

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav MAREK**
Osobní číslo: **S11B0033P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh univerzálního zvedáku**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

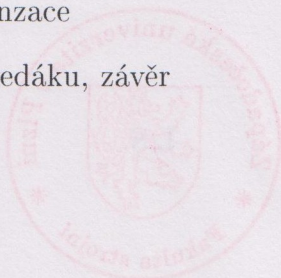
Analyzujte problematiku manipulace s břemeny v dílenském prostředí. Navrhněte vhodný dílenský zvedák pro zadané parametry zátěže. Vypracujte několik variant zvedáku, kvalifikovaným výběrem určete nejlepší variantu a tu konstrukčně rozpracujte, včetně kinematické a pevnostní analýzy. Vyřešte bezpečnostní podmínky při provozu zvedáku. Konstrukci doprovodte výkresy nejdůležitějších uzlů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše problematiky manipulace s břemeny
2. Specifikace požadavků, návrh variant
3. Porovnání variant a bezpečnostní aspekty provozu
4. Konstrukční návrh a dimenzace
5. Představení navrženého zvedáku, závěr



Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra - obecné strojní části 1.
Brno: Computer Press, 1999

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra - obecné strojní části 2.
Praha: Computer Press, 2000

LEINVEBER, J. Strojnické tabulky. Praha: Scientia, 1999

BAJER, J. Mechanika 1. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004

MICHALEC, J. Pružnost a pevnost 1. Praha: Vydavatelství CVUT, 2001

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

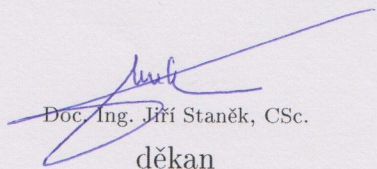
Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Katedra konstruování strojů

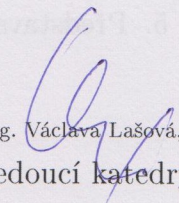
Datum zadání bakalářské práce: **24. září 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.

děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh univerzálního zvedáku

Autor: **Václav MAREK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2012/2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojí Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Anotace

Analyzujte problematiku manipulace s břemeny v dílenském prostředí. Navrhnete vhodný dílenský zvedák pro zadané parametry zátěže. Vypracujte několik variant zvedáku, kvalifikovaným výběrem určete nejlepší variantu a tu konstrukčně rozpracujte, včetně kinematické a pevnostní analýzy. Vyřešte bezpečnostní podmínky při provozu zvedáku. Konstrukci doprovodíte výkresy.

Anotation

Analyse theme of moving with materials in the workshop environment. Design hydraulic lifter for specify weight. Create few versions of lifter, choose the best one by exact methods and generate detail version with kinematic and strength analyze. Solve safety conditions for working. Supply design drawings.

Obsah

Anotace	3
Anotation.....	3
Přehled použitých zkratk a symbolů.....	7
1.Úvod	8
2.Manipulace s materiálem.....	9
2.1.Historie	9
2.2.Význam manipulace	9
2.2.1.Výsledky vhodně zvolené manipulace.....	9
2.3.Dělení materiálu dle stavu	10
2.2.2.Specifika tuhých materiálů	10
2.4.Rozdělení manipulace s materiálem	12
2.5.Možnosti přepravy	12
2.6.Rozdělení manipulace dle významu v procesu výroby.....	12
2.7.Dopravní a manipulační systém	12
2.8.Pohony.....	13
2.9.Realizace dopravy a manipulace	13
2.9.1.Ručně.....	13
2.9.2.Částečná mechanizace	13
2.9.3.Plná mechanizace	13
2.10.Další dělení dle ČSN 260002.....	14
2.10.1.PODLE DRÁHY PŘEPRAVOVANÉHO MATERIÁLU	14
2.10.2. PODLE ČASOVÉ SPOJITOSTI	14
2.10.3. PODLE SILOVÉHO PŮSOBENÍ NA PŘEPRAVOVANÝ MATERIÁL	14
2.10.4. PODLE DRUHU PŘEPRAVOVANÉHO MATERIÁLU	14
2.11.Další dělení dle ČSN 260003.....	15
2.12.Dle automatizace.....	15
2.13.Kontinuálně pracující.....	16
2.14.Přetržitě pracující manipulační prostředky pro kusový materiál	16
2.15.Jeřáby, průmyslové vozíky a zvedáky	17
2.15.1.Jeřáby s pevnou jeřabovou dráhou	17
2.15.2.Mobilní jeřáby s volným pohybem.....	18
2.15.3Průmyslové vozíky	19
2.16.Paletizace a kontejnerizace	20

3.Požadavky na nový zvedák	21
3.1.Funkční požadavky	21
3.2.Konstrukční požadavky	21
3.3.Likvidační požadavky	21
3.4.Důvody a směr vývoje nového zvedáku	22
3.5.Myšlenka	23
3.6.Návrh variant zvedáku.....	24
3.7.Návrh první varianty	25
3.8.Návrh druhé varianty	26
3.9.Návrh třetí varianty	27
4.Výběr nejvhodnější varianty	28
4.1.Párové srovnání kritérií	28
4.2.Swot analýza.....	29
4.3.Výsledek hodnocení	30
5.Bezpečnostní aspekty provozu zvedáku.....	31
5.1.Zajištění bezpečného provozu.....	31
5.2.Značení, tabulky, nápisy	32
6.Konstrukční návrh zvedáku	33
6.1.Kinematika zvedáku.....	33
6.1.1.Závislosti plynoucí z kinematiky zvedáku	34
6.2.Statika zvedáku.....	35
6.2.1.Rameno s břemenem	35
6.2.2.Rameno s protizávažím	35
6.2.3.Vahadlo.....	36
6.3.Výpočtová úloha pro program Matlab.....	38
6.4.Statické řešení stability zvedáku v polohách.....	42
6.4.1.Poloha 1.....	42
6.4.2.Poloha 2.....	42
6.4.3.Poloha 3.....	43
6.4.4.Poloha 4.....	43
6.5.Statická analýza v programu NX7.5.....	44
6.5.1.Zatížení břemenem 100Kg.....	45
6.5.2.Zatížení břemenem 200Kg.....	45
6.6.Pevnostní analýza.....	46

6.6.1.Pevnostní analýza zasunutého ramene.....	46
6.6.2.Pevnostní analýza vysunutého ramene.....	47
6.7.Simulace zatížení v programu NX7.5.....	49
6.8.Požadavky na hydrauliku.....	50
6.9.Použití tlumiče.....	50
6.10.Řešení bezpečnosti provozu navrženého zvedáku.....	51
6.11.Návrh značení na zvedáku.....	52
7.Představení navrženého zvedáku.....	53
7.1.Skladnost.....	53
7.2.Zvedání těžkých břemen.....	54
7.3.Vyložení.....	55
7.4.Dosah.....	56
8.Závěr.....	57
8.1.Seznam obrázků.....	58
8.2.Seznam tabulek.....	59
8.3.Seznam příloh.....	59
8.4.Seznam literatury.....	60
8.5.Poděkování.....	61

Přehled použitých zkratk a symbolů

Název Veličiny	značka veličiny	Mezin. ZNAČKA jednotky SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	značka veličiny	MEZIN. ZNAČKA jednotky SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
úhel, (rovinný úhel)	α, β, γ ϑ, φ	Rad $^{\circ}, ', ''$	α, β, γ $\vartheta, \varphi, \dots$	rad $^{\circ}$ (na desetinná místa)
délka	l, L	M	$l, L,$ $a, b, c, d \dots$	mm, m, μ m, km
šířka	b		b, B, \dots	
výška	h		h, H, \dots	
tloušťka	d, δ		t, \dots	
poloměr	r, R		r, R	
průměr	d, D		d, D	
délka dráhy	s		s, \dots	
vzdálenost	d, r		$l, L,$ $a, b, c, d \dots$	
plocha	$A, (S)$	m^2	S	mm^2, m^2
(zrychlení volného pádu), gravitační zrychlení	g	m/s^2	g	m/s^2
hmotnost	m	Kg	m	kg
(objemová hmotnost), hustota (hmotnosti)	ρ	kg/m^3	ρ	kg/m^3
moment setrvačnosti	I, J	$kg \cdot m^2$	J	$kg \cdot m^2$
síla	F	N	F	N
tíha, tíhová síla	$F_g, (G),$ $(P), (W)$		F_g	
moment síly	M	$N \cdot m$	M	$N \cdot m, N \cdot mm$
moment dvojice	M		M	
točivý moment	M, T		M_t	
tlak	p	Pa	p	MPa
normálové napětí	σ		σ	
(smykové napětí), tečné napětí (<i>konvence</i>)	τ		τ	
poměrné prodloužení	ε, e	1	ε	1
modul pružnosti v tahu	E	Pa	E	MPa
modul pružn. ve smyku	G		G	
(osový) kvadratický	I_w, I	m^4	I	mm^4
moment průřezu				
polární (kvadratický)	I_p	m^4	I_p	mm^4
moment průřezu				
průřezový modul	Z, W	m^3	W	mm^3

1

¹ citováno z doporučených dokumentů pro psaní bakalářské práce pro ZČU FST

1.Úvod

Každé zařízení či stroj absolvuje dlouhou cestu od myšlenky k výrobku. Během návrhu rozhoduje o výsledku celá řada faktorů. Každou myšlenku je potřeba správně analyzovat a zařadit do oblasti, ve které může nalézt uplatnění. Na začátku této bakalářské práce stojí myšlenka návrhu dílenského zvedáku. Zvedáku disponujícího funkcí, která na trhu chybí. K této myšlence vedly praktické zkušenosti s manipulací s různými břemeny, různými způsoby. Nové zařízení však postrádá smysl, neexistuje-li pro něj uplatnění. V případě dílenského zvedáku není problém v jeho uplatnění, ale v existenci již dávno ověřených zařízení. Nový výrobek musí poskytnout něco navíc, najít si místo na trhu. V první části této práce se věnuji rozboru manipulací s materiály a břemeny. Oblast, do které navrhuji zařízení je nutné velmi dobře poznat. Tímto rozbohem je možné nalézt oblasti možného uplatnění. Pokud nalezneme možné uplatnění, lze konkrétněji specifikovat požadavky na budoucí zařízení. Pro maximální eliminaci chybných rozhodnutí je potřeba sestavovat více variant řešení. Sestavením např. tří variant získáváme možnost volby. Každá varianta může být účelná, ale porovnáním těchto tří variant objektivními metodami získáme variantu s pravděpodobně nejvyšším potenciálem úspěchu. Podrobným konstrukčním návrhem výsledné varianty získáváme podobu zařízení, které má smysl.

2.Manipulace s materiálem

2.1.Historie

Potřeba zvedat břemena těžší než je člověk schopen vlastními silami zvednout sáhá daleko do minulosti lidstva. S rozvojem výroby a staveb rostla i nutnost manipulace s velkými předměty, surovinami a dalšími materiály. Již 4000 let před naším letopočtem se objevili v oblasti Sumeru například káry s plnými koly a lodě poháněné vesly a plachtami. V Egyptě, 2 590 – 2 568 př. Kr. se při stavbě Cheopsovy pyramidy dopravilo cca 2,5 mil. m³ rozměrných kamenných kvádrů z 10 kilometrů vzdáleného lomu přes Nil. 700 let př.Kr. se v Řecku používal kladkostroj². Vývoj pokračoval rozvojem další mechanizace, vynálezem parního stroje ke spalovacím motorům až k dnešním možnostem robotizace.

2.2.Význam manipulace

Manipulace je spolu s technologií základem výroby. Patří do netechnologických operací, s výjimkou speciálních pohybů během procesu výroby patřících do technologie výroby. Na manipulaci s materiálem připadá 20-90% průběžného času výroby. V našem hospodářství se jí zabývá okolo 1,5milionu pracovníků. Význam je tedy veliký a skrývá proto potenciál pro zvyšování produktivity. Pro tuto problematiku se dnes používá termín logistika³.

Důležitým vstupním faktorem pro projektování manipulace s materiálem jsou vlastnosti přepravovaného materiálu. Stav, konzistence případně další fyzikální vlastnosti zásadně ovlivňují volbu způsobu přepravy.

2.2.1.Výsledky vhodně zvolené manipulace

- zvýšení produktivity práce
- snížení časů výroby
- zmenšení skladovacích ploch
- uvolnění ploch k lepšímu využití
- odstranění fyzicky namáhavých úkonů
- racionalizace práce
- zvýšení objemu výroby

²citováno z přednášek předmětu Konstrukce manipulační techniky

³ HAVELKA, Z.: *Mechanizační zařízení pro manipulaci s materiálem*. Praha: Nadas, 1990

2.3.Dělení materiálu dle stavu

- plyný
- kapalný
- tuhý
 - jednotlivý
 - hromadný
 - sypný (manipulace sypáním)
 - kusový (bedny, sudy, tyče)

Přeprava plyných a kapalných materiálů je velmi specifická. Řešení dopravy těchto materiálů by bylo mimo rámec této práce, proto se těmito materiály dále zabývat nebudeme.

2.2.2.Specifika tuhých materiálů

Kusový materiál

- velikost a tvar
- hmotnost kusů
- měrná hmotnost
- tuhost
- jakost povrchu
- teplota
- součinitel tření

Sypný materiál

- zrnitost
- lepkavost
- teplota
- korozivnost
- Zrnitost, procento výskytu zrn různé velikosti
- Lepkavost (např. vlhká hlína)
- Schopnost stírání s podložky
- Sypná hmotnost
- Vlhkost
- Sypný úhel
- Teplota, hořlavost
- Abrazivní (obrusivý) (např. koks, křemen ..)
- Hygroskopičnost (např. sádra, kuchyňská sůl)
- Explosivní (např. uhelný prach)
- Korozivní (např. kuchyňská sůl)
- Rozbitelný, křehký
- Páchnoucí (odpadky)

2.4.Rozdělení manipulace s materiálem

- Vážení, měření, počítání

- Obalové hospodářství

- Hospodaření s odpadem

- Skladové hospodářství

- Doprava
 - Vnější
 - Vnitřní
 - Meziobjektová
 - Vnitroobjektová
 - Mezioperační
 - Operační

2.5.Možnosti přepravy

- jednotlivé kusy
- jednotky (palety, kontejnery)
- volně ložené

2.6.Rozdělení manipulace dle významu v procesu výroby

- Netechnologická – pouhé přemísťování, vlastnosti materiálu se nemění
- Technologická – operace spojená s technologií výroby (sušení, třídění, balení)

2.7.Dopravní a manipulační systém

- Dopravní systém – doprava, přesun materiálu, nástrojů a měřidel mezi pracovišti, mezi sklady atd.
- Manipulační systém – zajišťuje manipulaci s břemeny přímo na pracovišti (polohování, nakládání atd.)⁴

⁴citováno z přednášky KKS/ZSDM

2.8.Pohony

Volbu pohonu stroje ovlivňuje několik ukazatelů. Za prvé je to typ stroje. Druhým hlediskem je způsob a intenzita práce. Důležitým provozním faktorem je energie k dispozici. Poslední, jeden z nejdůležitějších faktorů je ekonomické hledisko, jak provozní náročnost, tak také pořizovací náklady.

