



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

OSOBNÍ VÝTAH

PASSANGER LIFT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ STANĚK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

DOC. ING. BŘETISLAV MINÁŘ, CSC.

BRNO 2008



Anotace

Tato diplomová práce je zaměřena na rekonstrukci trakčního osobního výtahu TOV 250. První část pojednává o současném stavu výtahu před modernizací, druhá se zabývá způsobem modernizace výtahu a třetí část obsahuje základní statické výpočty konstrukce trakčního výtahu.

Klíčová slova

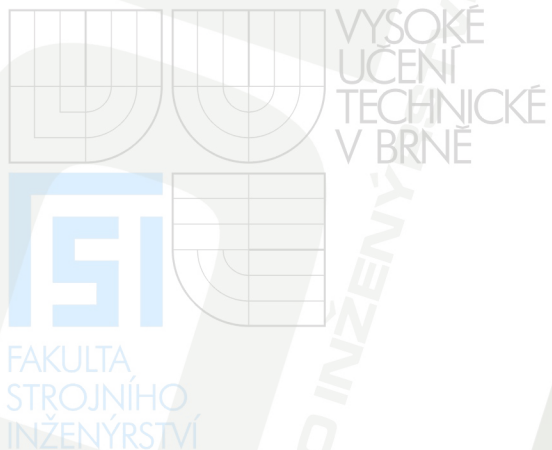
Osobní výtah, trakční výtah, rekonstrukce, modernizace, statický výpočet, TOV 250.

Annotation

This diploma thesis is focused on modernization of traction passenger lift TOV 250. The first part diserts on todays technical conditions of lift. The second part is concerned with way of modernization of lift and the last third part is focused on basic static calculation of construction traction passenger lift.

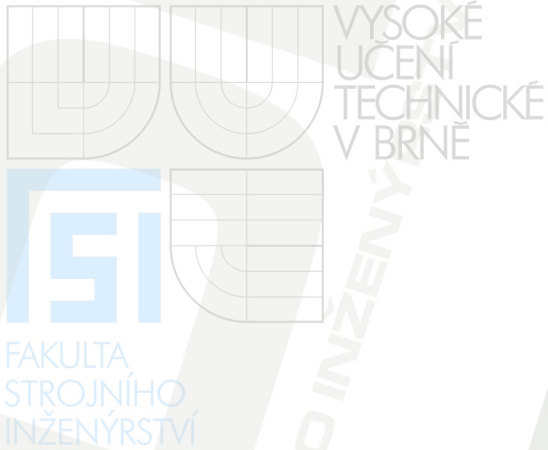
Keywords

Passanger lift, traction lift, reconstruction, modernization, static calculation, TOV 250.



Bibliografická citace

STANĚK, T. *Osobní výtah*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 54 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc.



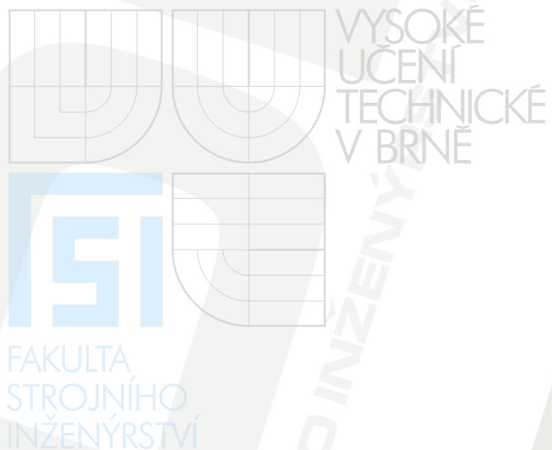
Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Břetislava Mynáře, CSc.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Brně dne 23. května 2008

.....
Tomáš Staněk



Poděkování

Za podporu, pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce děkuji panu doc. Ing. Břetislavu Minářovi, CSc., dále firmě VÝTAHY – Slavík spol s.r.o.

Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Charakteristika zařízení	1
1.2. Historický vývoj výtahů	1
2. Přehled stávajícího výtahu	2
2.1. Strojovna	3
2.2. Šachta	4
2.3. Klec	5
2.4. Protiváha	6
2.5. Obrázky	7
3. Modernizace	11
3.1. Strojovna	11
3.2. Šachta	12
3.3. Klec	13
3.4. Protiváha	14
3.5. Obrázky	15
4. Statický výpočet	18
4.1. Hlavní údaje výtahu	18
4.2. Závěsné kabely	18
4.3. Nosné prostředky	19
4.3.1. <i>Součinitel bezpečnosti nosných lan</i>	19
4.3.2. <i>Kontrola trakčního kotouče a průměru lana</i>	20
4.4. Vodítka protiváhy	21
4.4.1. <i>Základní údaje o protiváze a vodítkách protiváhy</i>	21
4.4.2. <i>Kontrola vodítek protiváhy</i>	22
4.5. Výpočet konstrukce protiváhy	24
4.5.1. <i>Základní údaje o konstrukci protiváhy</i>	24
4.5.2. <i>Kontrola konstrukce protiváhy</i>	25
4.5.3. <i>MKP výpočet konstrukce protiváhy</i>	25
4.6. Výtahový stroj	28
4.6.1. <i>Základní parametry výtahového stroje</i>	28
4.6.2. <i>Návrh motoru</i>	29
4.6.3. <i>Kontrola dopravní rychlosti výtahu</i>	29
4.6.4. <i>Statické zatížení hřídele trakčního kotouče</i>	29
4.6.5. <i>Výpočet součinitelů tření</i>	30
4.6.6. <i>Kontrola tlaku v drážce trakčního kotouče</i>	31
4.7. Trakční schopnost trakčního kotouče	32
4.7.1. <i>Klec zatížena 125% jmenovité zátěže v nejnižší stanici – nakládání klece</i>	32
4.7.2. <i>Prázdná klec v nejvyšší stanici</i>	33
4.7.3. <i>Prázdná klec v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru</i>	34
4.7.4. <i>Klec naložena jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů</i>	36
4.7.5. <i>Klec sedí na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů</i>	38
4.7.6. <i>Klec zachycena v nejvyšší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů</i>	39
4.7.7. <i>Protiváha sedí na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem nahoru</i>	40
5. Závěr	41
Seznam použité literatury	42
Seznam použitých symbolů	43
Seznam příloh	48

