, znázorňující že střední rám je v portálu bočního posuvu ve středu. Díky těmto pruhům obsluha pozná, že zařízení má vystředěné. Toto vystředění provádí obsluha mobilního překladače manuálně na základě optického znamení, kdy pomocí tlačítka, které přivede tlakový olej do hydraulických válců bočního posuvu olej a posune střední rám vůči portálu bočního posuvu tak, aby dané černé čáry byly kolineární.[26]

4.4 ZÁVĚS

Závěs je konstrukční celek, který je přímo připojen na rameno a pomocí točny připojen k portálu bočního posuvu. K ramenu mobilního překladače je připojen otočně pomocí čepů a vodorovnou polohu ve směru jízdy zajišťují hydraulické válce, které jsou součástí mobilního překladače a jsou připojeny čepy k závěsu.

Závěs se skládá z desky, ke které je šrouby přichycena točna. Točna má na svém obvodu ozubení, do kterého zapadají dva pastorky poháněné rotačními hydromotory, které jsou šrouby přichyceny k desce. Rotační hydromotory jsou poháněny hydraulickým obvodem mobilního překladače a zajišťují otáčení závěsného rámu vůči mobilnímu překladači. Uprostřed desky je otvor pro vedení hydraulických hadic a kabelů elektroinstalace ze středního rámu na rameno mobilního překladače, ke kterému jsou připojeny na hydraulický obvod mobilního překladače. Na desce jsou pomocí zámků přivařeny bočnice. V bočnicích jsou díry pro čepové spojení s hlavním čepem ramena a díry pro uchycení hydraulických válců náklonu, které jsou součástí mobilního překladače (obr. 4.17). Hydraulické válce náklonu zajišťují vodorovnou polohu závěsného rámu při zvedání a vysouvání ramena mobilního překladače.



Obr. 4.17 Závěs: 1 - čidla krajních poloh točny; 2 - rotační hydromotory; 3 - pastorky; 4 - manipulační otvor; 5 - bočnice; 6 - deska závěsu; 7 - vysokopevnostní šroub; 8 - díra hlavního čepu; 9 - díra pro oko hydraulického válce překladače; 10 - signalizační lampa

Na desce závěsu je přivařen ohnutý plech, na kterém jsou šrouby uchyceny signalizační lampy určitých barev. Signalizační lampy svým světelným signálem upozorňují obsluhu na správný chod, funkci a stav zařízení. Na obvodu desky závěsu jsou umístěny čidla, která hlídají krajní polohy otáčení závěsného rámu. Ze spodní strany desky je přivařen doraz, který v případě poruchy čidla nedovolí otočení závěsného rámu mimo stanovený rozsah. Ze spodní strany je umístěna točna, která je pomocí pevnostních šroubů spojena se závěsem. [26,27,28]

5. PEVNOSTNÍ VÝPOČET TELESKOPICKÉHO NOSNÍKU

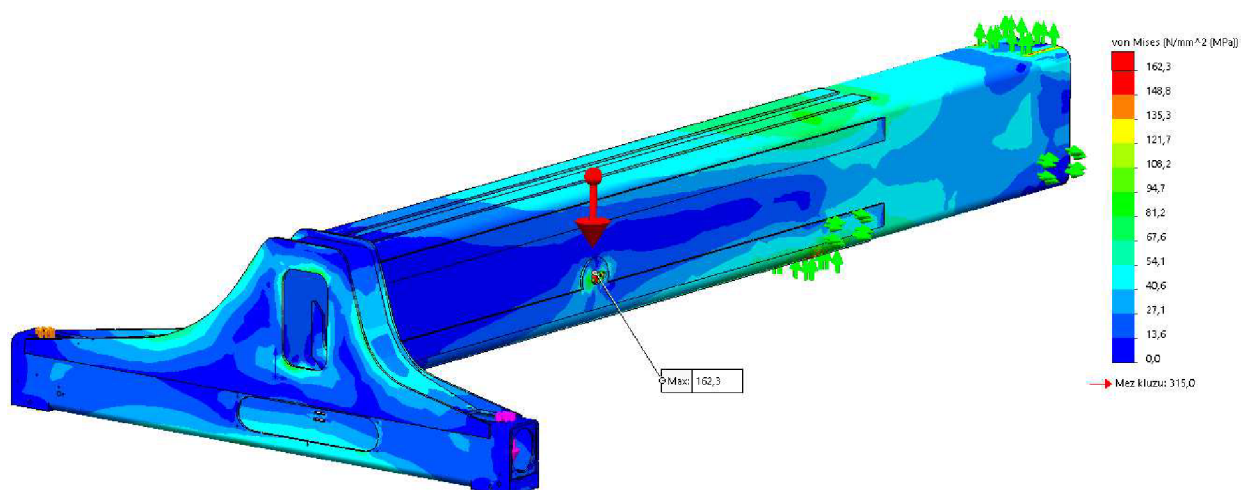
Po návrhu samotné konstrukce teleskopického nosníku přejdeme k jeho pevnostnímu výpočtu. Pro výpočet si však model svařence teleskopického nosníku zjednodušíme. Vypustíme z výpočtového modelu díly, které nemají vliv na tuhost a pevnost nosníku a přichystáme si plochy pro umístění vazeb. V kapitole 2.1 se určilo jaké zatížení v závěsném rámu vznikají a v kapitole 2.2 se určilo pro jaké zatěžující se provedou pevnostní výpočty. Pro uskutečnění výpočtu jednotlivých zatěžujících stavů se v kapitole 3.1 vypočítali všechny zatížení na závěsný rám. Pevnostní výpočet se provede v nástavbě programu SolidWorks pro výpočty.