- ruční
- spalovací motory
- elektrický
- hydraulický
- pneumatický
- kombinovaný

2.9.Realizace dopravy a manipulace

- Ručně
- Částečná mechanizace
- Plná mechanizace
- Částečná automatizace
- Úplná automatizace

2.9.1.Ručně

- Nelze nahradit zručnost a jiné specifické schopnosti člověka
- Žádné dopravní zařízení, žádné řídicí zařízení

2.9.2.Částečná mechanizace

- Člověk používá pasivní dopravní prostředky
- Vozíky, válečkové tratě, jeřáby s ručním pohonem

2.9.3.Plná mechanizace

- Aktivní dopravní prostředky řízené člověkem
- Pomocné řídicí prostředky, řídicí panely, kontrolní přístroje
- Motoricky poháněné jeřáby, dopravníky, manipulátory

2.10. Další dělení dle ČSN 260002

2.10.1. PODLE DRÁHY PŘEPRAVOVANÉHO MATERIÁLU

- ***prostředky s pohybem materiálu po volné dráze***
dopravní vozíky, jeřáby s bezkolejovým pojezdem, nakládače, vykládače
- ***prostředky s pohybem materiálu po vázané dráze***
jeřáby kolejové, jeřáby nástěnné, podvěsné dopravníky, pásové a válečkové dopravníky
- ***prostředky nezávislé na dráze***
zařízení skladů, zařízení na úpravu materiálu, přepravní, prostředky

2.10.2. PODLE ČASOVÉ SPOJITOSTI

- ***kontinuálně a periodicky pracující***
- ***cyklicky pracující***

2.10.3. PODLE SILOVÉHO PŮSOBENÍ NA PŘEPRAVOVANÝ MATERIÁL

- ***gravitační***
např. spádové dopravníky (skluzy), velmi levné, téměř bezporuchové řešení
- ***nutné vnější silové působení***
poháněné jeřáby, zvedáky, dopravníky atd
- ***doprava v pomocném médiu***
pneumatické, hydraulické; materiál unášen v médiu

2.10.4. PODLE DRUHU PŘEPRAVOVANÉHO MATERIÁLU

- ***zařízení na přepravu sypkých materiálů***
- ***zařízení na přepravu sypkých a kusových materiálů***
- ***zařízení na přepravu kusových materiálů***
- ***zařízení na přepravu kapalin a plynů***⁵

⁵citováno z ČSN 260002

2.11. Další dělení dle ČSN 260003

- pásové
- článkové
- žlabové
- elevátory
- řetězové dopravníky
- dopravníkové tratě
- závěsové tratě
- lanové dopravníky
- podavače
- uzávěry⁶

2.12. Dle automatizace

Částečná automatizace

- Některé procesy jsou částečně automatizované
- Upínání (mechanické, magnetické) dojíždění do místa určení atd.

Úplná automatizace

- Plně automatické upínání a uvolňování břemene
- Automatické řízení všech funkcí
- Průmyslové roboty

⁶citováno z ČSN 260003

2.13.Kontinuálně pracující

- válečkové a kladičkové tratě
- podvěsné dopravníky

2.14.Přetržitě pracující manipulační prostředky pro kusový materiál

- vozíky
- jeřáby
- výtahy
- zdvižné plošiny
- zvedáky
- kladkostroje
- visuté kočky
- manipulační prostředky pracující s přetlakem vzduchu

Vozíky

- s ručním pohonem
- s motorickým pohonem (vysokozdvižné vozíky ...)
- akumulátorové vozíky
- vysokofrekvenční vozíky

Jeřáby

- mostové (podvěsné, podpěrné, jednonosníkové, dvounosníkové, ..)
- sloupové
- konzolové
- portálové
- mobilní

Výtahy

- zdviže

Zdvižné plošiny

- zdvižné plošiny využívající nůžkového mechanismu
- stacionární, mobilní

Zvedáky

- dílenské
- univerzální
- speciální

2.15. Jeřáby, průmyslové vozíky a zvedáky

Jeřáby a průmyslové vozíky jsou významnými body zájmu této bakalářské práce. Těmito prostředky se manipuluje přesně s těmi druhy břemen, se kterými by teoreticky manipuloval později navržený zvedák. Významné principy těchto zařízení budou tedy platit i pro navrhovaný zvedák. Je nutné tyto principy odhalit a pochopit filozofii těchto zařízení.

2.15.1. Jeřáby s pevnou jeřábovou dráhou

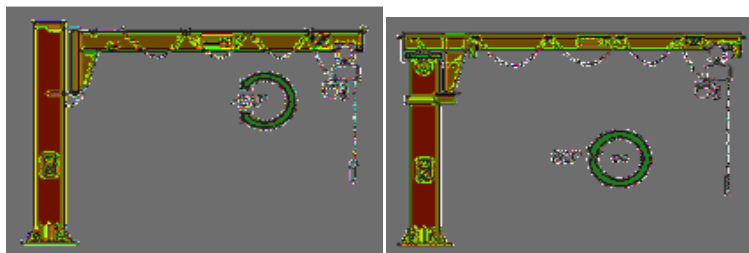
Mostové

- podvěsné
- podpěrné
- jednonosníkové
- dvounosníkové



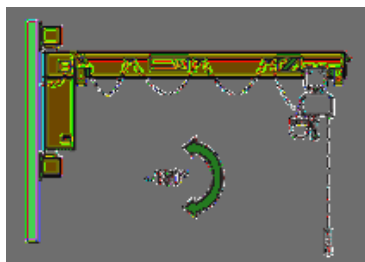
Obrázek 1 Mostový jeřáb

Sloupové

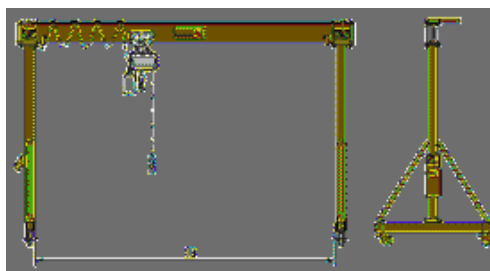


Obrázek 2 Sloupový jeřáb

Konzolové



Portálové



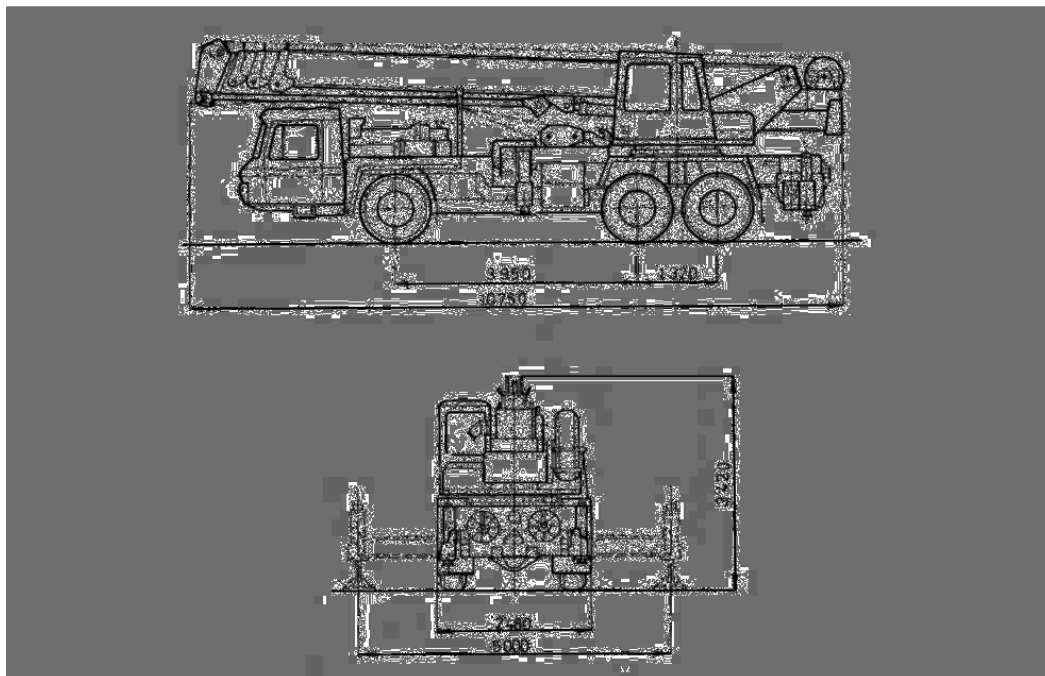
Obrázek 3 Konzolový a portálový jeřáb

⁷obrázky citovány z přednášek předmětu Konstrukce manipulační techniky

2.15.2. Mobilní jeřáby s volným pohybem

Tyto jeřáby jsou velmi rozšířené stroje pro manipulaci s břemeny. Staly se silnými konkurenty mostových a portálových jeřábů s pevnou jeřábovou dráhou. Důležitou roli zde sehrál rychlý vývoj hydraulických mechanismů, které poskytují těmto strojům sílu. Skládají se většinou z podvozku a nástavby. Nástavbu tvoří otočný svršek se strojovnou, kabinou obsluhy a výložníkem. Pohyb a celková funkčnost jeřábu je zajištěna vlastním pohonem. Jedná se o spalovací motory, dieselelektrické agregáty či elektromotory. Při manipulaci s těžkými břemeny je možno základnu rozšířit výsuvnými podpěrami. Podpěry tak zvýší stabilitu jeřábu, nicméně znemožní pohyb jeřábu. Takovéto jeřáby se vyrábí v širokém spektru nosností.

- kolejové jeřáby (s vozem na železničních kolech)
- samohybné jeřáby (automobilní a samohybné)
- samohybné portálové jeřáby
- housnicové
- jeřábové vozíky



Obrázek 4 ČKD AD 28 Tatra T815

2.15.3 Průmyslové vozíky

Průmyslové vozík jsou hojně používaná a velmi rozšířená manipulační zařízení. Neobejde se bez nich žádná výrobní hala, sklad nebo dílna. Slouží nejen ke zvedání břemen, ale i k jejich převážení. Zdá se, že se jedná o zařízení, používané z větší části pro zvedání či naopak pro převážení udává jejich konstrukce. Klasické paletovací vozíky jsou určeny především k převozu palet a dalších břemen k tomuto vhodných. Svým zdvihem cca 150mm a tvarem zdvihacích ploch jsou spíše úzce zaměřenými zařízeními. Vysokozdvíhací vozíky jsou univerzálně použitelné pro zvedání, převážení a další manipulaci. Jediným omezením je tvar vidlí. Ruční jeřábové vozíky jsou určeny především pro zdvih břemen s minimálním přejížděním a používají se hojně v dílnách, autoservisech a dalších v provozech. Svým použitím i konstrukcí jsou přímými konkurenty či vzory pro nově navrhovaný zvedák

S ručním pohonem



Obrázek 5 Ruční vozíky

Akumulátorové vozíky



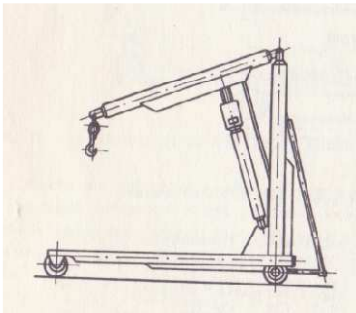
S motorickým pohonem

- vysokozdvíhací vozíky



Obrázek 6 Vysokozdvíhací vozík

Ruční jeřábové vozíky



Obrázek 7 Jeřábový vozík



Obrázek 8 Jeřábový vozík č. 2

2.16. Paletizace a kontejnerizace

Významným tématem v současné logistice je paletizace a kontejnerizace. Najít univerzální dopravní a manipulační prostředky pro pestrou paletu kusových materiálů by byl neuskutečnitelný úkol. Umístí-li se však výrobky či díly do normalizovaných obalů, palet nebo kontejnerů, je možné navrhnout dopravní a manipulační prostředky, případně celé systémy pro většinu tvarů a rozměrů současně. Nejznámější jednotkou pro logistiku je pravděpodobně europaleta. Je asi nejpoužívanějším obalem a nosičem zboží. Europaleta má rozměry 1200x800mm, většinou dřevěné konstrukce. Je velmi pravděpodobné, že navrhovaný zvedák se dostane do situace, kdy bude potřeba s takovou paletou manipulovat. Proto budou jeho manipulační schopnosti tomuto přizpůsobeny. Zároveň se domnívám, že bude vhodné, aby jej bylo možné ve složné konfiguraci umístit na paletu, jak pro případ přepravy, tak i pro skladování.



Obrázek 9 Paleta 1200mm x 800mm a ukázka jejího naložení



3.Požadavky na nový zvedák

V této části bakalářské práce by měli být stanoveny základní požadavky na nově navržený dílenský zvedák. Požadavky budou specifikovány v několika rovinách. Zprvé stanovíme funkční požadavky zvedáku, tzn., jaké funkce od zvedáku požadujeme. Ve druhé části bychom měli stanovit, jaké budou požadavky z hlediska konstrukce a výroby. Nakonec se stanoví specifikace životnosti a případné likvidace.

3.1.Funkční požadavky

- Jednoduchost obsluhy
- Jednoduchost konstrukce z hlediska uživatele
- Přijatelná pořizovací cena
- Zdvih 0 – cca 1800mm
- Nosnost cca 1000kg
- Dobrá manévrovatelnost bez břemene i se zvednutým břemenem
- Skladnost
- Stabilita zvedáku se zdviženým břemenem

3.2.Konstrukční požadavky

- Jednoduchost konstrukce
- Použití normalizovaných součástí
- Přizpůsobení konstrukce pravděpodobnému prostředí použití (odolnost proti poškození, zabezpečení proti přetížení, opatření pro případné předcházení nevhodného použití)
- Zajistit maximální životnost a bezporuchovost vhodnou konstrukcí, materiály, normalizovanými díly

3.3.Likvidační požadavky

- Demontovatelnost
- Možnost oddělení částí z různých materiálů
- Recyklovatelnost použitých materiálů
- Použití likvidovatelných provozních náplní

3.4.Důvody a směr vývoje nového zvedáku

V dílenském prostředí se vyskytuje několik druhů zvedáků, heverů či jeřábů. Tyto požadavky samozřejmě pokrývá i nabídka na trhu se zvedacími zařízeními. Tato práce směřuje k vývoji univerzálního zvedáku, použitelného v malých dílnách nebo k příležitostnému použití v jakémkoli provozu. Požadavkem je použitelnost ke zvedání jednotlivých břemen, o hmotnostech v řádu desítek kilogramů. Velikost a tvar břemen může obsahovat široké spektrum případů. Základní mírou může být velikost palety. V krajních či specifických případech je možné zvedat břemena jako jsou tyčoviny. Prvním impulzem či předlohou k vývoji nového zvedáku byly zkušenosti s univerzálním zvedákem, používaným v dílenském prostředí.



Obrázek 10 Dílenský zvedák

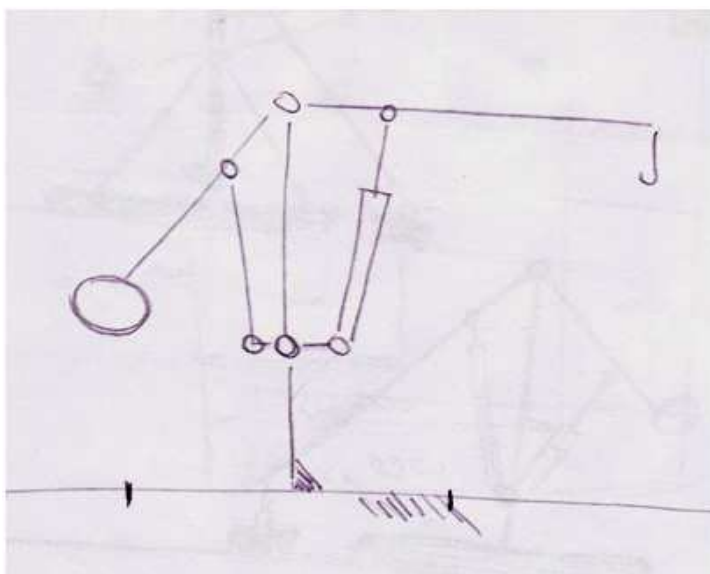
Tento zvedák se vyznačuje jednoduchou konstrukcí, vysokou univerzálností a nízkými pořizovacími náklady. Při práci s tímto typem zvedáku se však odhalí i jeho největší slabina. Problém spočívá v opěrných nohách, bez kterých se zvedák neobejde. S břemenem lze dobře manipulovat, ovšem do chvíle, kdy je nutné umístit náklad např. na stůl, pod který nelze s opěrnými nohama zajet. Na trhu se vyskytují zvedáky, které tento problém řeší protizávažím. Závaží vyvažuje celou vysunutou váhu břemene, což představuje i největší slabinu. Protizávaží velkých rozměrů a váhy není příliš praktické, tento problém jsem se rozhodl řešit.