1. Úvod

1.1. Charakteristika zařízení

Výtah je strojní zařízení sloužící k přerušované nebo nepřerušované dopravě břemen (osob či nákladu) ve svislém směru s maximálním odklonem o 15° od svislice mezi dvěma či více stanicemi. Břemeno je umístěno v kleci, na plošině nebo ve speciální nádobě. Pohyb je po přesně vymezené dráze po nepohyblivých vodičkách, které umožňují pouze translační pohyb nahoru a dolů. Klec u trakčního výtahu je zavěšena na jednom či více nosných orgánech (lana či pásy), které ji spojují s pohonnou motorickou jednotkou tzv. výtahovým strojem prostřednictvím trakčního kotouče a dále s protiváhou, která slouží ke snížení zatížení výtahového stroje. Nakládání a vykládání se u výtahů s přerušovaným pohybem provádí za klidu a u výtahů s nepřerušovaným pohybem se provádí za pohybu.

1.2. Historický vývoj výtahů

Důvody vedoucí k „vynalezení“ výtahu jsou zjevné a to snaha o usnadnění a mechanizaci vertikální dopravy nákladů a později i osob.

První zmínka o výtahu se datuje asi do roku 236 před naším letopočtem a je spojována se slavným řeckým učencem Archimédem. Kabina jeho výtahu byla volně zavěšena na konopném laně a pohyb byl zprostředkován pomocí vrátku na ruční pohon. Další zmínka o výtahu je spojována s římským císařem Nerem, který si ho nechal zkonstruovat. Jeho výtah měl už i určitá bezpečnostní zařízení a to kožené nafukovací měchy, které by částečně utlumily náraz při případném přetržení konopného lana.

První výtah, u něhož bylo využito účinku protiváhy, byl zkonstruován na přelomu 17. a 18. století dle návrhu královského stavitele Valayera pro dvůr krále Ludvíka XIV. Tento výtah byl nazýván „létající židle“ a to z důvodu bohatě vypořádávaných sedadel kolem jeho tří stěn. V této době jsou považovány výtahy za extravagantní doplňky nejmajetnějších vrstev.

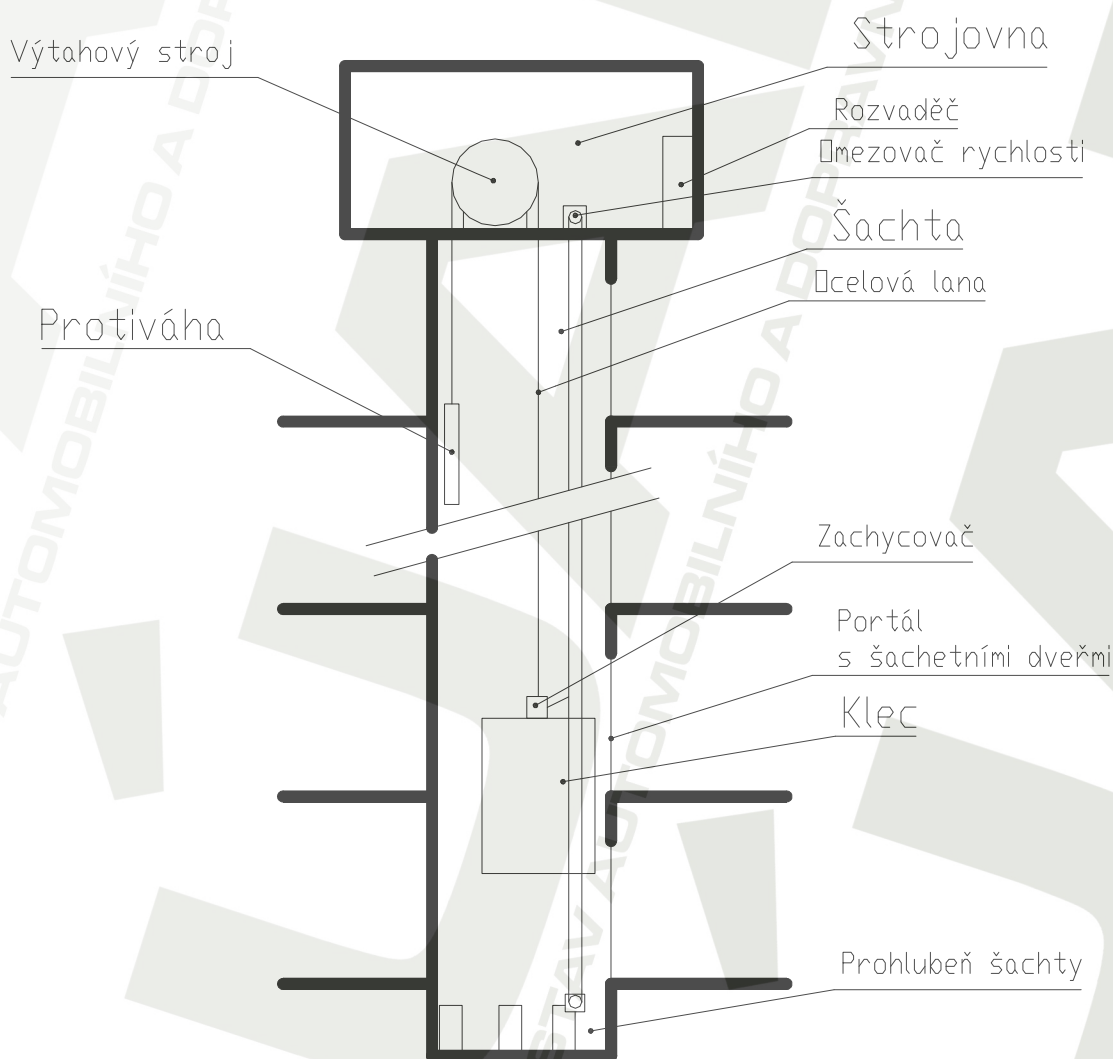
K většímu rozvoji výtahů dochází až v polovině 19. století a to výtahů poháněných parním strojem, u těchto výtahů už byla klec vedena vodičky, ale při přetržení lana se nekontrolovatelně zřítila a proto nebyly výtahy využívány pro dopravu osob. To se změnilo díky průlomovému vynálezu Elishy Gravesa Otise v roce 1853. Tímto vynálezem bylo primitivní zachycovací ústrojí, které umístil na nákladní výtah s obsluhou. První osobní výtah vedený v pevných vodičkách vybavený zachycovacím zařízením byl vyroben roku 1857 a byl umístěn v obchodním domě E. V. Haughwout Co. v New Yorku. tento výtah měl 5 stanic a pohyboval se na tehdejší dobu neuvěřitelnou rychlostí $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