Na model teleskopického nosníku v místech styku kluzných prvků je teleskopický nosník uchycen. Proto na plochách v místech styku, kde dojde k opření dáme uchycení v kolmém směru na danou plochu. Teleskopický nosník je veden kluznými prvky po celém svém obvodu, ale ve skutečnosti při daném zatížení se teleskopický nosník opře pouze jen v některých místech, které odpovídají zatížení a deformaci. Proto uchycení dáme pouze na plochy, na které předpokládáme, že se teleskopický nosník při zatížení opře. Podle výsledku deformace si tuto úvahu ověříme. Teleskopický nosník je na dané poloze držen pomocí přímočarého hydromotoru, proto v místě, kde je uchycen, je na válcovou plochu dáno uchycení ve směru písní tyče.

Do výpočtového modelu zahrneme vlastní tíhu teleskopického nosníku. Celek teleskopického nosníku je počítán jako objemové tělo. Síť je vytvořena programem SolidWorks, kde tvorbu sítě program volí adaptabilní dle zakřivení prvků. Po vytvoření sítě se zkontroluje návaznost a správná generace vytvořené sítě. [9,10]

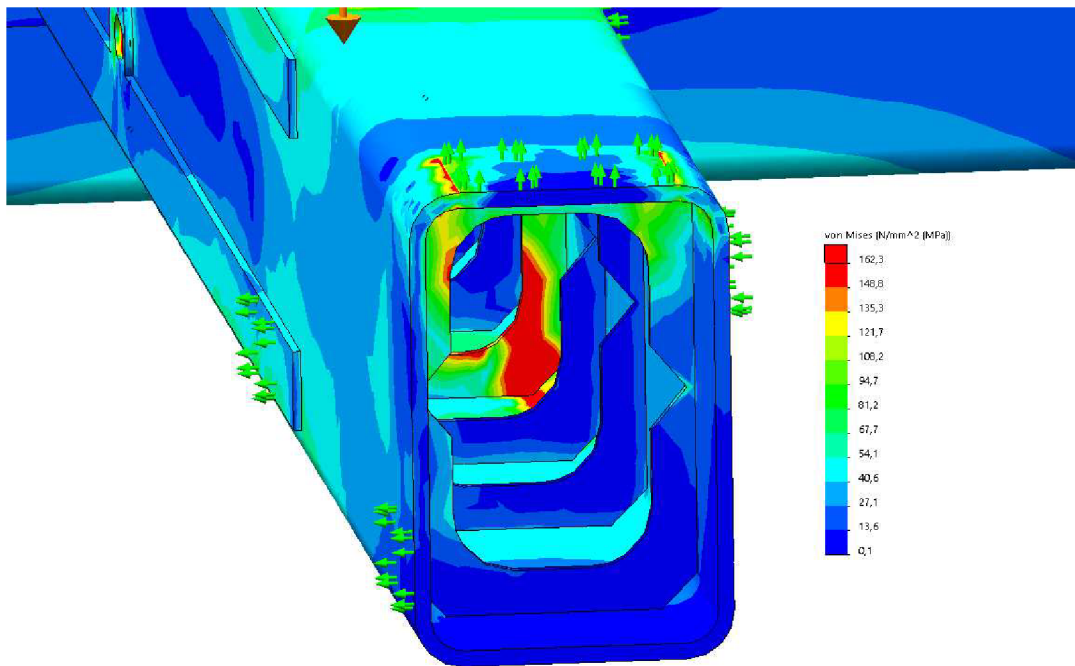
ZATĚŽOVACÍ STAV 1

Pro tento stav použijeme hodnoty reakcí vypočtené pro symetricky naložený kontejner zvedaný uprostřed z kapitoly 3.1. Otočné zámky jsou zajištěny maticí proti vypadnutí. Na plochu, na kterou je dotažena matice vložíme složky reakcí.



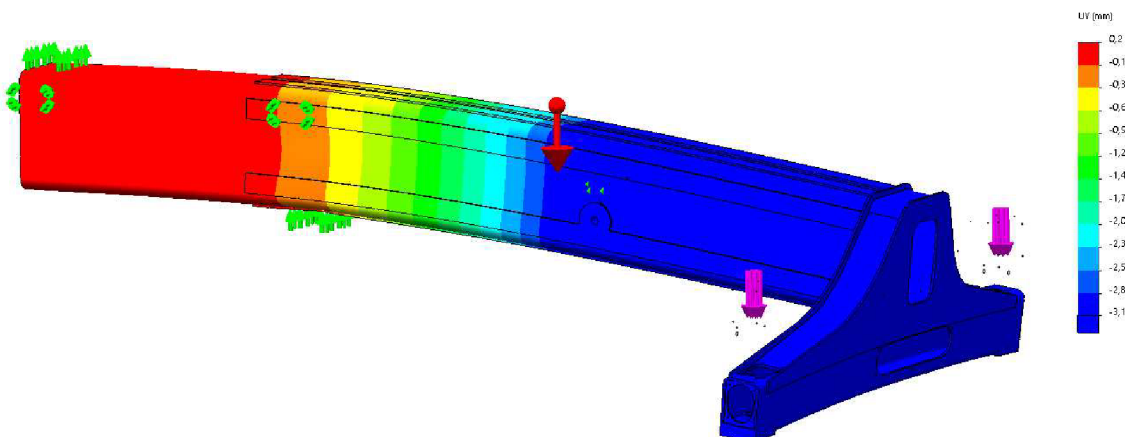
Obr. 5.1 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 1, výsledné redukované napětí dle HMM