Obrázek 11 Dílenské zvedáky s protizávažím

3.5. Myšlenka

Hlavní myšlenkou při vzniku této práce bylo nahrazení již zmiňovaného velkého závaží. Převísle rameno na němž je zavěšeno břemeno vyvolává moment, který ve většině případů zachycuje protizávaží. Problém spočívá v umístění tohoto závaží. Závaží většinou nepůsobí na dostatečně velkém rameni, proto musí být dostatečně těžké. Vysoká hmotnost protizávaží, řekněme 300kg je pro dílenský zvedák ve většině případů nevhodná. Řešením by bylo umístění závaží na dostatečně velkém rameni, aby bylo schopno zvedané břemeno vyvážit. V tomto případě je účinnost protizávaží lepší, nicméně pevné umístění závaží o hmotnosti sta kilogramů na vysutém rameni naráží na problém s manipulací se zvedákem, s jeho skladností atd. Zabýval jsem se tedy možnostmi vysouvání protizávaží v momentech, kdy je potřeba. Tato možnost sice není naprosto bez chyby, ale myslím si, že lze nalézt konstrukční cestu, která povede k cíli, jímž je použitelný zvedák, inovace a hlavně účelnost. K těmto cílům vedou racionální úvahy o prostředí, ve kterém bude zařízení používáno i o personálu, který bude se strojem pracovat. Zvedák musí být jednoduchý, odolný a schopný provozu s minimálními požadavky na obsluhu. Tyto faktory vedly k myšlence automatického zvedání protizávaží, víceméně bez zásahu obsluhy. Jednoduchost konstrukce s sebou přináší i úsporu výrobních nákladů, proto jsem se dále zabýval možnostmi zvednutí závaží nejlépe jednoduchým mechanismem. Toto vedlo k návržení mechanismu s dvojitým ramenem a vahadlem spojujícím ramena přes táhlo a píst, který zároveň tvoří jediný akční člen. To znamená, že obsluha ovládá pouze jediný prvek, píst. Zvyšováním síly pístu se nejprve zvedne protizávaží do potřebné výšky, tzn., zvětší se rameno, na kterém působí tíha protizávaží. Jakmile protizávaží dosáhne dané polohy, začne se zvedat i rameno s břemenem.



Obrázek 12 První skica mechanismu

3.6.Návrh variant zvedáku

Provedeme návrh tří variant, lišících se v konstrukci, v použití různých normalizovaných součástí, případně v použití ekvivalentních materiálů. Varianty by měli splňovat většinu předem zvolených specifikací. Návrh popř. vývoj směřuje k výsledným třem variantám lišících se v nosnosti a celkové robustnosti, ale sdílí společně základní myšlenku a princip. Varianty pokrývají široké spektrum využitelnosti v různých podmínkách. Záměrem bylo poskytnout možnost výběru potencionálním zákazníkům.

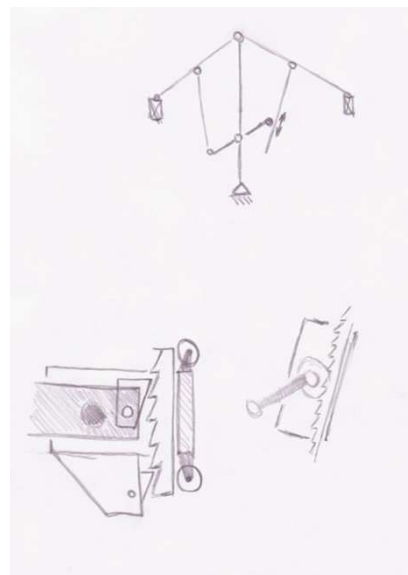
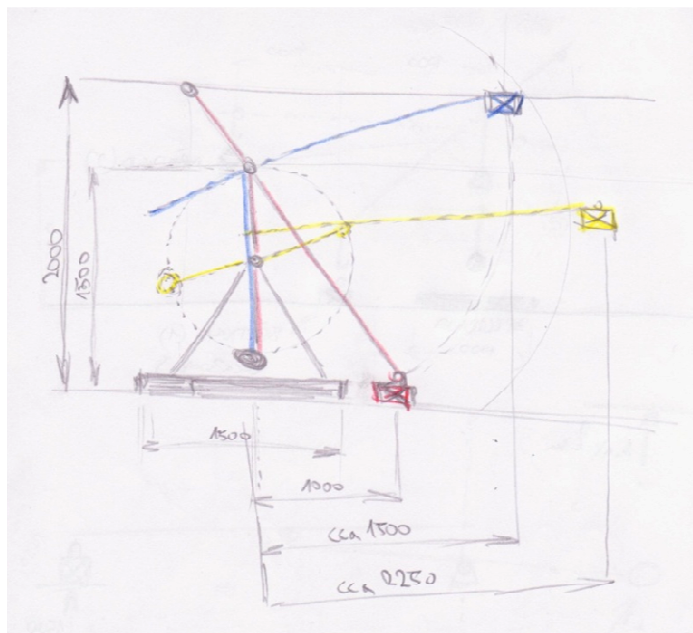
U variant se pokusíme blíže specifikovat jejich účel, případně nastíníme jejich umístění v provozu. Pokusím se přiblížit varianty jejich skicami a náčrty jejich činnosti. Navrheme jejich nosnost, hmotnost případně jiné podstatné parametry. Nejdůležitější bude odhad jejich kladných a záporných vlastností. Hodnocení bude důležité pro výběr ideální varianty pro další vývoj.

3.7.Návrh první varianty

První varianta zvedáku je nejjednodušší z trojice. Její nasazení prakticky navazuje na lidské možnosti zdvihu. Jejím úkolem není zdvihát břemena v řádu několika set kilogramů. Tento zvedák, resp. jeho návrh má šetřit lidskou sílu. Celý mechanismus je koncipován čistě na základě mechanických převodů, měl by se tedy obejít bez hydraulických systémů. To by zásadně ovlivnilo cenu, která by měla být nízká. Také hmotnost zvedáku by měla být nízká, dovolující přenos jedním člověkem.

Vlastnosti

- Zdvih: 0 – 1800mm
- Nosnost: 150kg
- Hmotnost: do 50kg



Obrázek 13 Skici první, nejjednodušší varianty

+ plně ruční obsluha

+ vypuštění negativních faktorů hydrauliky

+ nízká hmotnost

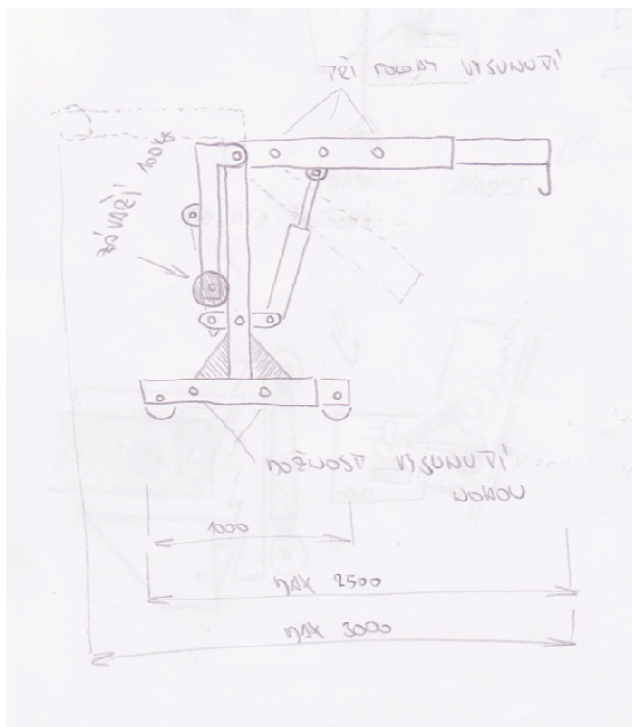
-nízká nosnost

3.8.Návrh druhé varianty

Druhá, navazující varianta nabízí zvýšení nosnosti a variability. Daní je vyšší hmotnost a technicky náročnější konstrukce. Tyto faktory se samozřejmě odrážejí ve výrobních resp. pořizovacích nákladech. Výsledkem je ovšem produkt, který z části překrývá možnosti první i následující varianty. Umožňuje manipulaci se širokým spektrem břemen, jak z pohledu hmotnosti, tak i z hlediska možností akčního radia. Rameno je zvedáno hydraulicky, zdrojem tlakového oleje by byla pravděpodobně ruční pumpa. Volitelnými úrovněmi vysunutí ramene je dána maximální nosnost v pracovních polohách. Vysunutím podvozku se nosnost zvyšuje na maximální.

Vlastnosti

- Zdvih: 0 – 2500mm
- Nosnost: v závislosti na konfiguraci až 1000 kg
- Hmotnost: 150kg



Obrázek 14 Skica druhé varianty

+ výhody kombinace ruční obsluhy a hydrauliky

+ skladnost

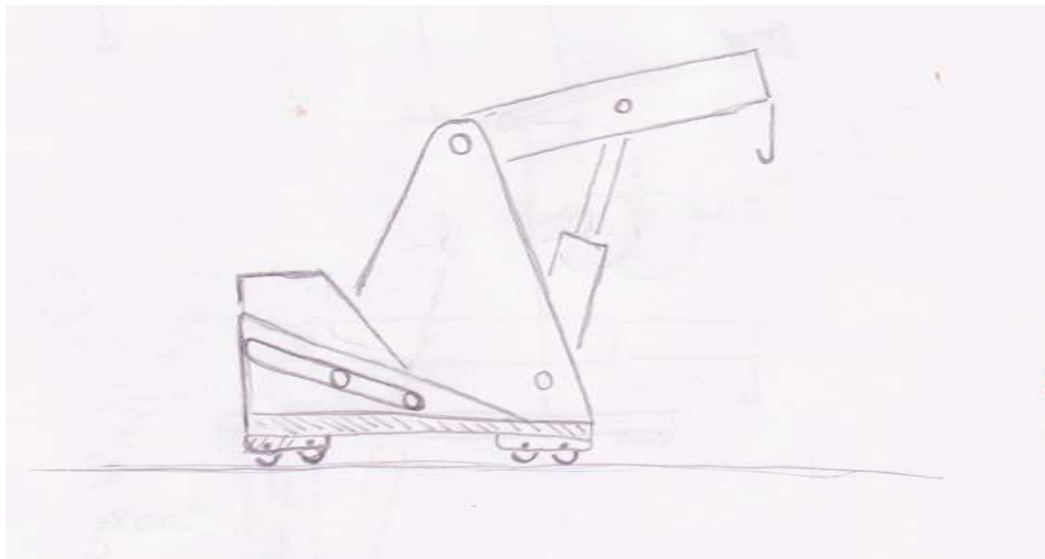
+ variabilita

3.9.Návrh třetí varianty

Poslední varianta návrhu zvedáku je tou nejtěžší. Stavba stroje napovídá o zaměření zvedáku a tím je zvedání těžkých břemen. Stroj by byl zaměřen na velmi specifickou činnost, představuji si jej například jako stroj pro vkládání forem do lisů. Úzkým zaměřením by byl vhodný pouze pro malé spektrum zákazníků. Zdvih ramene je samozřejmě hydraulický. Posuv protizávaží si vzhledem k jeho velké hmotnosti představuji také hydraulický. Celková hmotnost by byla při manipulaci problém, ovšem řešitelný pohonem, např. elektrickým, bateriovým.

Vlastnosti

- Zdvih: 0 – 1500mm
- Nosnost: 1000 kg
- Hmotnost: 400kg



Obrázek 15 Skica třetí, těžké varianty

- + masivní konstrukce
- + nosnost
- + odolnost
- celková hmotnost
- manévrovatelnost

4. Výběr nejvhodnější varianty

4.1. Párové srovnání kritérií

	pořadové číslo	počet voleb	pořadí významu	váha	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
					prostá hodnota	vážená hodnota	prostá hodnota	vážená hodnota	prostá hodnota	vážená hodnota
Maximální nosnost	1	5	1.	5	40	200	70	350	100	500
Maximální zdvih	2	2	5.+6.	2	60	120	100	200	30	60
Hmotnost	3	1	7.	1	90	90	80	80	50	50
Mobilita	4	4	2.+3.	4	80	320	80	320	50	200
Skladnost	5	2	5.+6.	2	80	160	80	160	70	140
Manévrovací schopnosti	6	4	2.+3.	4	70	280	70	280	50	200
Předpokládaná cena	7	3	4	3	80	240	60	180	50	150
Celkem (max = 28*100=2800)					1410		1570		1300	
Užitnost v relativním vyjádření					67,1%		74,8%		61,9%	

Tabulka 2 Hodnocení parametrů

	Předpokládaná cena	Manévrovací schopnosti	Skladnost	Mobilita	Hmotnost	Maximální zdvih	Maximální nosnost
Maximální nosnost	7	1	1	1	1	1	x
Maximální zdvih	7	2	2	4	3	x	
Hmotnost	7	6	5	4	x		
Mobilita	4	6	4	x			
Skladnost	5	6	x				
Manévrovací schopnosti	6	x					
Předpokládaná cena	x						

Tabulka 1 Vyhodnocení

4.2.Swot analýza

Jedná se o metodu určenou pro získání přehledu o slabých a silných stránkách posuzovaného tématu.

xxx	S – silné stránky	W – slabé stránky
O – příležitosti	strategie SO	strategie WO
T – hrozby	strategie ST	strategie WT

Tabulka 3 Swot analýza

strategie SO – spočívá ve využití silných stránek k získání výhod

strategie WO – překonání slabin využitím příležitostí

strategie SW – čelení hrozbám silnými stránkami

strategie WT – minimalizace nákladů a čelení hrozbám

Swot analýza nového zvedáku

Silné stránky	Slabé stránky
variabilita	komplikovanější konstrukce
skladnost	relativně nasycený trh
cena	nedůvěra trhu k novým výrobkům
jednoduchost obsluhy	
odolná konstrukce	
Příležitosti	Hrozby
nahrazování klasických zvedáků	možnost poškození špatnou obsluhou
příležitosti při obnově strojů	
uplatnění v malých dílnách	

Tabulka 4 Hodnocení zvedáku

4.3.Výsledek hodnocení

Provedl jsem objektivní hodnocení variant zvedáku. Párové srovnání kritérií poskytuje na základě hodnocení parametrů přesnou užitnost variant zvedáků. Hodnotil jsem parametry jako hmotnost, nosnost, zdvih a několik dalších. Při hodnocení jsem vycházel z návrhů variant, proto jsou parametry pouze předpokládané. Výsledkem je nejvyšší užitnost střední varianty zvedáku.

Swot analýza ukazuje silné a slabé stránky navrhovaného řešení. I z těchto poznatků vychází střední varianta jako nejlepší volba pro další vývoj. Při zachování standardních parametrů pro tyto zvedáky nabízí inovaci a variabilitu s nejmenší pravděpodobností neúspěchu a hrozeb.

5. Bezpečnostní aspekty provozu zvedáku

V rámci této bakalářské práce není možné zabývat se podrobně bezpečností a bezpečnostními předpisy pro provoz zdvihacích zařízení a jeřábů. Soustředím se tedy na bezpečnostní řešení týkající se pouze mého návrhu zvedáku. V této části práce se tedy pokusím definovat některé bezpečnostní aspekty navrhovaného zvedáku a řešení pro jejich bezpečné dodržování.

5.1. Zajištění bezpečného provozu

Technické požadavky pro provoz zvedáku

- Maximální a minimální poloha ramene musí být vybavena funkčními bezpečnostními koncovými omezovači zdvihu
- Všechny ovládací prvky musí být jasně čitelné a přehledné podle účelu funkce
- Zvedák musí mít stále čitelný štítek výrobce pro kontrolu

Požadavky pro bezpečný provoz a obsluhu zvedáku

- Obsluhovat zvedák mohou pouze zaměstnanci, kteří byli prokazatelně –písemně školeni z návodu výrobce, dané organizační směrnice a jejich znalosti byli úspěšně ověřeny
- Obsluha musí být mimo školení a přezkoušení prakticky zacvičen-zaučená externím bezpečnostním technikem nebo majitelem firmy
- Povinností obsluhy je, aby v prostoru zvedáku se neskladoval materiál a aby byl vždy zajištěn dostatečný a bezpečný manipulační prostor
- Zvedání lze započítat tehdy, pokud má obsluha přehled po celém pracovním místě a má i přehled po těch částech pracovního místa, které nejsou v danou chvíli z místa obsluhy viditelné
- Vznikne-li při činnosti zvedáku závada ohrožující bezpečnost musí obsluha neprodleně tuto závadu nahlásit

Zakázané činnosti

- Používat zvedák k jiným účelům než je stanoven a to včetně dodržení stanovené nosnosti
- Porušovat zákazy uvedené na výstražných bezpečnostních tabulkách
- Vyřazovat z funkce bezpečnostní zařízení⁸

⁸ URL: < http://www.traiva.cz/dokumentace_info.php [cit. 2013-2-2]

5.2.Značení, tabulky, nápisy

Nejdůležitějším údajem zdvihacího zařízení je nosnost. Udává se v kilogramech nebo v tunách. Označení nosnosti musí být dobře čitelné z místa, kde se pohybuje obsluha jeřábu. V našem případě je nutné zajistit tedy hlavně dostatečnou čitelnost, případně trvanlivost nápisu.