V druhé polovině 19. století se také začali konstruovat hydraulické výtahy, jejichž pracovním médiem byla voda. Ta se však projevila jako nevhodné medium a proto se začalo používat oleje jako pracovní medium. Hydraulické výtahy se konstruovali jako osobní i nákladní s dopravní rychlostí v rozmezí $0,1$ až $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jejich výhodou je možnost plynulé regulace dopravní rychlosti, přesné zastavení ve stanicích a možnost konstrukce výtahů pro velmi velké jmenovité hmotnosti.

První výtah poháněný elektromotorem zkonstruoval elektrotechnik Werner von Siemens. Tento výtah měl elektromotor umístěn pod podlahou klece a otáčel ozubeným pastorkem, který „šplhal“ po ozubeném hřebenu. Tento výtah představil roku 1880 na průmyslové výstavě v Mannhaimu. Pozdější elektrické výtahy měly elektromotor umístěný nad nejvyšší stanicí a poháněl lanový buben. Tato konstrukce se projevila pro vyšší nosnosti nevýhodná z důvodu nutnosti použití velkých těžkých elektromotorů a pro velké zdvihy, třeba v mrakodrapech, kde by byly lanové bubny velmi velkých rozměrů. Proto se přistoupilo ke staronové konstrukci výtahu s protiváhou neboli trakčnímu výtahu, kde je lano „přehozeno“ přes trakční kotouč, kde na jedné straně je jeden konec lana připevněno ke kleci a druhý konec je připevněn k protiváze.

V Česku byl první výtah vyroben roku 1876 firmou Breitfeld-Daněk (později ČKD) a byl instalován v pivovaru Litoměřice. Tento výtah byl poháněn parním strojem. První výtah s elektrickým pohonem a tlačítkovým zařízením byl instalován v pražském hotelu Modrá hvězda. Největší rozmach výtahů nastal v 70. a 80. letech 20. století díky rozmachu panelové výstavby. Největším dodavatelem výtahů do panelových domů v této době byla firma Transporta Chrudim. Dodávala především trakční výtahy TOV 250 a bubnové výtahy BOV 250 s nosnostmi 250 kg a provozními rychlostmi 0,5 a 0,6 m.s⁻¹ a v menší míře i trakční výtahy s vyšší nosností a to TOV 320 a TOV 500. Po vstupu České republiky a Evropské unie se museli české normy ČSN „sladit“ s evropskými normami ISO a EN, které se v určitých oblastech značně lišily od českých norem a proto se v poslední době ve větší míře přistupuje k rekonstrukci či modernizaci stávajících výtahů. V současné době je podle odhadu Unie výtahového průmyslu ČR v České republice asi 110 000 výtahů, z toho 85 000 výtahů osobních, z nichž asi 50 000 nevyhovuje současným normám a je nutná jejich rekonstrukce či modernizace. Dalším důvodem rekonstrukcí je jejich stáří, výjimkou nejsou výtahy provozovány 35 a více let. V rozmezí roků 1993 – 2007 zaznamenala Česká asociace výrobců výtahů 23 významnějších nehod a havárií, při nichž přišlo celkem 10 lidí o život. V současné době se vyrábí i značné množství nových výtahů důvodu vyšší intenzitě výstavby výškových budov. Tuto výrobu zajišťuje řada českých a zahraničních nadnárodních firem.

2. Přehled stávajícího výtahu



Obr. 1. – Schéma výtahu

2.1. Strojovna

Strojovna je umístěna nad nejvyšší stanicí výtahu v samostatné místnosti (viz Obr. 1.), do které se vstupuje po žebříku z nejvyššího patra obytného domu. Ve strojovně se nalézají tyto části výtahu:

- **Výtahový stroj**
- **Rozvaděč s hlavním vypínačem**
- **Omezovač rychlosti**
- **Další vybavení strojovny**

Výtahový stroj

Je to hnací prostředek celého výtahu. Stávající výtahový stroj z roku 1969 (viz Obr. 2.) je ustaven na betonovém základovém bloku. Přenosu vibrací z výtahového stroje na betonový základový blok brání korkové podložky. Výtahový stroj se skládá z litinové frémy výtahového stroje, trakčního kotouče, šnekové převodovky, jednočinné čelist'ové stavěcí brzdy, asynchronního elektromotoru s průběžnou hřídelí a kotouče pro ruční pohon.

Trakční kotouč o průměru 725 mm je litinový s dvěma klínovými drážkami se zářezem. Je nasazen na výstupním hřídeli šnekové převodovky se suchým šnekovým hřídelem o převodovém poměru 1:67. Na vstupním hřídeli převodovky je nasazen brzdový kotouč s jednočinnou stavěcí čelist'ovou brzdou svíranou vinutou pružinou s elektromagnetickým odbržd'ováním. Výstupní hřídel šnekové převodovky je spojen spojku s trojfázovým asynchronním motorem s průběžnou hřídelí o výkonu 2,5 kW a jmenovitých asynchronních otáčkách 949 min^{-1} . Na druhém konci průběžné hřídele je namontován kotouč pro nouzový ruční pohon výtahového stroje.

Nedostatkem na stávajícím stroji je jednočinná stavěcí brzda, dle nových norem je předepsána dvojitá stavěcí brzda. Dalším nedostatkem je absence krytu trakčního kotouče a dalších rotujících částí proti zachycení cizího tělesa a snímače pro vypadení lan z trakčního kotouče.