Z výsledku redukovaného napětí (obr. 5.1) jde vidět, že v přední části je napětí z koncového nosníku přeneseno na žebra. Na výsuvném nosníku je maximální napětí v uložení čepu hydraulického válce, které je přeneseno do profilů a žebrování. V tomto místě vznikla napěťová špička. Porovnáním této napěťové špičky k mezi kluzu materiálu uvedené v tab. 3.1 pro tloušťku materiálu nad 16 mm je bezpečnost větší než 2. S přihlédnutím na to, že se jedná o napěťovou špičku a ve skutečném případě posun nosníku je z části zajištěn samotným přesným rozměrem kontejneru. S přihlédnutím na tuto napěťovou špičku konstrukce vyhovuje. Další napětí, které vzniká v konstrukci je v místech uložení výsuvného nosníku ve středním rámu.



Obr. 5.2 Výsuvný nosník – zadní pohled, zatěžovací stav 1, výsledné redukované napětí dle HMM, rozsah napětí

Na obr. 5.2 jde vidět rozsah napětí zadní části výsuvného nosníku. Toto napětí je přeneseno do žebér profilů. Proto v nosné části konstrukce je napětí nízké a odpovídá již stanovené bezpečnosti 3.

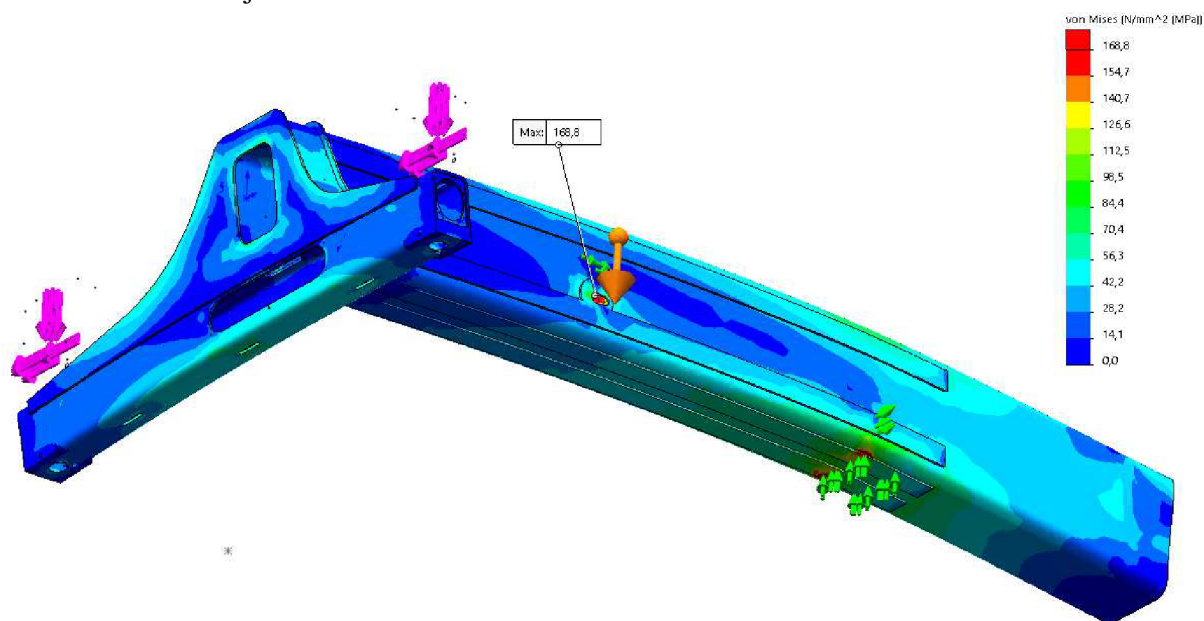


Obr. 5.3 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 1, výsledný průhyb v ose y

Průhyb teleskopického nosníku v ose y je 3,1 mm, který se rovná celkovému průhybu závěsného rámu. Když se uvaží, že celý závěsný rám je dlouhý přes 12 m, a průhyb od obou teleskopických nosníků je 3,1 mm, tento průhyb je vyhovující. [9,10]