- Nosnost s jedním zdvihem

NOSNOST
16 000 kg

U mobilních jeřábů, které mohou měnit délku výložníku, se musí uvádět maximální nosnost k příslušnému vyložení.

- Nosnost s měnitelným vyložením a nosností

NOSNOST	VYLOŽENÍ
16 000 kg	4m
3 000 kg	12m

Navrhovaný zvedák bude vybaven nejen teleskopickým výložníkem, ale také teleskopicky vysunutelným opěrným podvozkem, což značení nosnosti poněkud komplikuje, a proto se konkrétní podobou značení budu zabývat až po dokončení návrhu, tzn. po konstrukční části práce.

Značení zdrojů nebezpečí

Zdroje nebezpečí na jeřábech musí být výrazně značeny (ČSN 012720, ČSN 2701111). Označení se provádí střídavými pruhy žluté a černé barvy, u mobilních jeřábů pruhy černé a bílé barvy. Barva se nanáší ve střídavých pruzích v úhlu 45° - 60° k horizontále, pruhy stejně široké 30mm - 150mm. Značí se části potenciálně nebezpečné pro okolí :

- závěs s hákem
- trvalé vázací prostředky
- hlava výložníku 400mm – 2000mm
- protiváha pohybující se v průchozí výšce
- otočné části do průchozí výšky
- výsuvné podpěry

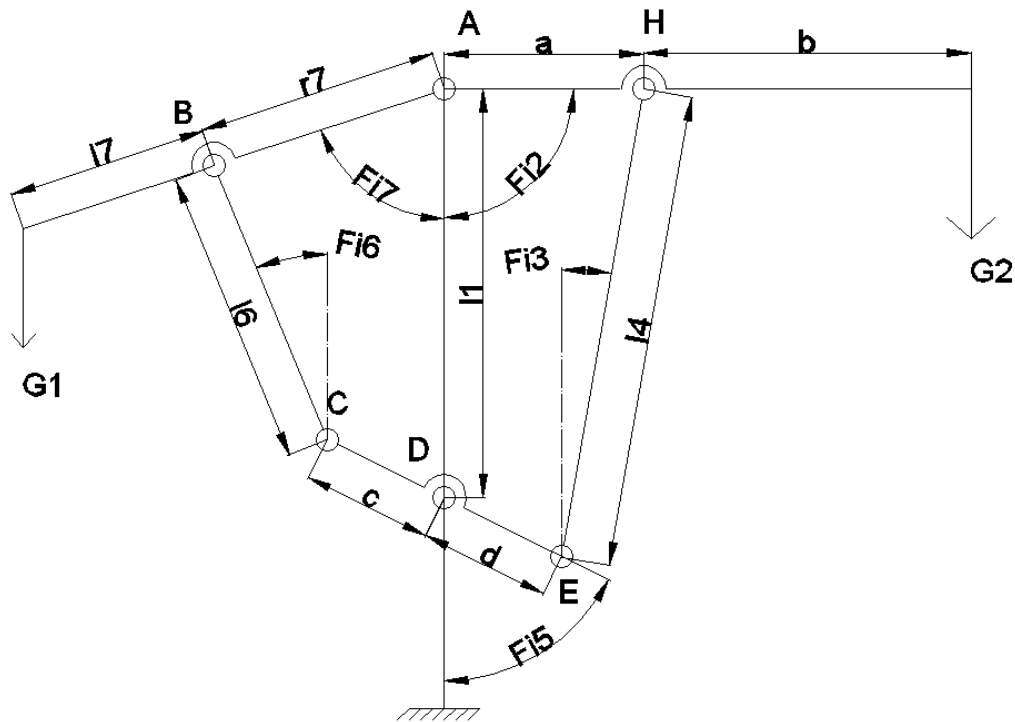
Značení ovládání

Všechny ovládací prvky, např. páky, táhla, signalizační prvky musí být trvanlivým a přehledným způsobem značeny podle způsobu použití. Značení se provádí dle ČSN 270108 s pomocí symbolů.

6.Konstrukční návrh zvedáku

6.1.Kinematika zvedáku

Výpočet závislosti úhlů



Obrázek 16 Schéma zvedáku

$a=250$ mm
 $b=940$ mm
 $c=245$ mm
 $d=130$ mm
 $r=385$ mm
 $l_1=1080$ mm
 $l_4=680$ mm
 $l_6=1070$ mm
 $l_7=850$ mm
 $\varphi_7=\text{volíme}$
 $\varphi_2=\text{volíme}$

6.1.1. Závislosti plynoucí z kinematiky zvedáku

$$\varphi_5 = \tan^{-1} \left(\frac{r \sin \varphi_7}{l_1 - r \cos \varphi_7} \right) + \cos^{-1} \left(\frac{c^2 + r^2 + l_1^2 - l_6^2 - 2rl_1 \cos \varphi_7}{2c\sqrt{r^2 + l_1^2 - 2rl_1 \cos \varphi_7}} \right)$$

$$\varphi_6 = \tan^{-1} \left(\frac{r \sin \varphi_7}{l_1 - r \cos \varphi_7} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{-c^2 + r^2 + l_1^2 + l_6^2 - 2rl_1 \cos \varphi_7}{2l_6\sqrt{r^2 + l_1^2 - 2rl_1 \cos \varphi_7}} \right)$$

$$\varphi_{53} = \tan^{-1} \left(\frac{a \sin \varphi_2}{l_1 - a \cos \varphi_2} \right)$$

$$|HD| = \sqrt{a^2 + l_1^2 - 2al_1 \sin \varphi_2}$$

$$\delta = \pi - \varphi_{53} - \varphi_5$$

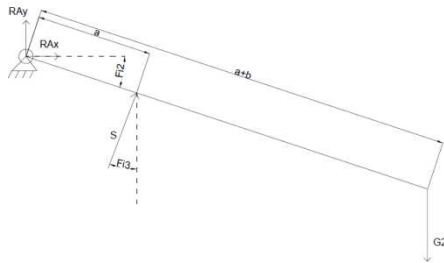
$$\xi_4 = \sqrt{a^2 + l_1^2 - 2al_1 \cos \varphi_2 + d^2 - 2|HD|d \cos \delta - l_4}$$

$$\gamma = \cos^{-1} \left(\frac{|HD|^2 + (l_4 + \xi_4)^2 - d^2}{2|HD|(l_4 + \xi_4)} \right)$$

6.2. Statika zvedáku

- řešeno metodou uvolňování

6.2.1. Rameno s břemenem



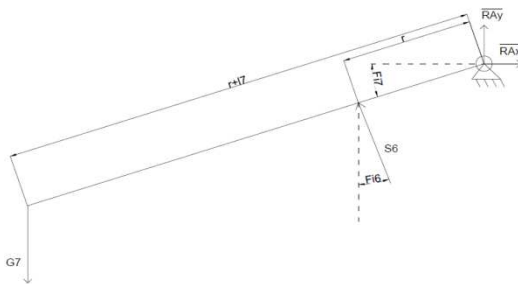
Obrázek 17 Rameno s břemenem

$$1) \sum_i^n F_{ix} = 0 : R_{Ax} + S \sin \varphi_3 = 0$$

$$2) \sum_i^n F_{iy} = 0 : R_{Ay} + S \cos \varphi_3 - G_2 = 0$$

$$3) \sum_i^n M_{iA} = 0 : -G_2(a+b) \sin \varphi_2 + Sa \sin(\varphi_3 + \varphi_2) = 0$$

6.2.2. Rameno s protizávažím



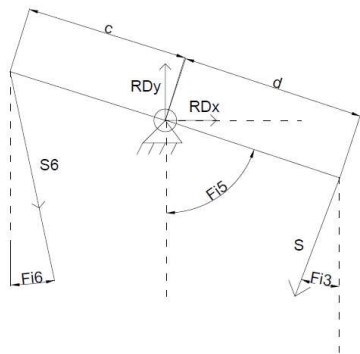
Obrázek 18 Rameno s protizávažím

$$4) \sum_i^n F_{ix} = 0 : \overline{R_{Ax}} - S_6 \sin \varphi_6 = 0$$

$$5) \sum_i^n F_{iy} = 0 : \overline{R_{Ay}} + S_6 \cos \varphi_6 - G_7 = 0$$

$$6) \sum_i^n M_{iA} = 0 : G_7(l_7 + r) \sin \varphi_7 + S_6 r \sin(\varphi_6 + \varphi_7) = 0$$

6.2.3.Vahadlo



Obrázek 19 Vahadlo

$$7) \sum_i^n F_{ix} = 0 : R_{Dx} - S \sin \varphi_3 + S_6 \sin \varphi_6 = 0$$

$$8) \sum_i^n F_{iy} = 0 : R_{Dy} - S \cos \varphi_3 - S_6 \cos \varphi_6 = 0$$

$$9) \sum_i^n M_{iD} = 0 : S_6 c \sin(\varphi_5 - \varphi_6) - S d \sin(\varphi_3 + \varphi_5) = 0$$

Řešení rovnic

$$\text{z rovnice 6 : } S_6 = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)}$$

$$\text{dosazení do 5 : } \overline{R_{Ay}} = G_7 - G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)} \Leftrightarrow \overline{R_{Ay}} = G_7 - S_6 \sin \varphi_6$$

$$\text{z rovnice 4 : } \overline{R_{Ax}} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7 \sin \varphi_6}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)} \Leftrightarrow \overline{R_{Ax}} = S_6 \sin \varphi_6$$

$$\text{dosazení z rovnice 6 do rovnice 9 : } S d \sin(\varphi_3 + \varphi_5) = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)}$$

$$\text{vyjádření } S : S = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{d \sin(\varphi_7 + \varphi_6) \sin(\varphi_3 + \varphi_5)} \Leftrightarrow S = S_6 \frac{c \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5)}$$

$$\text{Dosazení do 8 : } R_{Dy} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6) \cos \varphi_3}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5) \sin(\varphi_7 + \varphi_6)} + G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7 \sin \varphi_6}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)}$$

$$R_{Dy} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)} \left(\frac{c \sin(\varphi_5 - \varphi_6) \cos \varphi_3}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5)} + \cos \varphi_6 \right)$$

$$\text{Dosazení do 7 : } R_{Dx} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6) \sin \varphi_3}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5) \sin(\varphi_7 + \varphi_6)} - G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7 \sin \varphi_6}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)}$$

$$R_{Dx} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{\sin \varphi_7}{\sin(\varphi_7 + \varphi_6)} \left(\frac{c \sin(\varphi_5 - \varphi_6) \sin \varphi_3}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5)} - \sin \varphi_6 \right)$$

$$\text{z rovnice 3 : } G_2(a + b) \sin \varphi_2 = S * a * \sin(\varphi_3 + \varphi_2)$$

$$G_2 = S \frac{a}{a+b} * \frac{\sin(\varphi_3 + \varphi_2)}{\sin \varphi_2} = G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{d \sin(\varphi_7 + \varphi_6) \sin(\varphi_3 + \varphi_5)} * \frac{a}{a+b} * \frac{\sin(\varphi_3 + \varphi_2)}{\sin \varphi_2}$$

$$\text{z rovnice 1 } \Rightarrow R_{ax} = -S \sin \varphi_3 \Leftrightarrow R_{ax} = -G_7 \left(\frac{l_7}{r} + 1 \right) \frac{c \sin \varphi_7 \sin(\varphi_5 - \varphi_6) \sin \varphi_3}{d \sin(\varphi_3 + \varphi_5) \sin(\varphi_7 + \varphi_6)}$$

$$\text{z rovnice 2 } \Rightarrow R_{ay} = G_2 - S \cos \varphi_3$$

6.3. Výpočtová úloha pro program Matlab

Pro výpočet síly na konci ramene byl sestaven program v softwaru MATLAB. V programu byla uvažovaná fixní poloha ramene s protizávažím, vstupní proměnnou byla poloha, resp. natočení ramene s břemenem. Výsledná síla reprezentuje takové zatížení zvedáku, aby nastala silová rovnováha v různých polohách ramene s břemenem.

Ukázka programu

```
clc;
clear all;

% zadani vstupnich velicin
a = 0.250;
b = 0.94;
c = 0.245;
d = 0.122;
r = 0.385;
l1 = 1.08;
l4 = 0.68;
l6 = 1.07;
l7 = 0.85;
phi7 = 65*pi/180;
G7 = 1000;
% =====

i = 1;
for phi2 = 20*pi/180:5*pi/180:130*pi/180

% Vypocet potrebnych zdvihovych funkcii
phi5 = atan(r*sin(phi7)/(l1-r*cos(phi7)))+acos((c^2+r^2+l1^2-l6^2-2*r*l1*cos(phi7))/(2*c*sqrt(r^2+l1^2-2*r*l1*cos(phi7))));
phi6 = atan(r*sin(phi7)/(l1-r*cos(phi7))-acos((l6^2+r^2+l1^2-c^2-2*r*l1*cos(phi7))/(2*l6*sqrt(r^2+l1^2-2*r*l1*cos(phi7))));
phi53(i) = atan(a*sin(phi2)/(l1-a*cos(phi2)));
HD(i) = sqrt(a^2+l1^2-2*a*l1*cos(phi2));
delta(i) = pi-phi53(i)-phi5;
ksi4(i) = sqrt(a^2+l1^2-2*a*l1*cos(phi2)+d^2-2*HD(i)*d*cos(delta(i)))-l4;
gamma(i) = acos((HD(i)^2+(l4+ksi4(i))^2-d^2)/(2*HD(i)*(l4+ksi4(i))));
phi3(i) = phi53(i)-gamma(i);
% =====

% Vypocet pridavnych silovych ucinku a reakc
S6 = G7*(1+l7/r)*(sin(phi7)/sin(phi6+phi7));
RAAy = G7-S6*cos(phi6);
RAAx = S6*sin(phi6);
S(i) = S6*(c*sin(phi5-phi6))/(d*sin(phi3(i)+phi5));
RDy(i) = S(i)*cos(phi3(i))+S6*cos(phi6);
RDx(i) = S(i)*sin(phi3(i))-S6*sin(phi6);
G2(i) = S(i)*(a/(a+b))*sin(phi2+phi3(i))/sin(phi2);
RAx(i) = -S(i)*sin(phi3(i));
RAy(i) = G2(i)-S(i)*cos(phi3(i));

% =====

phi2_vektor(i) = phi2;
i = i+1;

end;
```