Rozvaděč s hlavním vypínačem

Rozvaděč (viz Obr. 3.) je „mozkem“ celého výtahu, provádí základní řídicí operace a generuje řídicí impulsy pro výtahový stroj. Vedou do něj všechny bezpečnostní obvody a při jejich přerušení rozvaděč odpojí výtahový stroj od napájení a dojde k jeho zabrždění. Rozvaděči je předřazen hlavní vypínač, kterým se přerušuje dodávka proudu do rozvaděče i do celého výtahu. Hlavní vypínač by měl být uzamykatelný, což v tomto případě splněno není.

Omezovač rychlosti

Jednosměrný omezovač rychlosti (viz Obr. 4.) je zařízení, které kontroluje dopravní rychlost výtahu při pohybu klece dolů. Jeho konstrukce je založena na odstředivém mechanismu, který se při překročení nastavené rychlosti zablokuje a zabrzdí lano omezovače rychlosti a tím aktivuje mechanismus zachycovačů klece. Omezovač zároveň odpojí obvod napájení výtahového stroje a dojde k jeho zabrždění. Omezovače rychlosti se nejčastěji nastavují na 115% jmenovité dopravní rychlosti.

Lano omezovače rychlosti musí mít předepsaný průměr, nejméně 6 mm, který přenesou osminásobek síly vyvolané v laně při zapůsobení omezovače rychlosti, za předpokladu součinitele tření rovnému 0,2. Lano omezovače rychlosti musí být neustále napínáno napínacím zařízením umístěným ve výtahové šachtě. Dále je omezovač rychlosti vybaven koncovými spínači, které při přejezdu klece v koncových stanicích odpojí obvod napájení výtahového stroje a dojde k jeho zabrždění. Ovládání těchto spínačů zajišťují válečky namontované na laně omezovače rychlosti.

Dle nových norem musí být nainstalován obousměrný omezovač rychlosti a jeho rotující část musí být opatřena krytem proti zachycení cizího tělesa.

Další vybavení strojovny

Strojovna je dále vybavena osvětlením dostatečné intenzity při inspekčních prohlídkách či opravách ve strojovně

Dále se ve strojovně nachází zásuvka s napětím 230 V, ohrazení otvorů v podlaze (viz Obr.5.) pro nosné prostředky a pro lano omezovače rychlosti z důvodu nebezpečí propadnutí předmětů do šachty výtahu a následnému možnému úrazu osob na kleci a nebo poškození klece.

2.2. Šachta

Je to uzavřený prostor v němž se pohybuje klec výtahu a protiváha. Její součástí je i nutný prostor nahoře a dole pro případný přejezd klece výtahu a také bezpečný prostor pro revizní jízdu. Nesmí se v ní nacházet nic jiného než to co je spojeno s provozem výtahu. Součástí šachty jsou následující komponenty:

- **Vodítka klece**
- **Vodítka protiváhy**
- **Nosné prostředky**
- **Závěsné kabely**
- **Portály se šachetními dveřmi**
- **Ohrazení šachty**
- **Napínač lana omezovače rychlosti**

Vodítka klece

Ocelové T profily s opracovanými vodíci plochami jsou v šachtě umístěny vertikálně, je u nich kladen důraz na přesné napojení jednotlivých částí vodítek a jejich případné nerovnosti. Nerovnosti a nepřesnosti zvyšují hlučnost výtahu a způsobují nerovnoměrný chod výtahu. Vodítka jsou uchycena ke konstrukci šachty (viz Obr. 6.) a jejich délka musí přesahovat dráhu klece výtahu i s případnými přejezdy klece. Jednotlivé části vodítek jsou spojeny příložkou stejného T profilu. Na dně prohlubně šachty by měly být umístěny „misky“ pro zachycení maziva stékajícího po vodítkách, to u současného výtahu splněno není.

Vodítka protiváhy

Vodítka stávající protiváhy nejsou pevná jak ukládá nová norma, ale jsou jimi 4 ocelová lanka (viz Obr 7.), po dvou na každé straně, ukotvena ve dně a stropu šachty. Tyto vodítka umožňují nevhodné natáčení protiváhy a možnost kývání protiváhy, což může způsobit prasknutí těchto lanek a následný střet protiváhy s klecí výtahu. Pod těmito vodítky také nejsou umístěny „misky“ na stékající mazivo.

Nosné prostředky

Nosnými prostředky jsou v tomto případě dvě ocelová lana Seal o průměru 10 mm, jsou „umrtvena“ aby nedocházelo k jejich kroucení. Lana jsou jedním koncem upevněna na kleci výtahu, pokračují přes trakční kotouč a druhé konce lan jsou upevněna na protiváze. Lana musí být dokonale mazána speciálním mazivem na výtahová lana

Závěsné kabely

Závěsné kabely jsou kabely, jimiž je do klece přiveden proud pro osvětlení a obvod řízení výtahu. Kabely jsou zavěšeny na podlaze klece a v polovině výtahové šachty. Jejich

délka mezi zavěšením na kleci a v šachtě musí být minimálně o 2 metry větší, než je poloviční zdvih výtahu.

Portály se šachetními dveřmi

Portály jsou čelní stěny výtahové šachty (viz Obr. 8.). Portály a dveře jsou vyrobeny z ocelových profilů a plechů, výplně jsou z drátoskla. Šachetní dveře se otevírají směrem ven z šachty. Kolem portálů se pohybuje klec v těsné blízkosti a z toho důvodu nesmí žádná část portálu zasahovat do dráhy klece a ani nesmí být možno do tohoto prostoru z vnějšku šachty strčit nějaký cizí předmět. Na portálu je umístěna dveřní uzávěra (viz Obr. 9), která zabraňuje otevření šachetních dveří při nepřítomnosti klece v dané stanici. Dále je na portálu umístěn přivolávač výtahu se signalizací chodu výtahu. Na šachetních dveřích je umístěn spínač uzavření šachetních dveří, který zabezpečuje nemožnost chodu výtahu při otevřených šachetních dveřích.