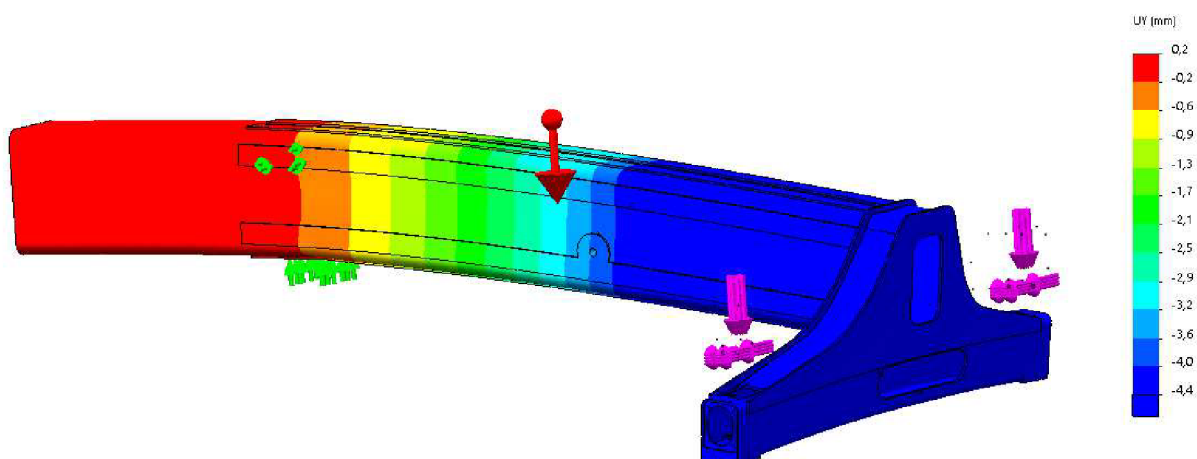
ZATĚŽOVACÍ STAV 2

Pro tento stav použijeme hodnoty reakcí vypočtené pro symetricky naložený kontejner zvedaný uprostřed z kapitoly 3. Z této kapitoly použijeme reakci na závěsný rám od brzdného účinku mobilního překladače ve směru jízdy mobilního překladače. Kdy čtvrtinu této reakce vložíme na každou válcovou plochu, ve které je uložen otočný zámek. Dále na tuto plochu vložíme čtvrtinu reakce od zatížení větrem, který působí ve směru jízdy mobilního překladače na boční stěnu kontejneru.



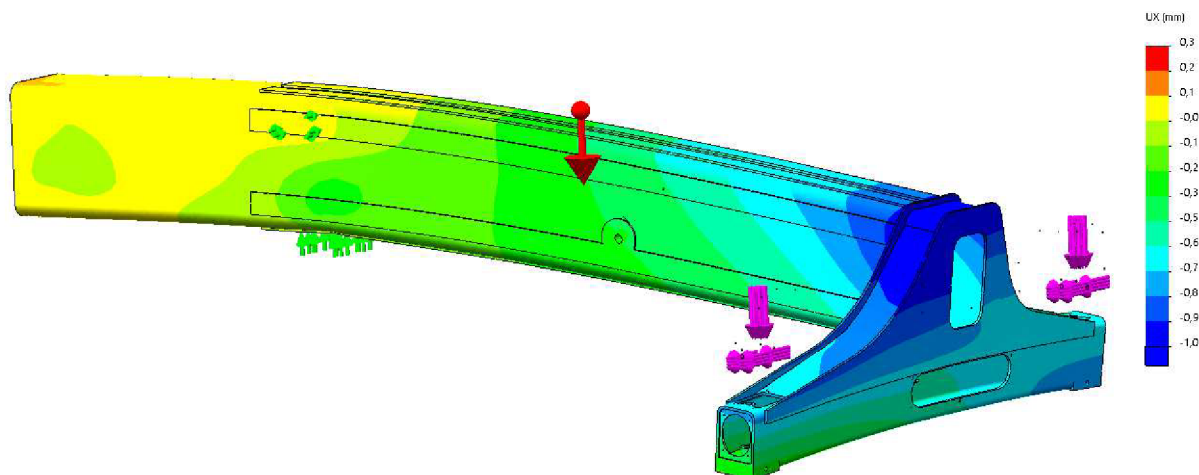
Obr. 5.4 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 2, výsledné redukované napětí dle HMM

Z (obr. 5.4) jde vidět redukované napětí teleskopického nosníku pro zátěžový stav 2. Napěťová špička deformace tak jako v předešlém zatěžovacím stavu je v místě uchycení přímočarého hydromotoru. V nosné části konstrukce je bezpečnost větší než 3, můžeme konstatovat jako v předešlém výpočtu, že zařízení vyhovuje. Bere se však v úvahu napěťová špička, která jako v předešlém případě vznikla v uchycení přímočarého hydromotoru



Obr. 5.5 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 2, výsledný průhyb v ose y