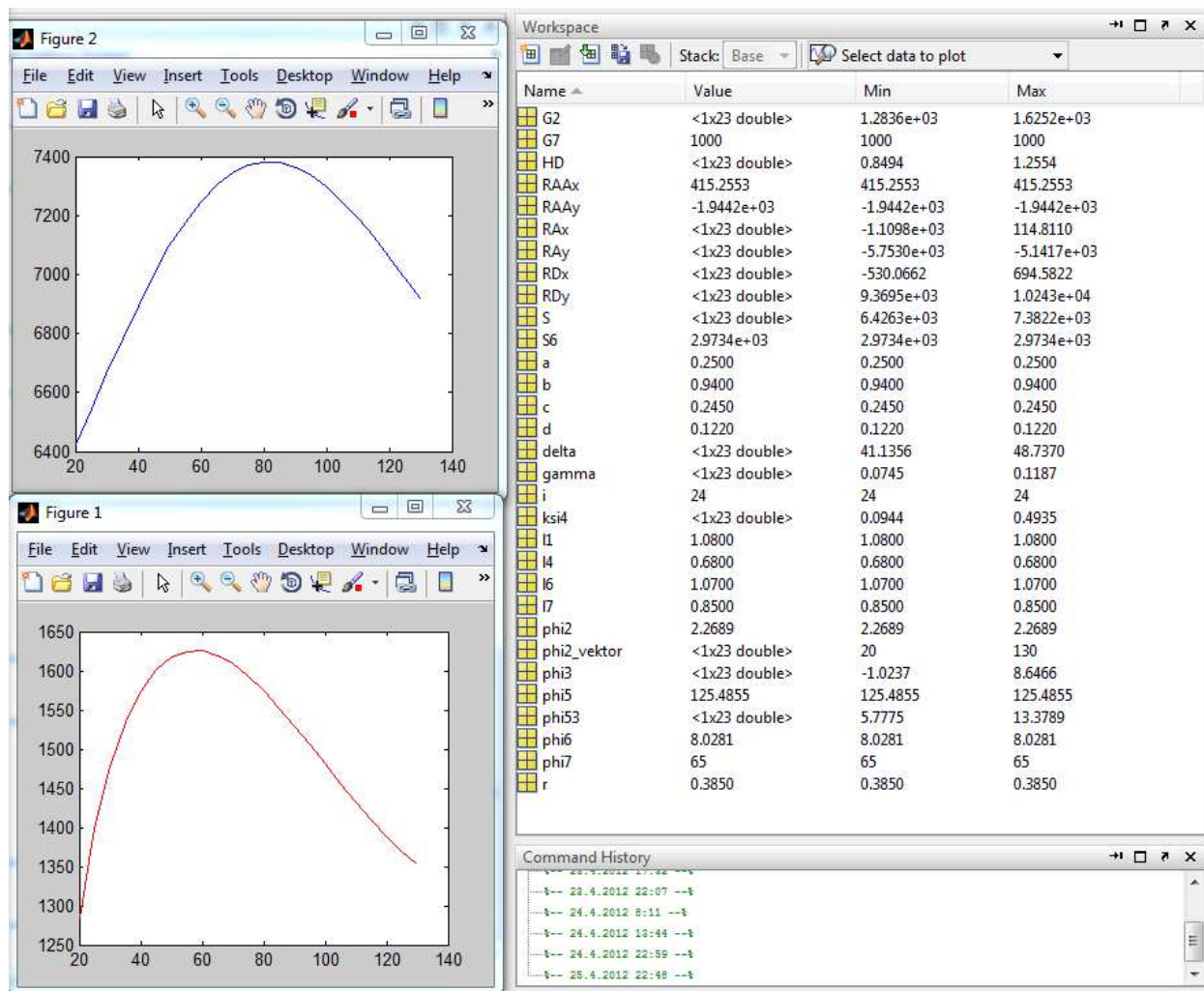
```
% Tisk hodnot
phi2_vektor = phi2_vektor*180/pi
phi7 = phi7*180/pi
phi5 = phi5*180/pi
phi6 = phi6*180/pi
phi53 = phi53*180/pi
delta = delta*180/pi
phi3 = phi3*180/pi
ksi4

G2
S
S6
RAx
RAy
RAAx
RAAy
RDx
RDy

figure(1)
plot(phi2_vektor,G2,'r'); hold on;

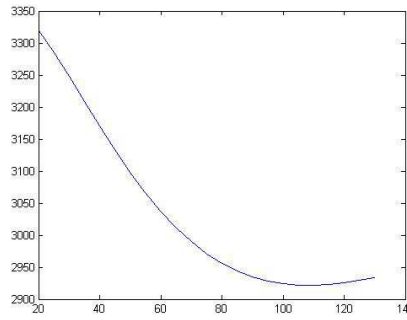
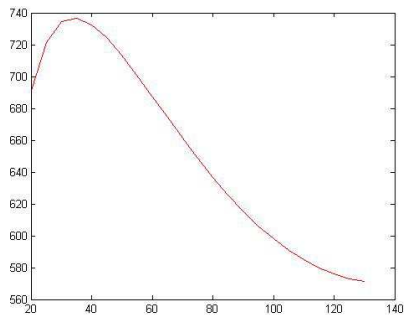
figure(2)
plot(phi2_vektor,S,'b'); hold on;
```

Ukázka výsledků

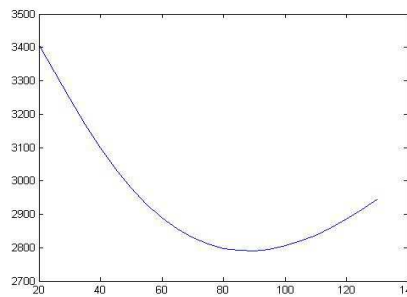
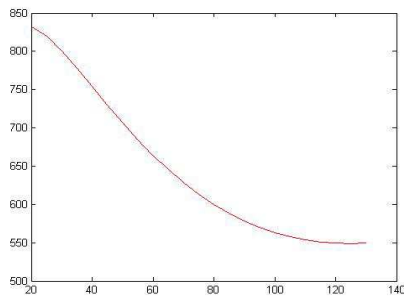


Obrázek 20 Výsledky Matlab

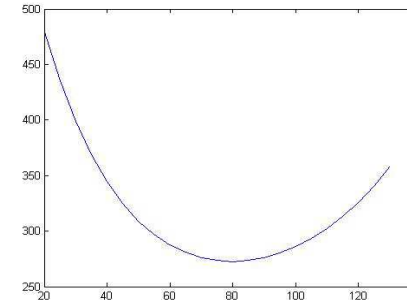
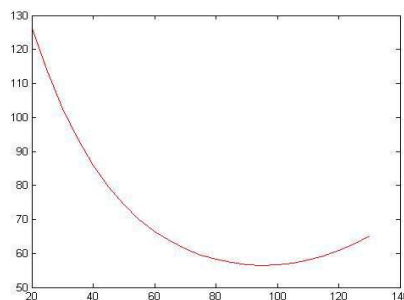
Poloha protizávaží 20°



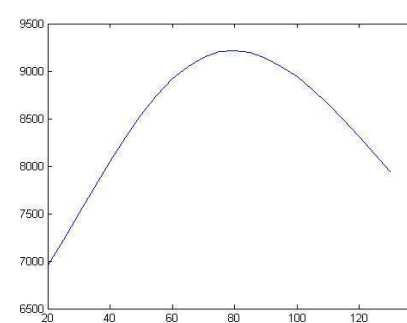
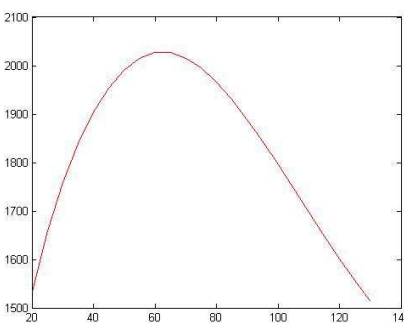
Poloha protizávaží 30°



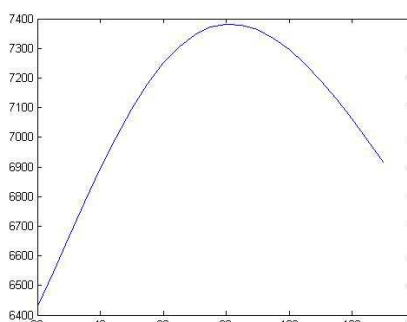
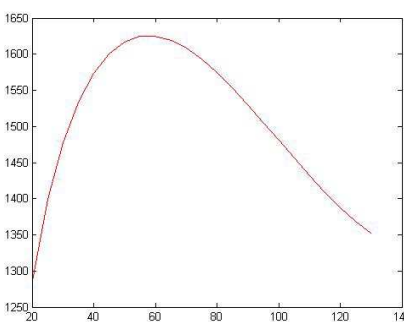
Poloha protizávaží 40°



Poloha protizávaží 55°



Poloha protizávaží 65°



Diskuse výsledků výpočtu

Sestavením a řešením rovnic statické rovnováhy jsme získali popis průběhu sil působících v jednotlivých členech zvedáku. Síly jsou vyjádřeny v závislosti na polohách zvedáku, přesněji na natočení ramen. Řešením úloh je výsledná síla. Řešení síly neposkytuje přesný obraz dějů, tak jako by poskytlo řešení polohy. Řešení úlohy polohy je však vzhledem ke komplikovaným převodovým vzorců o řád vyšší úloha a vymykala by se rozsahu práce. Rovnice definují sestavený program. Ten po zadání rozměrových parametrů a natočení ramene s protizávažím poskytuje výslednou sílu vyvíjenou v daný okamžik imaginárním břemenem. Dalšími výsledky jsou reakce a natočení členů. Hlavním zájmem byla síla na straně s břemenem. Jak vidíme v grafech, s rostoucím natočením ramene (osa x) klesá, ovšem podstatné jsou jednotlivé polohy protizávaží. Při natočení ramene s protizávažím v úhlu 20° je maximální síla 740N a to při natočení ramene s břemenem 40° , tzn., že rovnovážnou polohu získáváme zavěšením břemene o hmotnosti 74Kg. To je velmi důležité, neboť mezní hmotnost břemene pro stabilitu zvedáku bez protizávaží je 140Kg (viz následující stat'). Protizávaží se tedy včas zvedne a zajistí tak stabilitu zvedáku. Síla v pístu v této poloze je dle výpočtu cca 3400N. S rostoucím natočením ramene s protizávažím síla imaginárního břemene mírně klesá, ale od 40° strmě roste až na výslednou sílu cca 2000N (tzn. cca 200Kg) při 65° . Rameno s břemenem je ve chvíli maxima v úhlu cca 60° . Síla v pístu v tento okamžik dosahuje 7200N.

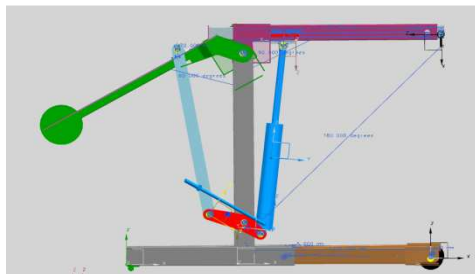
Tyto výsledky ovšem platí pro idealizované schéma dvojitého čtyřkloubového mechanismu. Na modelu výsledného zvedáku se objevuje několik nuancí, které výsledky ovlivní. Nemluvě o případných reálných hodnotách, např. na prototypu.

6.4. Statické řešení stability zvedáku v polohách

Předpokládejme krajní situaci zatížení zvedáku. Protizávaží je zvednuto do maximální polohy, tzn. působí na nejdelší páce. Rameno je zvednuto v úhlu 65st od vertikální osy zvedáku. Tento úhel jsem zvolil, protože závaží je zvednuto pouze do 1metru výšky, avšak $\sin 65$ je roven 0,906 to znamená, že je dosaženo 90% maximálního ramene páky. Při řešení stability zvedáku zanedbávám hmotnost samotného zvedáku bez protizávaží, odhadnu-li hmotnost zvedáku bez protizávaží na cca 50kg, budiž tato hmotnost určitou zárukou stability v kritických bodech rovnováhy.

6.4.1. Poloha 1

- rameno zasunuté
- podvozek vysunutý



$$\sum M_i = 0; 2110 \times 1000 - 30 \times F_b = 0$$

$F_b = 70,333 \text{ N} \Rightarrow m_{\max} = 7033 \text{ kg} \Rightarrow$ omezení silou pístu a dimenzací ramene

Maximální nosnost při vysunutém podvozku a nejkratším rameni s břemenem volím z hlediska užitnosti 1000kg.

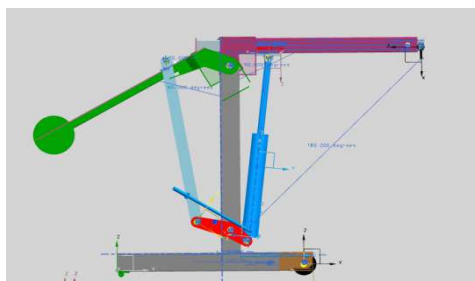
Obrázek 21 Poloha 1

Nosnost : 1000kg

Maximální břemeno pro neaktivní protizávaží: 5500kg => břemeno omezeno dimenzací zvedáku

6.4.2. Poloha 2

- rameno zasunuté
- podvozek zasunutý



$$\sum M_i = 0; 1450 \times 1000 - 730 \times F_b = 0$$

$$F_b = 1986 \text{ N} \Rightarrow m_{\max} = 198 \text{ kg}$$

Maximální nosnost z hlediska stability při zasunutém podvozku i rameni s břemenem je cca 200kg

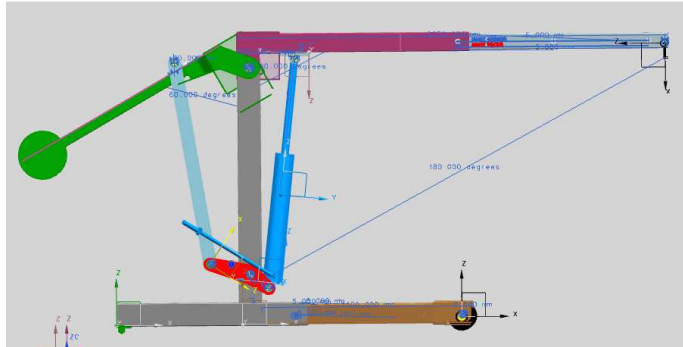
Obrázek 22 Poloha 2

Nosnost : 200kg

Ekvivalentně: maximální břemeno pro neaktivní protizávaží : 140kg

6.4.3.Poloha 3

- rameno vysunuté
- podvozek vysunutý



$$\Sigma M_i=0; 2110 \times 1000 - 1070 \times F_b = 0$$

$$F_b = 1971 \text{ N} \Rightarrow m_{\max} = 197 \text{ kg}$$

Maximální nosnost z hlediska stability při vysunutém podvozku a vysunutém rameni s břemenem je cca 200kg

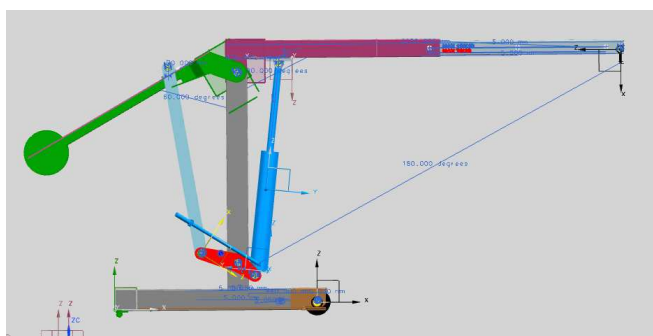
Obrázek 23 Poloha 3

Nosnost : 200kg

Ekvivalentně: maximální břemeno pro neaktivní protizávaží : 150kg

6.4.4.Poloha 4

- rameno vysunuté
- podvozek zasunutý



$$\Sigma M_i=0; 1450 \times 1000 - 1730 \times F_b = 0$$

$$F_b = 838 \text{ N} \Rightarrow m_{\max} = 84 \text{ kg}$$

Maximální nosnost z hlediska stability při vysunutém podvozku a vysunutém rameni s břemenem je cca 80kg

Obrázek 24 Poloha 4

Nosnost : 80kg

Ekvivalentně: maximální břemeno pro neaktivní protizávaží : 58kg

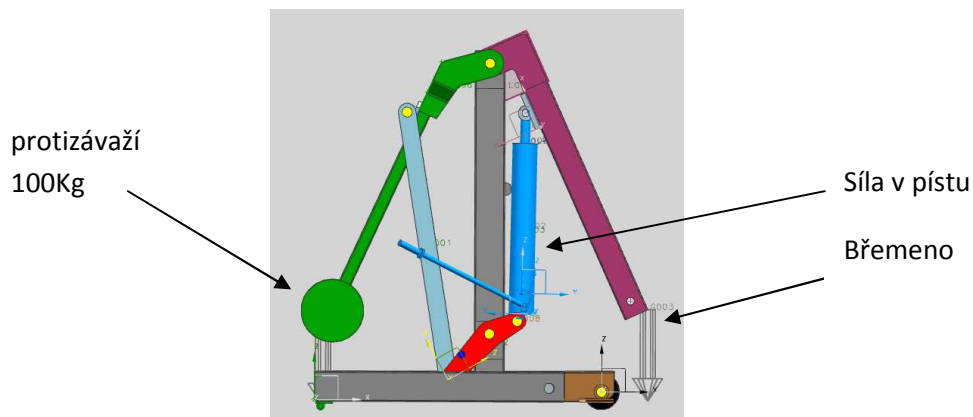
6.5. Statická analýza v programu NX7.5

Jak bylo zmíněno v předchozím odstavci, výsledky obdržené v programu Matlab neodpovídají zcela výsledkům na reálném modelu. Proto byl model podroben simulaci zatížení v programu NX7.5, tzv. Motion Simulation.

Startovní poloha je ve složené konfiguraci.