Ohrazení šachty

Šachta je ohrazena ocelovou konstrukcí, ke které jsou přimontovány vodítka klece, veškeré napájecí, řídicí a bezpečnostní obvody. Výplň této konstrukce je tvořena drátěným pletivem, které zabraňuje vstupu do šachty, ale nezabraňuje strčení cizích předmětů do šachty. V místech dveřní uzávěry je opatřena plechem z důvodu zabránění nepovolané osobě manipulaci s dveřní uzávěrou. Dále jsou na ohrazení umístěny spínače polohy (viz Obr. 10.), které předávají informaci, ve které stanici se výtah nachází

Napínač lana omezovače rychlosti

Napínač (viz Obr. 11.) je umístěn v prohlubni šachty, je to kladka se závažím vedeným ve vedení. Zajišťuje potřebné konstantní napětí v laně omezovače rychlosti.

2.3. Klec

Je to ocelová konstrukce s kabinou sloužící k přepravě osob a nákladu. Klec má následující základní části:

- **Ohrazení kabiny**
- **Ovládací panel**
- **Vedení**
- **Zachycovače**

Ohrazení kabiny

Ohrazení stávající kabiny (viz Obr. 12.) je tvořeno z dřevotřískových desek s okopovým plechem. Strop i podlaha je tvořena také dřevotřískovými deskami. Na stropě je umístěno rakvičkové osvětlení kabiny. Podlaha je potažena PVC a uložena na pružinách. Při vstupu do kabiny se pružiny stlačí a sepne se podlahový spínač, který při jeho sepnutí zajišťuje nemožnost přivolání klece přivolávači na portálech. Na podlaze je namontována ještě prahová deska, která zabraňuje pádu pod klec výtahu.

Tato kabina neodpovídá normám z mnoha důvodů. Například nepřítomnost kabinových dveří (nebezpečí zachycení o portály), nesplnění nehořlavosti ohrazení klece, nepřítomnost vážení (je umožněno přetěžování výtahu).

Ovládací panel

Ovládací panel (viz Obr. 13) je umístěn v kabině v pravém zadním rohu. Je vybaven tlačítky pro volbu stanice funkční až po zavření šachetních dveří. Dále je vybaven tlačítkem STOP pro nouzové zastavení klece a tlačítkem ZVONEK pro přivolání pomoci. Dle nových

norem by měl být na ovládacím panelu umístěno komunikační zařízení a ukazatel polohy klece.

Vedení

Klec je vedena vedením (viz Obr. 14) po vodičkách ve 4 bodech umístěných na stropě klece a pod podlahou klece. Zabezpečuje vedení klece po vodičkách a jejich mazání. Dále zabraňují naklánění klece při nakládání či při jízdě s nerovnoměrně rozloženou hmotností nákladu v kleci. Vedení je vyrobeny z materiálů s dobrými kluznými vlastnostmi po ocelových vodičkách.

Zachycovače

Zachycovače (viz Obr. 15.) jsou bezpečnostní zařízení která musí zajistit při případném přetřetí nosných prostředků či překročení dopravní rychlosti, z důvodu poruchy výtahového stroje bezpečné zastavení klece výtahu zatížené jmenovitým zatížením a udržet ji v klidu při nekontrolovatelném pádu klece dolů a při nekontrolovatelném pádu klece vzhůru musí zajistit snížení rychlosti na takovou rychlost, pro kterou jsou konstruovány nárazníky. Výtah je vybaven dvěma jednosměrnými zachycovači pro nekontrolovatelný pád dolů. Do činnosti uvádí zachycovač lano omezovače rychlosti a přes pákový mechanismus se bezprostředně uvede do chodu i druhý zachycovač umístěný u druhého vodičku klece.

Dle nových norem by měl být nainstalován obousměrný zachycovač na kleci nebo postačí jednosměrný, ale musí být umístěn i na protiváze z důvodu nekontrolovatelného pádu klece vzhůru.

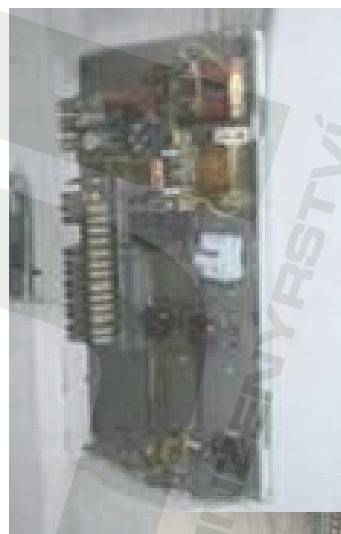
2.4. Protiváha

Je to železobetonové závaží (viz Obr. 16), které zajišťuje potřebnou trakci na trakčním kotouči a rovnoměrné zatížení nosných prostředků. Jeho hmotnost je navržena tak, aby byla rovna hmotnosti klece plus asi polovině jmenovité nosnosti výtahu z důvodu co nejmenšího rozdílu při zvedání plně zatížené klece a prázdné klece. Díky tomu může být použit motor s nižším výkonem a tudíž i s nižší spotřebou elektrické energie.