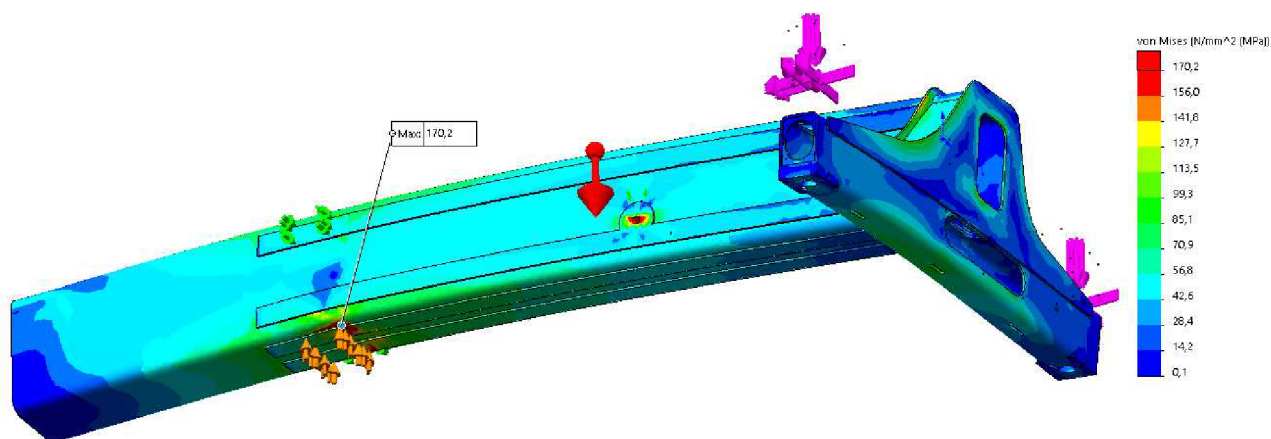
Průhyb teleskopického nosníku v ose y (obr. 5.5) je 4,4 mm a v ose x (obr. 5.6) je 1 mm. Tyto hodnoty průhybu vzhledem k celkové délce jsou v pořádku. [9,10]



Obr. 5.6 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 2, výsledný průhyb v ose x

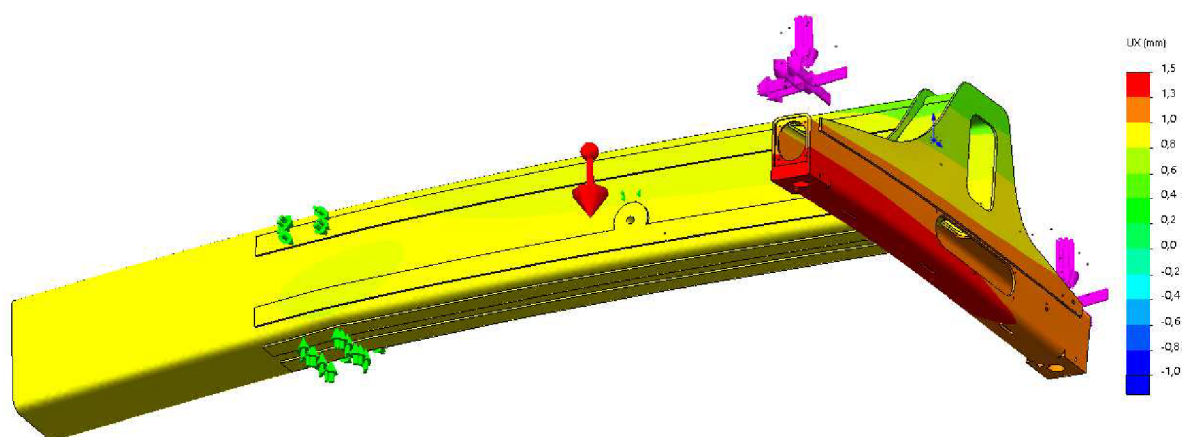
ZATĚŽOVACÍ STAV 3

Pro tento stav použijeme hodnoty reakcí vypočtené z kapitoly 3.1 pro nesymetricky naložený kontejner posunutý o hodnotu bočního posuvu pro vyrovnání těžiště zařízení. Na kontejner působí i síla větru na boční a čelní stranu kontejneru. Na válcovou plochu, ve které je uložen otočný zámek vložíme reakce sil působení větru z kapitoly 3.1 kdy síla větru na boční stěnu působí ve směru jízdy a síla větru na čelní plochu působí proti výsuvnému nosníku.



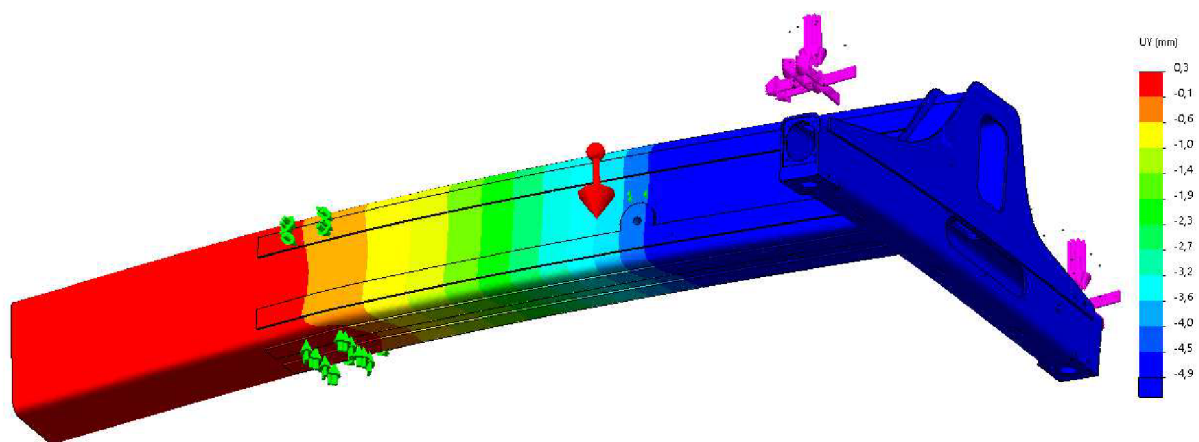
Obr. 5.7 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 3, výsledné redukované napětí dle HMM

Napěťová špička se v tomto případě (obr. 5.7) do místa, kde výsuvný nosník je podepřen. Napětí je přeneseno do žeber profilů. Toto vysoké napětí je zjištěno v žebrech profilu, v samotné nosné konstrukci je napětí s bezpečností 3. Konstrukce vyhovuje s přihlédnutím k tomu, že vysoké napětí je přeneseno do žeber nosných profilů s bezpečností 2.