Silové účinky :

- gravitační působení na tělesa
- gravitace působící na protizávaží celkem 1000N
- zavěšené břemeno
- síla v pístu

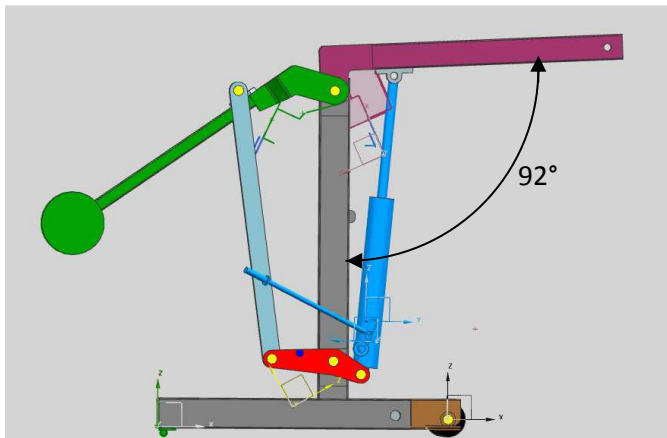


Obrázek 25 Schéma působících sil

Výsledkem této simulace bude poloha, ve které bude zvedák v rovnováze při daném zatížení. Pro korektní funkčnost zvedáku je nutné, aby se protizávaží včas dostalo do pracovní polohy a tím zajistilo stabilitu zvedáku. Proto jsem provedl analýzu pro zatížení břemenem o váze 100Kg a 200Kg. Při analýze se volila těžší síla v pístu, což poskytlo hodnoty pro odhad dimenzací pístu.

6.5.1.Zatížení břemenem 100Kg

Síla v pístu 4700N



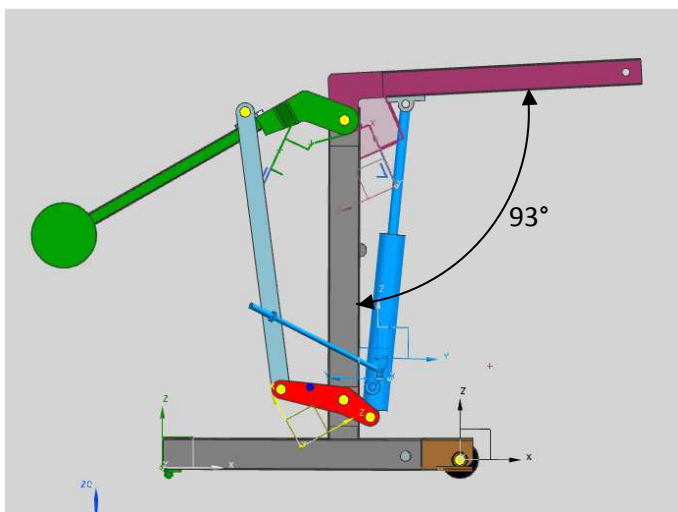
Obrázek 26 Výsledná poloha 100Kg

Již při zatížení břemenem o hmotnosti 100Kg se protizávaží dostává do pracovní polohy, tzn. zajišťuje potřebnou stabilitu zvedáku.

6.5.2.Zatížení břemenem 200Kg

Síla v pístu 8000N

Zde je vidět výsledná poloha při zatížení břemenem o váze 200Kg. Další zvyšování váhy břemene již nemá vliv na polohu protizávaží. Protizávaží dosáhlo konečné polohy, která je předem definovaná.



Obrázek 27 Výsledná poloha 200Kg

6.6.Pevnostní analýza

Provedl jsem pevnostní analýzu zdvihacího ramene. Vzhledem k variabilitě zařízení, tzn. vysouvání vnitřního profilu, bylo zapotřebí provést výpočet alespoň pro dvě polohy. Zvolil jsem tedy krajní polohy vysunutí. První výpočet byl proveden pro rameno v nejkratší konfiguraci. Druhý výpočet byl pro polohu s maximálním vysunutím ramene.

6.6.1.Pevnostní analýza zasunutého ramene

Při dimenzaci v této poloze bylo potřeba počítat s maximálním možným zatížením až 1000Kg na konci ramene. Naopak výhodou této konfigurace je, že průřez tvoří dva profily (jekly). Byly zvoleny normalizované profily jekl 100x80 se stěnou 4mm a jekl 80x60 se stěnou také 4mm.

Průřezová charakteristika složeného profilu

$$W_o = \frac{\frac{BH^3 - bh^3}{12} + \frac{B_1H_1^3 - b_1h_1^3}{12}}{\frac{H}{2}}$$

$$W_o = \frac{\frac{60 * 80^3 - 52 * 72^3}{12} + \frac{80 * 100^3 - 72 * 100^3}{12}}{\frac{100}{2}}$$

$$W_o = 58742mm^4$$

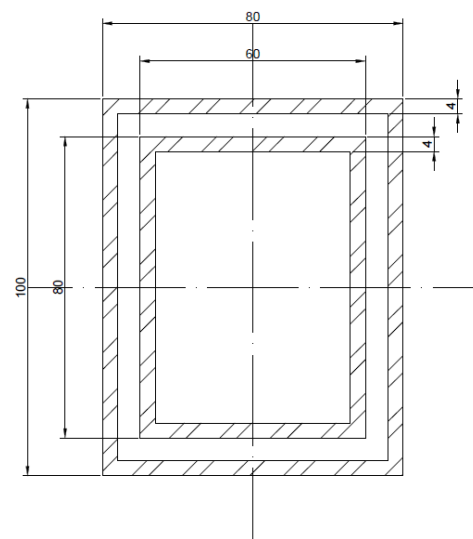
Napětí na profilu

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_o}$$

$$\sigma_o = \frac{937 * 1000 * 9,81}{58742}$$

$$\sigma_o = 156MPa$$

$$\sigma_o = 156 \leq \sigma_{Do} = \frac{R_e}{k} = \frac{330}{2} = 165MPa$$



Obrázek 28 Řez 1

6.6.2.Pevnostní analýza vysunutého ramene

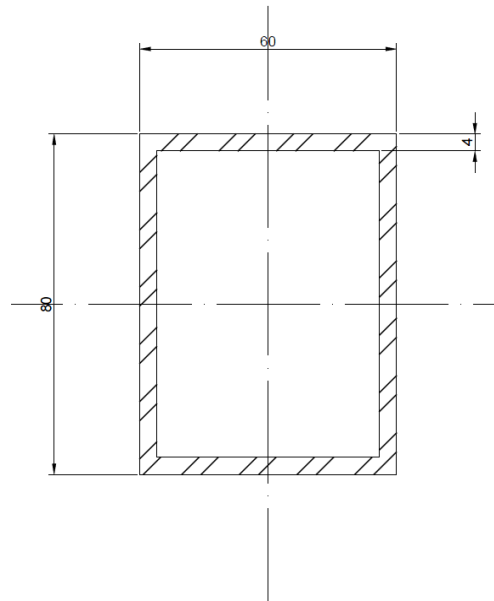
V této poloze se počítá se zatížením maximálně 200Kg. Vnitřní profil je vysunutý. Každý profil je prakticky namáhaný jiným ohybovým momentem, proto se musí i napětí spočítat zvlášť.

Průřezová charakteristika profilu 80x60x4

$$W_{o1} = \frac{BH^3 - bh^3}{\frac{12}{H/2}}$$

$$W_{o1} = \frac{60 * 80^3 - 52 * 72^3}{\frac{12}{80/2}}$$

$$W_{o1} = 23565 \text{mm}^4$$



Obrázek 29 Řez 2

Napětí na profilu 80x60x4

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_{o1}}$$

$$\sigma_o = \frac{1962 * 999 * 9,81}{23565}$$

$$\sigma_o = 83 \text{MPa}$$

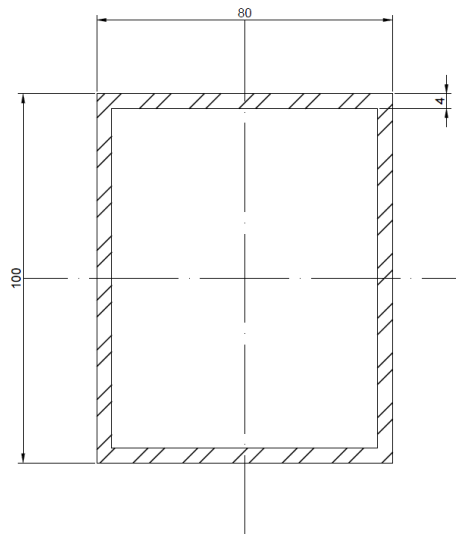
$$\sigma_o = 83 \leq \sigma_{Do} = \frac{R_e}{k} = \frac{330}{2} = 165 \text{MPa}$$

Průřezová charakteristika profilu 100x80x4

$$W_{O2} = \frac{\frac{BH^3 - bh^3}{12}}{\frac{H}{2}}$$

$$W_{O2} = \frac{\frac{80 * 100^3 - 72 * 92^3}{12}}{\frac{100}{2}}$$

$$W_{O2} = 39890 \text{ mm}^4$$



Obrázek 30 Řez 3

Napětí na profilu 100x80x4

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_{O2}}$$

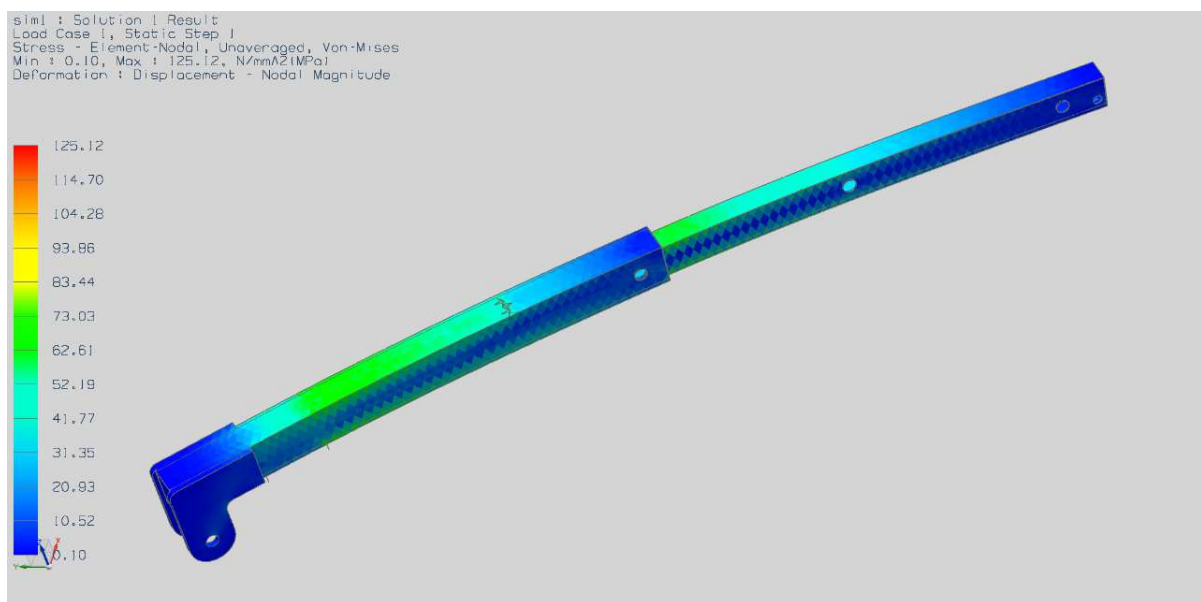
$$\sigma_o = \frac{1962 * 1936 * 9,81}{39890}$$

$$\sigma_o = 95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = 95 \leq \sigma_{Do} = \frac{R_e}{k} = \frac{330}{2} = 165 \text{ MPa}$$

6.7. Simulace zatížení v programu NX7.5

V programu NX7.5 bylo možné simulovat zatížení obou nosníků najednou. Jak je vidět, napětí je soustředěno do míst s předem určeným největším ohybovým momentem. Škála ukazuje, že napětí v těchto místech dosahuje cca 75MPa, což odpovídá předchozím výpočtům. Zatížení konce nosníku 2000N.



Obrázek 31 Výsledek zatěžování

Diskuse výsledků dimenzace

Propočtení zatížení nosníků přineslo několik výsledků. Napětí nosníku zdvihacího ramene ve složené konfiguraci při zatížení 1000kg je 156Mpa. Výsledek odpovídá bezpečnostnímu koeficientu 2, což není příliš vysoká hodnota. Vzhledem k použití zvedáku a z důvodu udržení nízké váhy je to dle mého názoru přijatelné. Navíc přetížením zvedáku by mohlo dojít ke ztrátě jeho stability a to by tak způsobilo nevyhnutelné potíže a proto je nutné dodržet maximální zatížení. Při zatěžování vysunutého ramene 200kilogramovým břemenem vzniká v nosnících napětí 83MPa resp. 95MPa a cca 75MPa dle vyhodnocení programu NX7.5, tyto výsledky jsou v pořádku.

6.8.Požadavky na hydrauliku

- zdvih: 790mm – 1340mm
- max. pracovní síla: 60kN
- jednoduchá obsluha
- odolná konstrukce

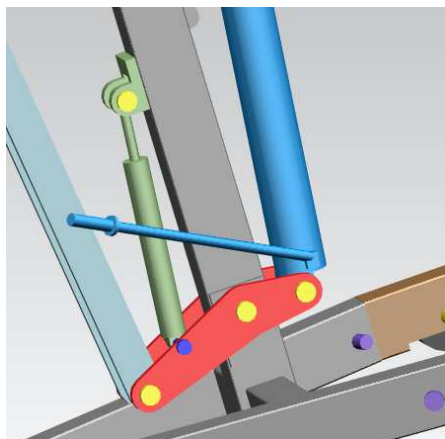
Zdrojem tlakového oleje může být ruční pumpa umístěná přímo na tělese válce nebo umístěná samostatně, zobrazená na následujícím obrázku.



Obrázek 32 Ruční pohon

6.9.Použití tlumiče

Navrhovaná konstrukce zvedáku s sebou přináší i komplikaci v podobě jistého rizika porušení stability vnějším zásahem do rovnováhy mechanismu. Vnější působením na protizávaží by se mohlo stát, že mechanismus rozkmitáme a mohlo by dojít k nepředpokládanému chování zvedáku. Podobná situace by mohla nastat při manipulaci se zvedákem se zavěšeným břemenem, např. při přejíždění. Proto navrhuji opatření v podobě umístění tlumiče do mechanismu. Tlumič by mohl být kapalinový nebo plynový. Jistou výhodou by měla varianta s možností fixace vysunutí. Tlumič by se mohl zafixovat v poloze a tím by znehybnil celý mechanismus. Pak by se mohlo se zvedákem bez rizika manipulovat.



Obrázek 33 Umístění tlumiče

6.10.Řešení bezpečnosti provozu navrženého zvedáku

Bezpečnostní podmínky provozu zvedáku vyplývají především ze samotné konstrukce. Řešením statiky, rovnováhy zvedáku a dimenzováním jsme dostali nejen provozní schopnosti zvedáku, ale také bezpečnostní hranice, které je zapotřebí při činnosti dodržovat. Pro řešení bezpečnosti si stanovím parametry či hlediska, které je zapotřebí zohlednit. Prvním parametrem plynoucím ze statiky je síla působící v pístu. Druhým je rovnováha zvedáku a třetím dimenzování.

Síla v pístu

Maximální síla v pístu je 60kN. Bezpečnostním ventilem je možné stanovit jasnou bezpečnostní mez, při které začne ventil přepouštět olej a tím zamezí zdvihu nadměrných břemen. Bohužel tato mez platí jen v poloze, kdy je zvedák připraven ke zdvihu nejtěžších možných břemen. V dalších polohách by bylo toto opatření nedostatečné, a proto není možné spoléhat se pouze na bezpečnostní ventil v hydraulickém okruhu.

Dimenzování

Provedl jsem dimenzování zdvihacího ramene. Při dimenzování jsem používal koeficient bezpečnosti 2. To znamená, že by bylo nutné zvedák přetížít dvojnásobně hmotným břemenem, aby byla ohrožena bezpečnost provozu zvedáku z hlediska dimenzování ramene. Z konstrukce ovšem vyplývá, že stabilita a rovnováha zvedáku bude mnohem přísnějším kritériem, které bude potřeba sledovat. V krajním případě s nejtěžším břemenem bude únosnost ramene pojištěna bezpečnostním ventilem v hydraulickém okruhu.