2.5. Obrázky



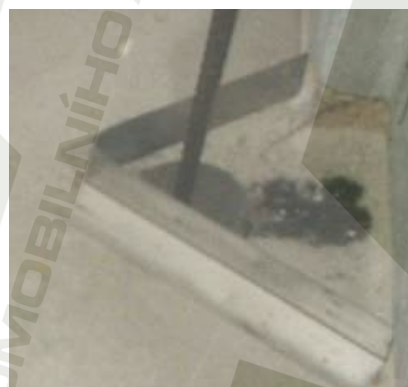
Obr. 2. – Výtahový stroj



Obr. 3. – Rozvaděč
a hlavní vypínač



Obr. 4. – Omezovač rychlosti



Obr. 5. – Ohrazení otvorů
v podlaze strojovny



Obr. 6. – Vodítko klece



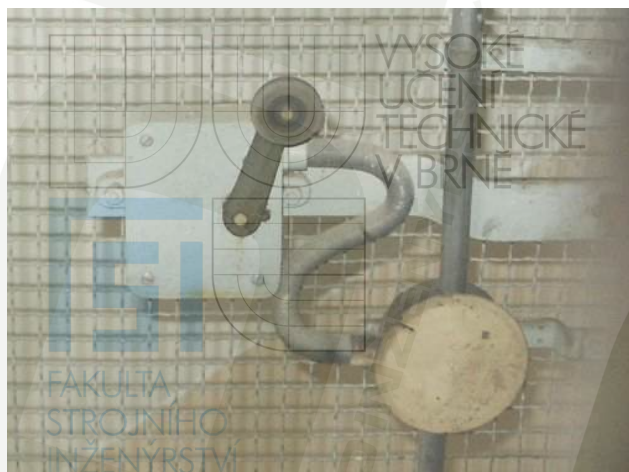
Obr. 7. – Vodítka protiváhy



Obr. 8. - Portál



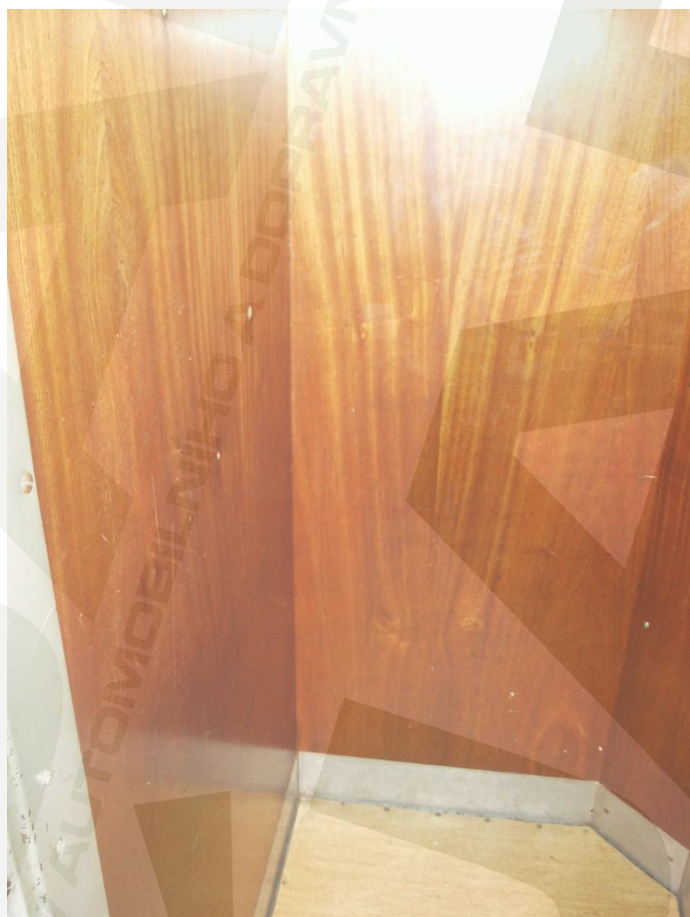
Obr. 9. – Dveřní uzávěra



Obr. 10. – Spínač polohy



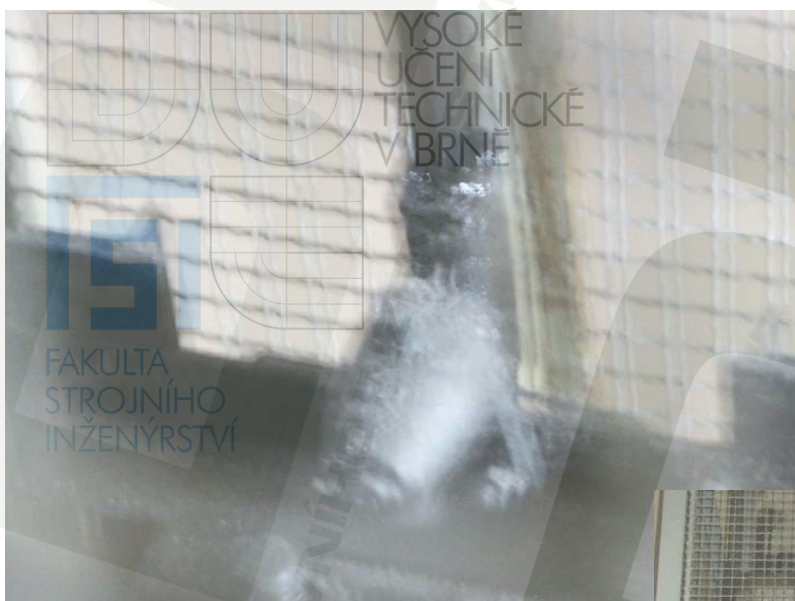
Obr. 11. Napínač lana omezovače rychlosti



Obr. 12 – Ohrazení kabiny



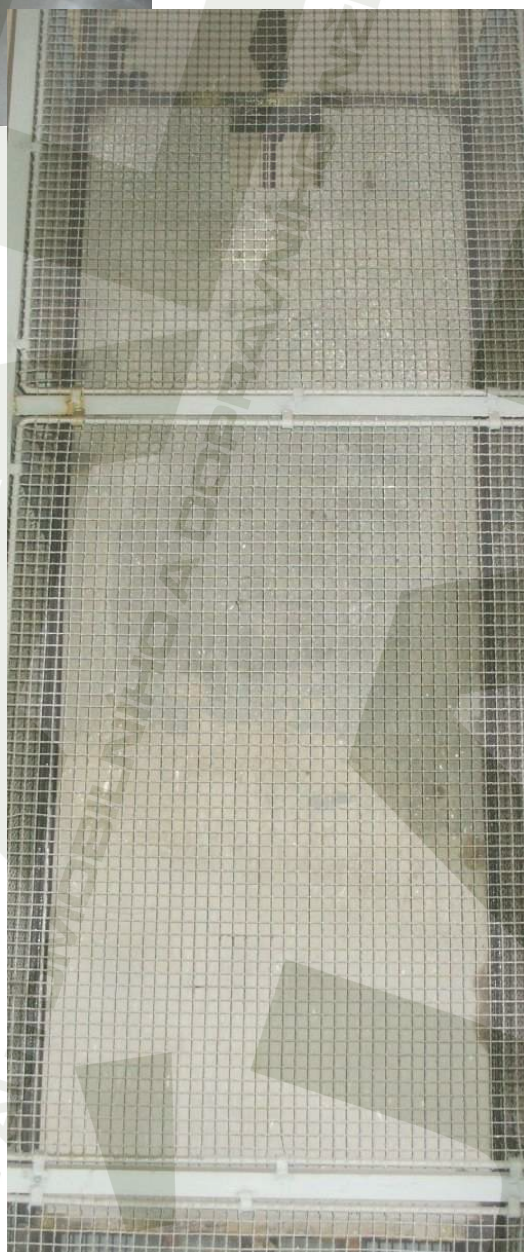
Obr. 13. – Ovládací panel



Obr. 14. – Vedení kabiny



Obr. 15. – Zachycovač kabiny



Obr. 16. – Protiváha stávajícího výtahu

3. Modernizace

Existují dva různé způsoby modernizace výtahů:

- Prvním způsobem je kompletní výměna všech částí výtahu za kompletně nový výtah splňující normu ČSN EN 81-1. Výtahový stroj se vymění za nový bezpřevodový stroj, klec i s její ocelovou konstrukcí se vymění za novou klec s kabinou, vyměnit se musí také vodička klece výtahu a pravděpodobně se musí vyměnit i kompletně konstrukce výtahové šachty.
- Druhým způsobem je provést repasi výtahového stroje, do stávající ocelové konstrukce klece výtahu zkonstruovat novou kabinu a provést takové úpravy výtahu aby splňoval normu ČSN EN 81-1.

Oba způsoby mají své výhody i nevýhody. U prvního způsobu je výsledkem kompletně nový výtah, modernizace je prováděna jednorázově a je větším zásahem do života obyvatel domu díky větším bouracím akcím. U druhého způsobu je výsledkem staronový výtah, ale modernizaci je možná rozfázovat do delšího období (lepší možnost financování modernizace), mezi jednotlivými fázemi je možno výtah používat bez omezení.

Já jsem vypral druhý způsob modernizace. V této části se budu zabývat způsobem rekonstrukce jednotlivých částí výtahu .

3.1 Strojovna

Výtahový stroj

Provede se repase stávajícího výtahového stroje.

Repase prováděna firmou WYKOV v sobě zahrnuje:

- výměnu stávajícího šnekového hřídele za nový šnekový hřídel zesílené konstrukce cementačně kalený a broušený
- výměnu věnce šnekového kola z cínového bronzu
- výměnu hřídele šnekového kola za hřídel zesílené konstrukce
- převrtání frémy šnekového převodu pro uložení hřídele šnekového kola
- kompletní výměnu všech ložisek za nová
- nový trakční kotouč
- nový brzdový kotouč včetně spojky
- novou dvojčinnou brzdu konstrukce WYKOV za použití elektromagnetu pro odbrzdování
- nový elektromotor vhodný pro frekvenční řízení
- nové boční ložisko

Přednosti tohoto způsobu repase jsou:

- použití původní litinové frémy – vyztáhlá šedá litina si zachovává po obrábění optimální přesnost všech rozměrů (neobsahuje vnitřní pnutí)
- nižší cena modernizace než nákup nového stroje z důvodu využití stávající frémy
- kontrola šnekového převodu na speciálním měřícím přístroji KLINGELNBERG
- dynamické vyvážení všech rotujících částí na stroji REUTLINGER

Výtahový stroj bude po repase uložen na původní betonový základ, vymění se pouze původní vymačkané korkové podložky, zabraňující přenos vibrací ze stroje do základu za nové pryžové silentbloky. Dále se na výtahový stroj namontují kryty rotujících částí (spojka, hřídele, trakční kotouč) a zařízení zabraňující vypadnutí lana z drážky trakčního kotouče. Výtahový stroj po repase by mohl vypadat dle Obr. 17..

Rozvaděč s hlavním vypínačem

Rozvaděč bude použit od předního českého výrobce výtahových rozvaděčů, firmou Mezservis spol. s r.o., a to rozvaděč MOROS 03. Rozvaděč je osazen mikroprocesorovou řídicí jednotkou umožňující celou řadu provozních nastavení dle potřeb uživatelů výtahu. Je připraven pro dálkové monitorování provozních stavů servisní firmou prostřednictvím GSM brány nebo internetu. Regulaci otáček zajišťuje špičkový frekvenční měnič UNIDRIVE SP, který dokáže snímat provozní zatížení kabiny a podle vyhodnocení upravovat sběrný program. Použití tohoto měniče dává možnost instalovat zařízení pro samovyproštění osob v případě výpadku el.proudu. Je možné naprogramovat parkovací stanici, druh sběrného řízení, druh signalizace, zápis provozních hodin a spotřeby el. energie, monitorování chyb, časovou blokadu a řadu dalších provozních parametrů.

Hlavní vypínač je uzamykatelný. Foto rozvaděče s hlavním vypínačem viz (Obr. 18.).

Omezovač rychlosti

Pro moje řešení použiji obousměrný omezovač rychlosti LK 200 od firmy WITTUR (viz Obr. 19.). Tento omezovač může být vybaven snímačem impulsů. Ten umožňuje určit přesnou polohu klece s přesností 0,15 mm. Této přesnosti je docíleno díky snímači, který odesílá 1024 pulsů na otáčku. Pohon tohoto snímače je prostřednictvím ozubeného řemene z kola omezovače rychlosti.

Součástí omezovače rychlosti jsou i koncové spínače pro případné přejetí výtahu v koncových stanicích.

3.2. Šachta

Stávající portály se musí vybourat a nahradit novými portály. Tyto portály jsou zkonstruovány z ocelových profilů a ohýbaných plechů. Horní část portálu je prosklená bezpečnostním sklem. Nevyhovující šachetní dveře s drátosklem se nahradí za nové s bezpečnostním sklem. Portály se dále vybaví spínačem uzavření šachetních dveří a přivolávacím tablem se světelným ukazatelem směru jízdy klece výtahu.

Nevyhovující dveřní uzávěra se nahradí za novou dveřní uzávěru DU4 – W.A/1 (viz Obr. 20.). Tato dveřní uzávěra je vybavena kontrolou zasunutí uzávěry do šachetních dveří, při jejímž neseptnutí se výtah neuvede do provozu, a dále je vybavena bezpečnostním prvkem, který je ovládán zasunutím klíče nouzového otvírání.