Obr. 5.8 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 3, výsledný průhyb v ose x

Průhyb nosníku v ose x je 1,5 mm (obr. 5.8) proti směru působení síly větru. Tento průhyb je způsoben nesymetricky naloženým kontejnerem, kdy největší reakce síly byla dána do vzdáleného rohu od překladače. Průhyb v ose y je 4,9 mm (obr. 5.9) což stále vůči celkové délce zařízení je zanedbatelné. [9,10]



Obr. 5.9 Výsuvný nosník – boční pohled, zatěžovací stav 3, výsledný průhyb v ose y

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zpracování konstrukčního návrhu zařízení pro manipulaci s kontejnery, tedy závěsného rámu, velikosti 20' a 40'. Navrhnout posuvný, polohovatelný a naklápací mechanismus závěsného rámu pro lepší plnění ložných operací. Teleskopický nosník navrhnout jako jednonosníkový.

Na začátku práce se provedl rešeršní rozbor typů kontejnerů dle ISO řady 1 a jejich přípojných a manipulačních rozměrů. Byly rozebrány důležité normou podléhající konstrukční prvky, které jsou potřebné k bezpečnému připojení k závěsnému rámu. Dále se zmiňují o překládacích zařízeních, které mohou být připojeny k danému závěsnému rámu. Provedl se popis jednotlivých částí vrchního představitelného jednoduchého závěsného rámu připojeného k mobilnímu překladači. Uvedli se přední výrobci, kteří se zabývají výrobou tohoto typu závěsného rámu a uvedlo se jejich konstrukční řešení.

Základem pro návrh konstrukce je stanovení všech vstupních parametrů. Pro daný typ mobilního překladače se zjistili základní parametry, včetně přípojných rozměrů ramene. Blíže se specifikovalo překladiště, ve kterém bude závěsný rám pracovat. Provedl se rozbor zatížení závěsného rámu, kde se uvedly všechny možné varianty zatěžování. Uvedlo se nahodilé zatížení, které na konstrukci nepůsobí stále, ale pouze za určitých předpokladů. Stanovili jsme si dle zjištěných druhů zatížení na závěsný rám zatěžovací stavy, které jsou kombinací jednotlivých zatížení.

Před návrhem se vypočetly hodnoty všech reakcí působící vně i uvnitř konstrukce pro všechny určené druhy zatížení. Určil se vhodný konstrukční materiál a bezpečnost, pro kterou se zařízení navrhuje. Díky vypočteným hodnotám reakcí se provedly návrhové výpočty hlavních nosných částí. To je profil koncového nosníku, výsuvného nosníku a středního rámu. Také se určily přímočaré hydromotory, které se v konstrukci použijí.

Díky návrhovým výpočtům se usnadnil samotný návrh daných nosných profilů konstrukčních celků. Teleskopický nosník je řešen jako jednonosníkový. Střední rám je řešen jako skříňový nosník, pro představitelnost teleskopických nosníků na různé velikosti kontejneru. Teleskopický nosník je ve středním rámu kluzně uložen. Přestavení zajišťují přímočaré hydromotory. Střední rám je vůči portálu také uložen kluzně a polohován přímočarým hydromotorem. To nám dovolí polohování při přesných ložných operacích a vyvážení celku při připojení nesymetricky naloženého kontejneru. Portál bočního posuvu je díky točny spojen se závěsem. Točna umožňuje otáčet závěsný rám s kontejnerem vůči mobilnímu překladači. Na závěsu je uchycení na rameno mobilního překladače. Nakládání v příčném směru je proto realizováno přímo mobilním překladačem.