Stabilita

Jako nejpřísnější kritérium bezpečnosti označuji rovnováhu, resp. stabilitu zvedáku. Statické řešení stability zvedáku v polohách (str. 36 a 37) naznačuje jak se bude zvedák chovat z hlediska stability a rovnováhy se zdviženým břemenem v různých polohách. Čtyři možnosti konfigurace zvedáku znamenají čtyři různé meze zatížitelnosti, které je třeba dodržet. Bude nutné navrhnout vhodný návod k obsluze, tak aby pracovníci byli schopni se zvedákem bezpečně pracovat. Také pokládám za vhodné symbolicky naznačit bezpečnostní předpis přímo na zvedák, s vyznačenými polohami a k nim připadajícími nosnostmi.

6.11.Návrh značení na zvedáku

Dle již zmíněných pravidel je zapotřebí na navrhovaný zvedák umístit značení.

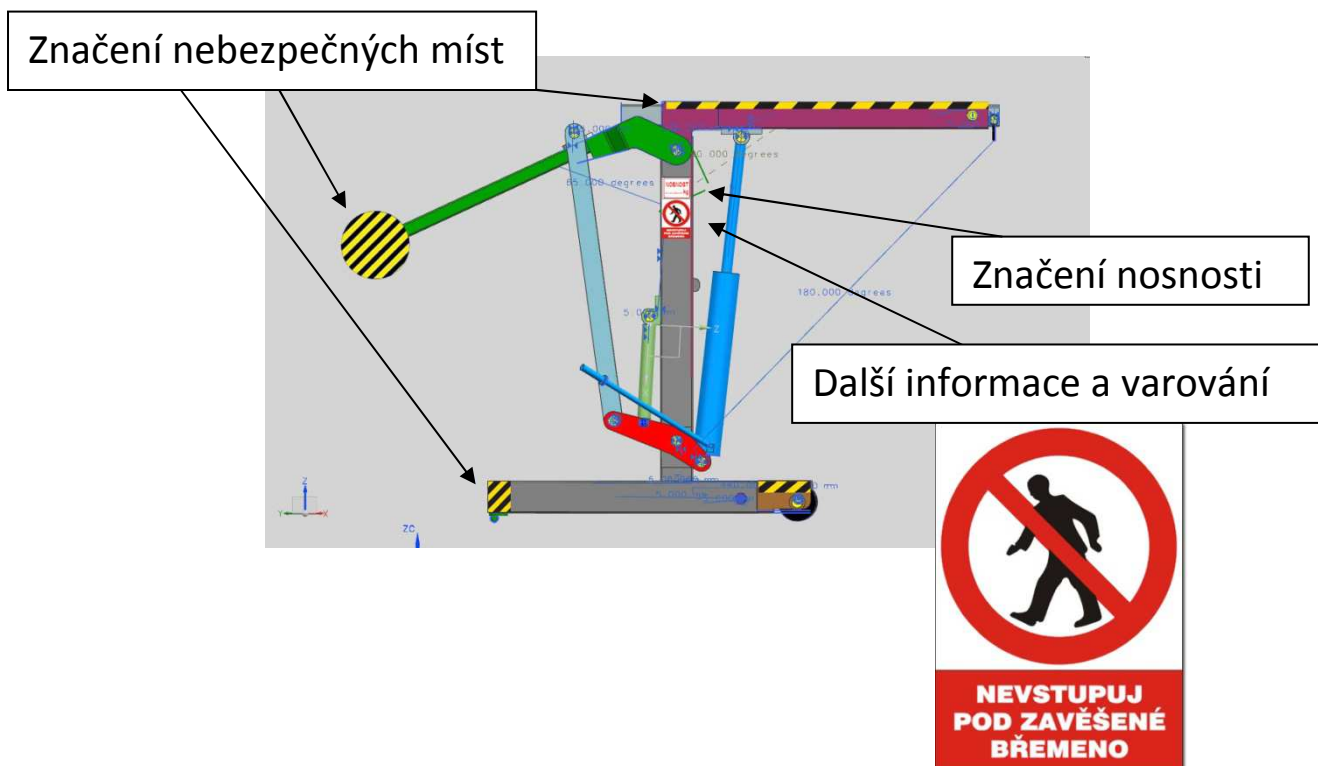
Značení nosnosti

Navrhuji umístění tabulky s nosností v závislosti na konfiguraci zvedáku. Tabulku bude vhodné umístit tak, aby byla viditelná a čitelná z místa obsluhy.

NOSNOSTI DLE KONFIGURACE		
	VYLOŽENÍ A	VYLOŽENÍ B
PODPORA A	200 kg	80 kg
PODPORA B	1000 kg	200 kg

Značení nebezpečných míst

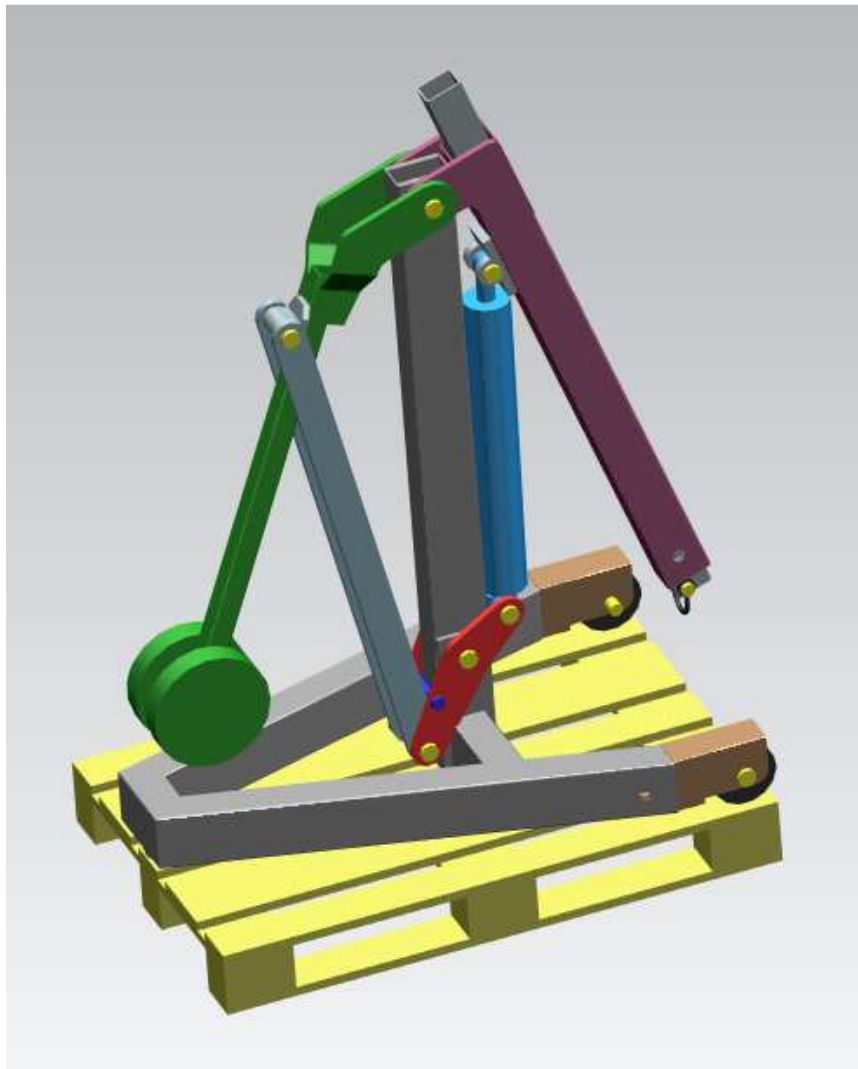
Je nutné označit nebezpečné místa zasahující do průchozího prostoru, proto navrhuji bezpečnostní značení umístit na pohybující se protizávaží a na konfigurovatelný podvozek. Značení ve tvaru rovnoběžných pruhů viz obecné pojednání o bezpečnosti výše.



7.Představení navrženého zvedáku

7.1.Skladnost

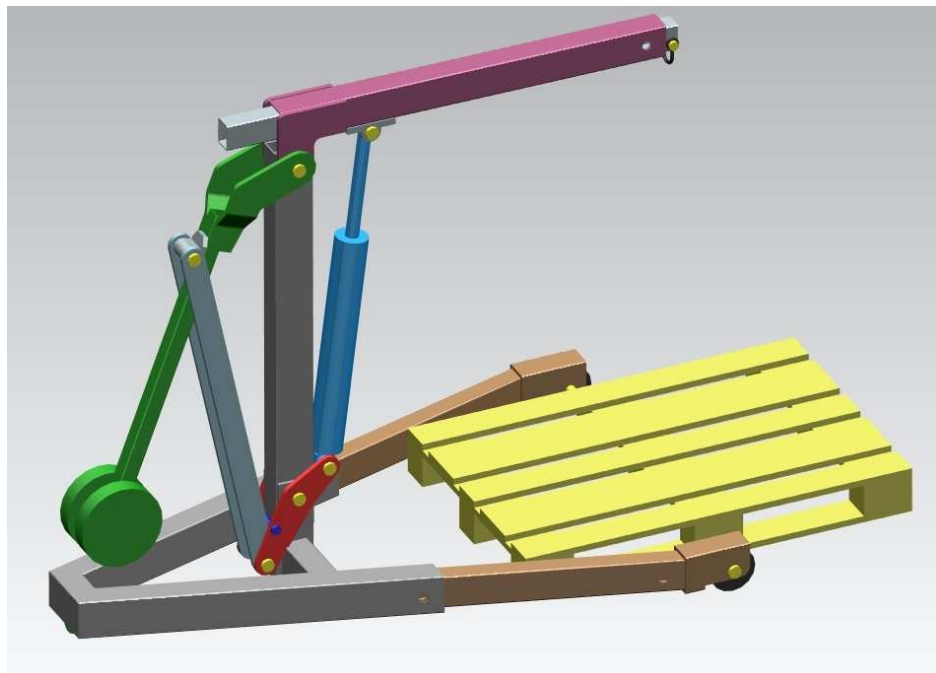
V této závěrečné kapitole představím výsledný návrh zvedáku. Navrhl jsem tedy zvedák s pohyblivým protizávažím, který by měl poskytnout několik výhod proti stávajícím modelům dílenských zvedáků. Tento zvedák je velmi variabilní, díky tomu zvládá široké spektrum činností a přitom je možné jej složit do kompaktní, téměř normalizované velikosti. Ve složené konfiguraci zabírá půdorys 1200mm krát 800mm, což odpovídá velikosti standardní palety. Složenou konfiguraci naleznete pod textem. Zde je zvedák pro představu umístěn přímo na paletě.



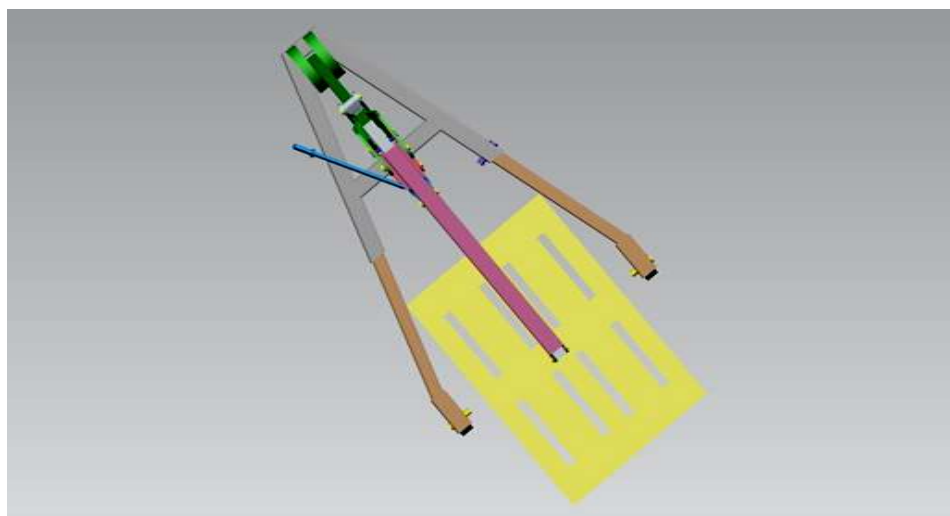
Obrázek 34 Složený zvedák

7.2. Zvedání těžkých břemen

Pro zvedání těžkých břemen o váze až 1000Kg se používá konfigurace s vytaženým podvozkem a zkráceným ramenem. Na následujícím obrázku můžete vidět zvedák v této konfiguraci. Podvozek díky své konstrukci po vysunutí doslova obkročí prostor, pro názornost reprezentovaný opět standardní paletou. Zařízení tedy zvedne břemeno o váze 1000Kg a velikosti palety. Hák, resp. oko zvedáku je v tu chvíli přímo nad středem palety, teoreticky nad těžištěm fiktivního břemene.



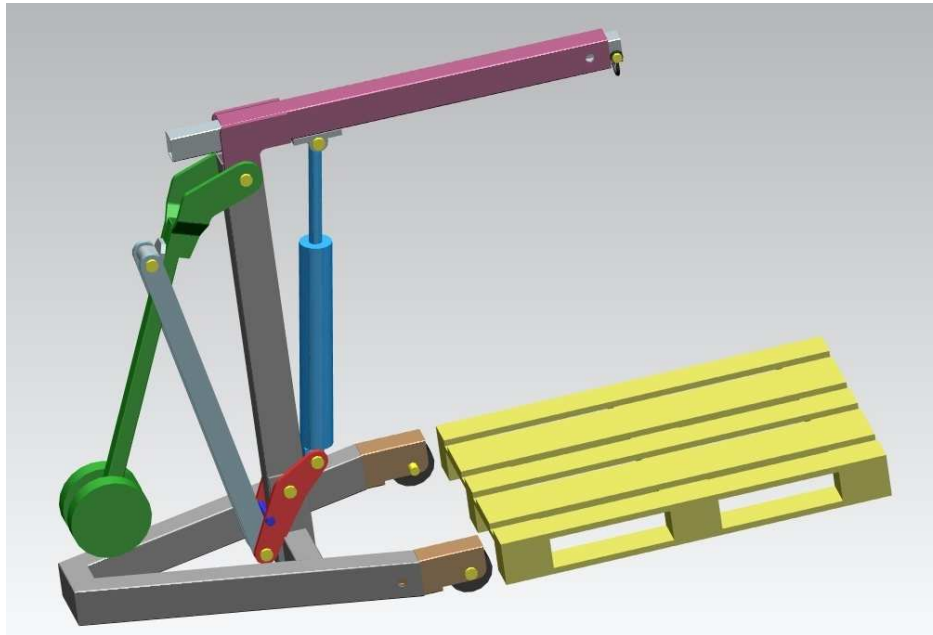
Obrázek 35 Zvedání palety až 1000Kg



Obrázek 36 Zvedání palety, pohled shora

7.3. Vyložení

Jak již bylo řečeno, prvním impulzem k nové myšlence byla práce s konvenčním dílenským zvedákem. Ten měl podstatnou nevýhodu, a to možnost jakéhosi vyložení, možnost dosáhnutí přes hranu. Znemožňoval to opěrný podvozek, bez kterého by zvedák nemohl fungovat. Tento problém byl vyřešen. Na obrázku 37 vidíte zvedák před paletou. Oko zvedáku je nad středem palety, tzn., že je k dispozici přesah cca 600mm. Nosnost zvedáku v této konfiguraci je 200Kg.



Obrázek 37 Zvedání palety s přesahem

7.4.Dosah

V poslední vizualizaci bych rád upozornil i na extrémní variantu konfigurace. Maximálním vysunutím ramene získáváme výškový dosah přes 2,5metru, což je hodnota daleko převyšující běžné dílenské zvedáky a spíše zasahuje do hodnot dílenských jeřábů.



Obrázek 38 Nejvyšší dosah zvedáku

8.Závěr

V závěru práce bych rád shrnul úkoly, řešení a výsledky této práce. Rešerše ukazuje, že téma manipulace s materiálem je i přes značné zjednodušení a nadhled značně rozsáhlé téma. Na kompletní pojmnutí tématu by pravděpodobně nestačila ani celá bakalářská práce. Zaměřil jsem se tedy pouze na směr vedoucí k navrhovanému zvedáku, což bylo dle mého názoru plně dostačující pro uvedení do filosofie těchto zařízení. Stanovené požadavky na nový zvedák vedly ke genezi nové myšlenky s protizávažím. Vznik tří variant rozvíjí tuto myšlenku, její podstata u variant zůstává. Z variant byla vybrána nejvhodnější, středně těžká varianta. Výběr byl podložen objektivními metodami. V nejrozsáhlejší části práce, která pravděpodobně obsahuje nejcennější myšlenky, jsem prováděl celkovou analýzu mechanických dějů odehrávajících se při činnosti zvedáku. Kinematikou a statikou zvedáku začínaje a dimenzací konče, jsem řešil principy a důsledky těchto dějů. Výsledky byly získávány nejenom prostými početními úkony, ale i použitím softwarů jako NX7.5 a Matlab, což přineslo mnoho nových zkušeností. Tato komplexní práce ukázala, že ověření funkčnosti nových myšlenek není jednoduché a často naráží na obtížné překážky. O to větším úspěchem je případné uvedení principů do reality. Práce na zmíněných problémech byla velmi pestrá a dotkla se opravdu široké škály témat. Doufejme, že bude přínosem nejen pro autora.