V poslední části byl proveden pevnostní výpočet teleskopického nosníku pro již zvolené zatěžovací stavy. U všech zatěžovacích stavů redukované napětí v nosných částech konstrukce splňuje zvolenou bezpečnost. Kromě napěťových špiček, které se objevili na nenosných částech konstrukce a jejich redukované napětí v porovnání k mezi kluzu materiálu odpovídalo bezpečnosti větší než 2. Průhyby v poměru k celkové délce zařízení jsou přijatelné.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NOVÁK, Jaroslav. *Kombinovaná přeprava*. Vyd. 4., rozš. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2013. ISBN 978-80-86530-77-2.
- [2] DANĚK, Jan a Dušan TEICHMANN. *Kombinovaná přeprava I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Strojní fakulta, 2001. ISBN 80-7078-860-7.
- [3] KOVÁČ, Milan a Vladimír K LAPITA. *Manipulácia s materiálom v doprave*. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 80-8070-174-1.
- [4] ŠIROKÝ, Jaromír. *Progresivní systémy v kombinované přepravě*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. ISBN 978-80-86530-60-4.
- [5] VLKOVSKÝ, Martin. *Technické prostředky manipulace a skladování: studijní texty*. Brno: Univerzita obrany, 2013. ISBN 978-80-7231-941-1.
- [6] DANĚK, Jan a Jiří PAVLISKA. *Technologie ložných a skladových operací I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0063-2.
- [7] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd.* Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [8] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-718-3312-6.
- [9] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [10] JURÁŠEK, Oldřich. *Nosné konstrukce stavebních strojů I*. Brno: Vysoké učení technické, 1986.
- [11] KOMÁREK, J. *Manipulační zařízení pro kontejnery*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016.
- [12] ČSN 27 1920. *Závěsné rámy pro kontejnery ISO řady 1: Technické požadavky*. 1. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1988.
- [13] ČSN EN 15056+A1. *Jeřáby: Požadavky na závěsné rámy pro manipulaci s kontejnery*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [14] ČSN 26 9344. *Kontejnery ISO řady 1: Rohové prvky*. Praha: Český normalizační institut, 1991.
- [15] ČSN ISO 3874 ZMĚNA AMD.4. *Kontejnery řady 1: Manipulace a fixace*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2008.

- [16] ČSN ISO 1496-1 +A1. *Kontejnery řady 1: Technické požadavky a zkoušení: Část 1: Kontejnery pro všeobecný náklad pro všeobecné použití*. 1. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [17] ČSN ISO 668. *Kontejnery řady 1: Třídění, rozměry a brutto hmotnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [18] ČSN EN ISO 3450 (278150) A *Stroje pro zemní práce - Kolové nebo pásové stroje s rychloběžnými pryžovými pásy - Technické požadavky a zkušební postupy pro brzdové systémy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [19] ČSN ISO 6292 (268817) N *Motorové vozíky a tahače - Provedení brzd a pevnost komponent*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [20] ČSN EN 1459-3 (268804) A *Terénní vozíky - Bezpečnostní požadavky a ověření*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [21] ČSN EN 1459-2 (268804) A *Terénní vozíky - Bezpečnostní požadavky a ověření*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [22] ČSN EN ISO 3691-2 (268812) A *Manipulační vozíky - Bezpečnostní požadavky a ověření*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [23] Elme [online]. 2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.elme.com/>
- [24] Kalmar [online]. © 2010 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.kalmar.cz/>
- [25] Manipulační a zvedací technika. *Prestar*. [online]. 2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.prestar-lifting.cz/>
- [26] Prestar, interní dokumentace zakázkové výroby rok 2008 - 2019 , Prestar Opava, 2019
- [27] Presshydraulika [online]. Opava, © 2012 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <http://www.presshydraulika.cz/>
- [28] AVHB hydraulika [online]. 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <http://www.avhb.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

α_{bp}	[°]	Úhel naklánění středního rámu s výsuvnými nosníky
λ_{pt}	[-]	Štíhlost písní tyče výsuvného nosníku
σ_{DOV}	[MPa]	Maximální dovolené napětí
σ_{osr}	[MPa]	Ohybové napětí středového rámu
σ_{ovn}	[MPa]	Ohybové napětí teleskopického nosníku
a_{pb}	[m/s ²]	Střední zpomalení provozní brzdy
b	[m]	Šířka kontejneru
b_n	[mm]	Vnitřní šířka profilu průřezu teleskopického nosníku
B_n	[mm]	Vnější šířka profilu průřezu teleskopického nosníku
b_p	[mm]	Boční posuv středního rámu
b_p	[mm]	Hodnota posunu středního
b_s	[mm]	Vnitřní šířka otvoru pro výsuvný nosník
B_s	[mm]	Vnější šířka skříňového nosníku středového rámu
C_{11}	[-]	Tvarový koeficient kolmého působení větru
ČSN		Česká technická norma
d_{ptt}	[mm]	Průměr písní tyče výsuvného nosníku
D_{VPvn}	[mm]	Průměr pístu výsuvného nosníku
e_x	[mm]	Vyosení teleskopického nosníku
F'_{R1}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F'_{R2}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
f_m	[-]	Koeficient smykového tření ocel/mosaz
f_{mM}	[-]	Koeficient tření pro mastný povrch
F_{pb}	[N]	Brzdná síla provozní brzdy na kontejner
F_{R1}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{R11}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{R2}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{R22}	[N]	Reakce v místě podpory portálu bočního posuvu
F_{TSR1}	[N]	Síla působící na jeden hydraulický válec
F_{TSRC}	[N]	Celková třecí síla výsuvného nosníku
F_{TVs1}	[N]	Třecí síla výsuvného nosníku
F_{Vb}	[N]	Síla větru na boční stěnu kontejneru