8.1. Seznam obrázků

Obrázek 1 Mostový jeřáb	17
Obrázek 2 Sloupový jeřáb.....	17
Obrázek 3 Konzolový a portálový jeřáb.....	17
Obrázek 4 ČKD AD 28 Tatra T815	18
Obrázek 5 Ruční vozíky.....	19
Obrázek 6 Vysokozdvíhový vozík	19
Obrázek 9 Paleta 1200mm x 800mm a ukázka jejího naložení	20
Obrázek 7 Jeřábový vozík	20
Obrázek 8 Jeřábový vozík č. 2.....	20
Obrázek 10 Dílenský zvedák	22
Obrázek 11 Dílenské zvedáky s protizávažím	22
Obrázek 12 První skica mechanismu	23
Obrázek 13 Skici první, nejlhčí varianty.....	25
Obrázek 14 Skica druhé varianty.....	26
Obrázek 15 Skica třetí, těžké varianty	27
Obrázek 16 Schéma zvedáku	33
Obrázek 17 Rameno s břemenem.....	35
Obrázek 18 Rameno s protizávažím	35
Obrázek 19 Vahadlo	36
Obrázek 20 Výsledky Matlab	39
Obrázek 21 Poloha 1.....	42
Obrázek 22 Poloha 2.....	42
Obrázek 23 Poloha 3.....	43
Obrázek 24 Poloha 4.....	43
Obrázek 25 Schéma působících sil.....	44
Obrázek 26 Výsledná poloha 100Kg.....	45
Obrázek 27 Výsledná poloha 200Kg.....	45
Obrázek 28 Řez 1	46
Obrázek 29 Řez 2	47
Obrázek 30 Řez 3	48
Obrázek 31 Výsledek zatěžování	49
Obrázek 32 Ruční pohon	50
Obrázek 33 Umístění tlumiče	50
Obrázek 34 Složený zvedák	53
Obrázek 35 Zvedání palety až 1000Kg.....	54
Obrázek 36 Zvedání palety, pohled shora	54
Obrázek 37 Zvedání palety s přesahem	55
Obrázek 38 Nejvyšší dosah zvedáku.....	56

8.2.Seznam tabulek

Tabulka 1 Vyhodnocení	28
Tabulka 2 Hodnocení parametrů.....	28
Tabulka 3 Swot analýza	29
Tabulka 4 Hodnocení zvedáku.....	29

8.3.Seznam příloh

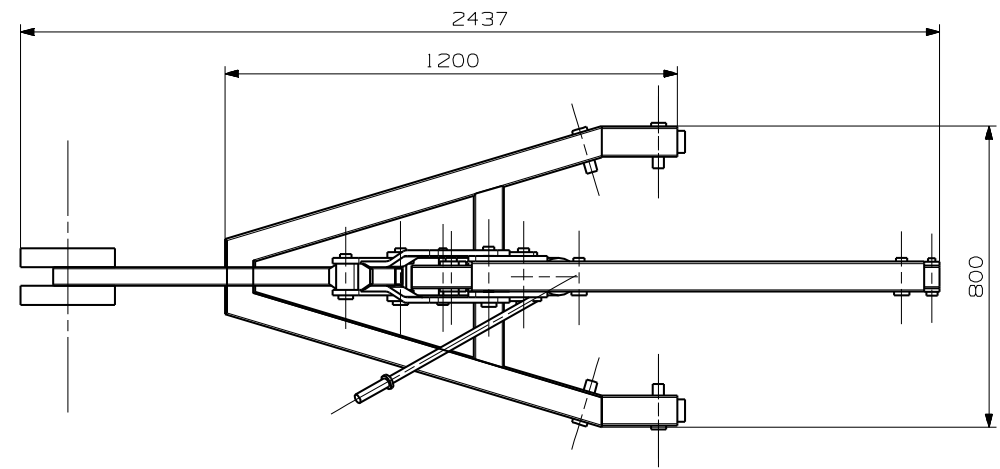
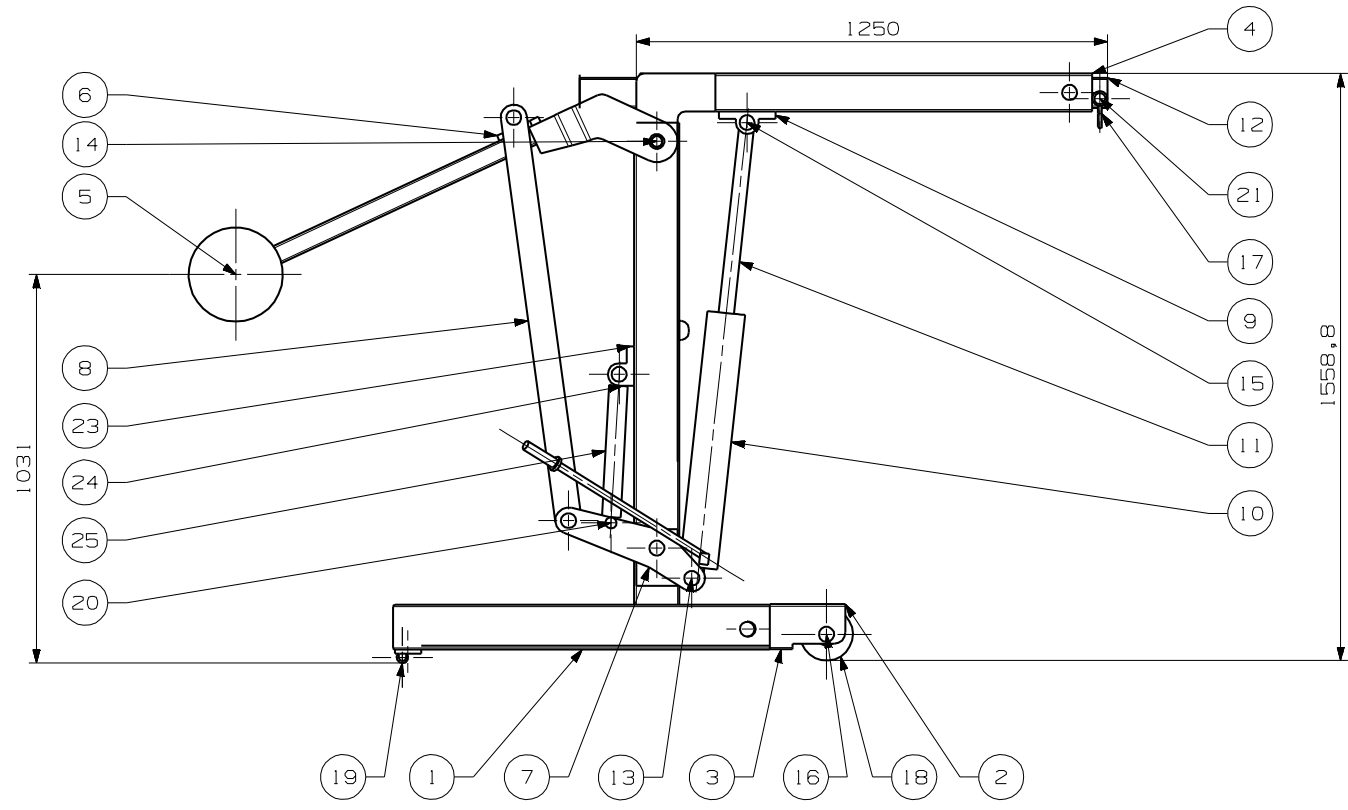
Výkres sestavy zvedáku	příloha 1
Výkres vahadla	příloha 2

8.4. Seznam literatury

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.: *Příručka strojního inženýra - obecné strojní části 1*. Brno: Computer Press, 1999, ISBN 80-7226-055-3
- [2] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.: *Příručka strojního inženýra - obecné strojní části 2*. Praha: Computer Press, 2000, ISBN 80-7226-202-5
- [3] LEINVEBER, J.: *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 1999
ISBN 80-86490-74-2
- [4] BAJER, J.: *Mechanika 1*. Univerzita Palackého, 2004, ISBN 80-244-0819-8
- [5] MICHALEC, J.: *Pružnost a pevnost I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 80-01-02359-1
- [6] HAVELKA, Z.: *Mechanizační zařízení pro manipulaci s materiálem*. Praha: Nadas, 1990
ISBN 80-7030-026-4
- [7] STANĚK, J.: *Prezentace přednášek předmětu Konstrukce manipulační techniky*
- [8] TRAIVA s.r.o. BOZP a POURL
Dostupné z : http://www.traiva.cz/dokumentace_info.php [cit. 2013-2-2]
- [9] Dům techniky Ostrava: *Provozní technik zdvihacích zařízení / Dům techniky*. Ostrava : Dům techniky, 1998, ISBN 80-02-01208-9

8.5.Poděkování

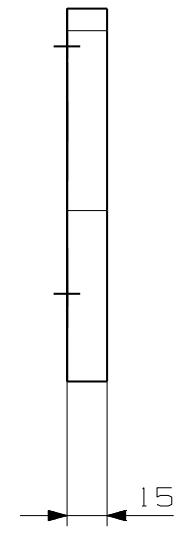
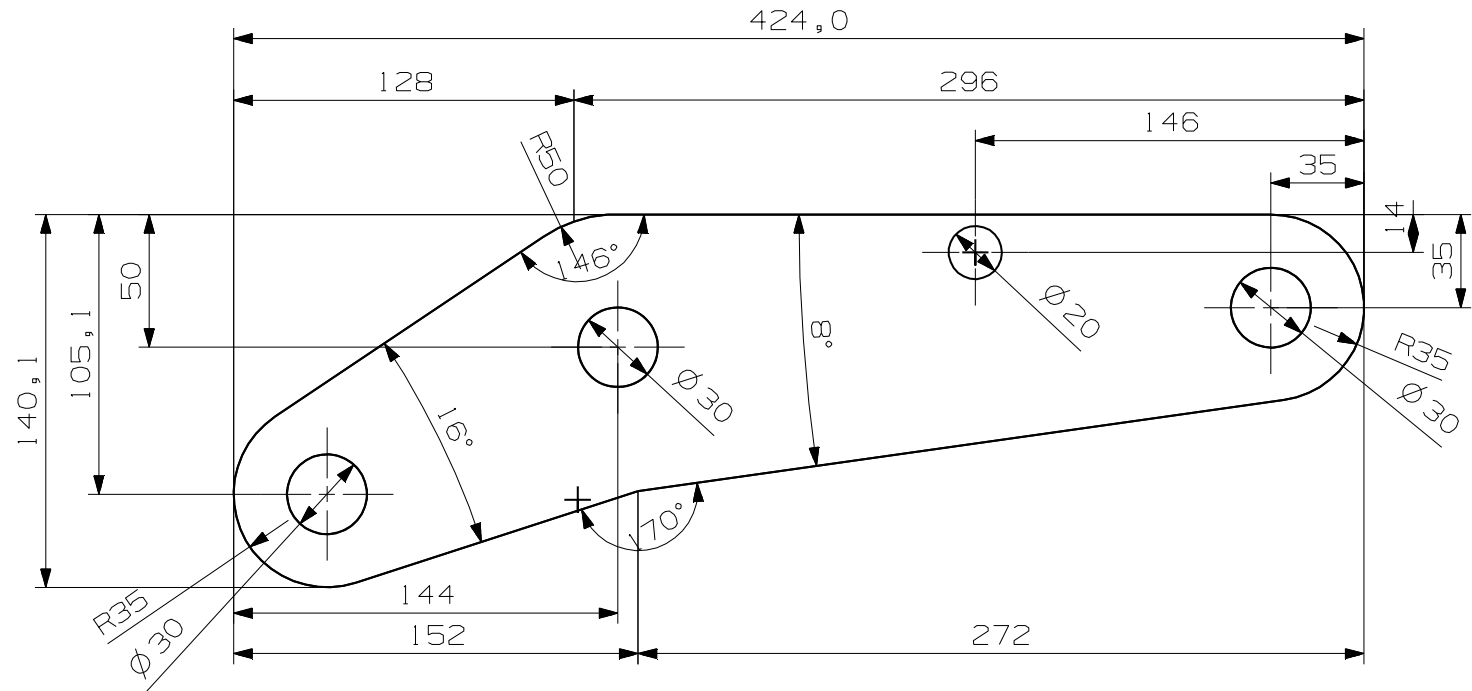
Krátce bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování nebo mě inspirovali k myšlenkám a nápadům. Začal bych tedy poděkováním studiu, které bylo výjimečně inspirativní. Dále bych poděkoval Doc. Němcovi za příkladné vedení práce, Doc. Vimmrovi za zásadní pomoc při řešení mechaniky zvedáku, Ing. Hlaváčovi za informace poskytnuté během předmětu KMT a Ing. Jandovi za pomoc při simulaci zatížení zvedáku v prostředí NX7.5.




25	Valec tlumice	VALEC_TLUMIC	S235	1,3 KG	1
24	Pistnice tlumice	PISTNICE_TLU	S235	2,4 KG	1
23	Ulozeni tlumice	ULOZENI_TLUM	ST37	0,8 KG	1
22	Paleta	PALETA	-	-	1
21	Cep 80/20	CEP80_20	ST37	0,3 KG	1
20	Cep 150/20	CEP150_20	ST37	0,5 KG	1
19	Podvozek malý	PODVOZEK_MAL	-	-	1
18	Kolečko	KOLECKO	PVC	0,5 KG	2
17	Oko hak	OKO_HAK	S355	0,6 KG	1
16	Cep 110	CEP110	ST37	0,7 KG	5
15	Cep 90	CEP90	ST37	0,3 KG	3
14	Cep 160	CEP160	ST37	0,5 KG	1
13	Cep 150	CEP150	ST37	0,5 KG	3
12	Rameno vysuvne	RAMENO_VYSUV	S355	13,815 KG	1
11	Pistnice	PISTNICE	S235	5 KG	1
10	Valec	VALEC	S235	12 KG	1
9	Ulozeni pistu	ULOZENI_PIST	S235	1,4 KG	1
8	Tahlo	TAHLO	S355	3,2 KG	2
7	Vahadlo	VAHADLO	S355	2 KG	2
6	Oko	OKO_RAMENO_P	S355	0,7 KG	1
5	Rameno protizavazi	RAMENO_PROTI	S355	16,4 KG	1
4	Hlavní rameno	HL_RAMENO1	S355	15 KG	1
3	Vysouvaci podvozek2	VYS_PODV2	S355	13 KG	1
2	Vysouvaci podvozek1	VYS_PODV1	S355	13 KG	1
1	Hlavní podvozek	HLAVNI_PODVO	S355	52,2 KG	1
Poz	Název - Rozměr	Výkres	Mater	Hmotnos	Mn.

Provit	ISO E	Neozn drsnosti Ra	Tolerovani ISO 8015	Presnost ISO 2768	mk
Navrh	MAREK		Polotovary		
Kreslil	MAREK		Sestava		
Schválil	NEMEC		Kusovník		
Projekt	Skupina	Materiál	Hmotnost	150KG	
BPDM					
	Název Univerzální zvedák				Měřítko 1:10
	Číslo výkresu sestava_zvedaku				A2

√Ra 12,3



Tryskat na Sa 2,5
Lakovat RAL 9006

Primit.	ISO E	Neozn.drsnosti Ra	Toler. ISO 8015	Presn. ISO 2768 mK
Navrhil	MAREK		Polotovary	vypalek tl. 15
Kreslil	MAREK		Sestava	
Schvalil	NEMEC		Kusovník	
Projekt	Skupina	Materiál	Hmotnost	
BPDM		S355	2Kg	
 ZAPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	Nazev Vahadlo			Meritko 1 : 2
	Císlo vykresu vahadlo			Čís. listu: 1 Poč. listů: 1 A3