$F_{V\check{c}}$	[N]	Síla větru na čelní stěnu kontejneru
F_{Vvn}	[N]	Síla vysouvání hydraulického válce výsuvného nosníku
F_{Zvn}	[N]	Síla zasouvání hydraulického válce
g	[m/s ²]	Gravitační zrychlení
G	[N]	Tíhová síla kontejneru zvětšená o dynamický koeficient
G'	[N]	Tíhová síla kontejneru za úplného klidu
G_{cl}	[N]	Tíhová síla středního rámu a výsuvných nosníků
G_{SRy}	[N]	Tíhová síla středního rámu s výsuvnými nosníky ve směru osy x
G_{SRy}	[N]	Tíhová síla středního rámu s výsuvnými nosníky ve směru osy y
G_{vs1}	[N]	Tíhová síla teleskopickém nosníku
h	[m]	Výška kontejneru
h_n	[mm]	Vnitřní výška profilu průřezu teleskopického nosníku
H_n	[mm]	Vnější výška profilu průřezu teleskopického nosníku
h_s	[mm]	Vnitřní výška otvoru pro výsuvný nosník
H_s	[mm]	Vnější výška skříňového nosníku středového rámu
ISO		International organisation for standartisation
J_{zsr}	[mm ⁴]	Kvadratický moment plochy řezu středového rámu
J_{zT}	[mm ⁴]	Kvadratický moment plochy řezu teleskopického nosníku
k	[-]	Tvarový koeficient,
K	[-]	Bezpečnost
k_{bp}	[-]	Počet válců bočního posuvu
l	[m]	Délka 40' kontejneru
l_n	[mm]	Délka výsuvného nosníku
l_{redb}	[mm]	Redukovaná délka hydraulického válce středního rámu
l_{redt}	[mm]	Redukovaná délka hyd. válce vysouvání teleskopického nosníku
l_s	[mm]	Délka středního rámu
m_n	[kg]	Maximální nosnost závěsného rámu
m	[kg]	Maximální hmotnost přepravní jednotky
M_{kvn}	[N·mm]	Kroutící moment působící na teleskopickém nosníku
M_{kvn}	[N·mm]	Kroutící moment působící na teleskopickém nosníku
M_{okn}	[N·mm]	Moment působící na koncovém nosníku
m_{opp}	[kg]	Hmotnost portálu bočního posuvu

m_{osr}	[kg]	Hmotnost středního rámu
M_{osr}	[N·mm]	Ohybový moment působící na středový rám
m_{ovn}	[kg]	Hmotnost výsuvného nosníku
m_{oz}	[kg]	Hmotnost závěsu
M_{RED}	[N·mm]	Redukovaný moment působící na teleskopickém nosníku
M_{REDsr}	[N·mm]	Redukovaný moment působící na středový rám
p_b	[mm]	Rozteč kluzných ploch portálu bočního posuvu
Q_p	[kg]	Maximální nosnost překladače
P	[mm]	Referenční délková vzdálenost rohových prvků 40' kontejneru
R'_1	[N]	Reakce v místě rohového prvku symetricky naloženého kontejneru
R'_2	[N]	Reakce v místě rohového prvku symetricky naloženého kontejneru
R'_3	[N]	Reakce v místě rohového prvku symetricky naloženého kontejneru
R'_4	[N]	Reakce v místě rohového prvku symetricky naloženého kontejneru
R'_5	[N]	Reakce působící na čelní příčce symetricky naloženého kontejneru
R'_6	[N]	Reakce působící na čelní příčce symetricky naloženého kontejneru
R_1	[N]	Reakce v místě rohového prvku nesymetricky naloženého kontejneru
R_2	[N]	Reakce v místě rohového prvku nesymetricky naloženého kontejneru
R_3	[N]	Reakce v místě rohového prvku nesymetricky naloženého kontejneru
R_4	[N]	Reakce v místě rohového prvku nesymetricky naloženého kontejneru
R_5	[N]	Reakce působící na čelní příčce nesymetricky naloženého kontejneru
R_6	[N]	Reakce působící na čelní příčce nesymetricky naloženého kontejneru
R_{eH}	[MPa]	Mez kluzu materiálu S355J0
R_m	[MPa]	Mez pevnosti materiálu S355J0
S	[mm]	Referenční šířková vzdálenost rohových prvků 40' kontejneru
s_{pb}	[m]	Maximální brzdná dráha provozní brzdy
T_n	[mm]	Tloušťka stěny profilu průřezu teleskopického nosníku
t_s	[mm]	Tloušťka svislých pásnic skříňového nosníku
T_s	[mm]	Tloušťka vodorovných pásnic skříňového nosníku
v_{pr}	[m/s]	Pojezdová rychlost překladače
v_{rv}	[m/s]	Rychlost výsuvu výložníku překladače
V_{rz}	[m/s]	Rychlost zvedání ramene překladače
v_v	[m/s]	Rychlost větru

W_{okn}	[mm ³]	Minimální kvadratický průřez profilu koncového nosníku
W_{zsr}	[mm ³]	Průřezový modul plochy řezu středového rámu
W_{zT}	[mm ³]	Průřezový modul plochy řezu teleskopického nosníku
λ	[-]	Zvolený dynamický koeficient,

SEZNAM PŘÍLOH

DP.ZR.360.012	<i>Závěsný rám</i>
DP.ZR.360.012-01	<i>Výsuvný nosník</i>
DP.ZR.360.012-01-01-01	<i>Jekl</i>
DP.ZR.360.012-01-02	<i>Čep</i>
DP.ZR.360.012-02-03	<i>Kluzný prvek</i>