Nevyhovující drátěné ohrazení klece je možné nahradit pevnými díly z bezpečnostního skla. Možností je i ponechání stávajícího drátěného ohrazení, je to levnější varianta, ale je nutná jeho kontrola, výměna poškozených částí a namontování větších plechových zábran v místech dveřní uzávěry pro zabránění neoprávněné manipulace sní. Tato možnost je ale bezpečnostním rizikem z důvodu přetrvání nebezpečí strčení cizího předmětu do šachty. Je na zadavateli kterou variantu bude preferovat.

Dále se provede kompletní výměna elektroinstalace v šachtě včetně nainstalování nového osvětlení šachty, které zajistí dostatečné osvětlení šachty při práci na kabině i v prohlubni šachty.

Do prohlubně šachty se nainstaluje nový pákový napínač lana omezovače rychlosti (viz Obr. 21.), pod vodička klece i protiváhy se umístí misky pro zachycení stékajícího maziva po vodičkách. Dále se prohlubeň vybaví tlačítkem STOP, spínačem osvětlení šachty a elektrickou zásuvkou (viz Obr. 22.).

3.3. Klec

Ohrazení kabiny a vybavení kabiny

Dřevotřískové ohrazení kabiny se nahradí plechovým ohrazením složeným z několika panelů. Toto ohrazení má několikvrstvou úpravu včetně úpravy ANTIVANDAL a u země je nainstalován okopový plech. Dále je nainstalována nová podlaha s protiskuzovou úpravou, nový strop s multifunkčním výtahový stropním panelem KVADRO STROP 1 (viz Obr. 23.) od firmy VÝTAHY KVADRO v.o.s.. Tento stropní panel je speciálně vyvinutý stropní panel pro nové nebo stávající klece výtahů. Je vysoký pouze 3 cm. Do tohoto prostoru je možno zabudovat světelné satelity KVADRO-SVĚTLO 3 (pro 230 V AC). Dále možnost zabudování nouzového osvětlení, reproduktoru, kamery, ventilátoru (ten se rozbíhá okamžitě při rozsvícení výtahu a může pracovat i při nouzovém osvětlení - příkon pouze 1,5W). Do kabiny se ještě nainstaluje tlačítková kombinace klece výtahu s tlačítky STOP, přivolání pomoci, uzavírání klecových dveří, otevírání klecových dveří, dále je jeho součástí signalizace stanice a signalizace přetížení klece a reproduktor s mikrofonom pro dorozumívání vyprošťovaných osob se servisní osobou.

Klecové dveře budou použity BUS série 3410 šířky 750, světlé šířky 700 (viz Obr.24.). Samočinné shrnovací kabinové dveře jsou navrženy pro výtahy s ručními šachetními dveřmi. Při montáži do stávajících kabin výtahů vyloučí vysoké bezpečnostní riziko - ČSN EN 81.80. Nízká hmotnost křídel dveří je výhodou při použití dveří do nových kabin modernizovaných a nově instalovaných výtahů. Tyto dveře splňují technické podmínky a bezpečnostní požadavky pro provoz výtahů. Pohon dveří - elektromotor s planetovou převodovkou, napájecí napětí 24 V AC, pohyb křídel je realizován pomocí vozíků ozubeným řemenem. Řídící obvod umožňuje bezpečnostními předpisy požadovanou reverzaci a vyhodnocení poruchového stavu, samočinné nastavení přesnosti otevírání. Křídla dveří jsou vyrobena z duralových sendvičových desek, křídla dveří jsou vedena v horní i spodní části – pomocí kluzáků v Al - profilu prahu dveří. Křídla jsou dodávána i s průzorovými skly. K uvolnění dveřní uzávěry je použita odkláněcí křivka VOK 3.

Dále je nutné nainstalovat dostatečně velkou prahovou desku a pod podlahu klece umístit nárazníky klece.

Zachycovače

Navrhují obousměrný zachycovač od firmy Schlosser typu **KB55/EB 75KS** (viz Obr. 25.). Tento zachycovač je složen ze dvou zachycovačů. Jeden zachycovač se aktivuje při nekontrolovatelném pádu klece dolů (KB 55), zastaví klec a následně ji drží v klidové poloze. Jeho odbrzdění je možné výtahovým stroje při pohybu klece vzhůru. Druhý zachycovač (EB 75KS) se aktivuje při nekontrolovatelném pádu nahoru. Tento zachycovač klec nezastaví, ale pouze ji přibrzdí na rychlost na kterou jsou konstruovány nárazníky a zajistí tak bezpečné dojetí protiváhy na nárazníky v prohlubni šachty.

Vedení

Vedení klece je pomocí vodících čelistí s plastovou vložkou T 731 od firmy Global lift cz. Vedení bude umístěno na konstrukci klece nahoře a dole ve stavitelných konzolách vedení.

Ovládání na střeše klece

Pro splnění normy ČSN EN 81-1 je nutné na klec výtahu nainstalovat ovladače pro revizní jízdu (viz Obr. 26). Dále se na klec musí umístit tlačítko STOP a zásuvka na 230V.

3.4. Protiváha

Ocelová svařovaná konstrukce složená z profilů (viz Schéma protiváhy). Horní nosník je tvořen dvěma U-profilu svařenými do nosníku tvaru obdelníku. Uprostřed tohoto nosníku jsou dva otvory, skrz oba profily, do kterých budou umístěny závěsné šrouby bez pružiny průměru 16mm. Svislá táhla jsou z L-profilů, které po přivaření na horní nosník tvoří vedení pro betonovou zátěž. Dolní nosník je z U-profilu, tento nosník je přivařen k svislým táhlům a tvoří tak základ pro betonovou zátěž. Do středu tohoto nosníku je navařena tyč se závitem pro namontování nárazníku protiváhy. Zátěž je tvořena betonovými bloky od firmy Latus CZ. Jejich objemová hmotnost je až 6000 kg/m^3 a jejich rozměry a výslednou barvu si udává odběratel. Já navrhuji betonové bloky o rozměru $60 \times 60 \times 840 \text{ mm}$ při objemové hmotnosti 6000 kg/m^3 (hmotnost jednoho bloku $18,144 \text{ kg}$) a bude použito 25 betonových bloků, celková hmotnost těchto bloků bude $453,6 \text{ kg}$. Vodící čelisti s plastovou vložkou budou připevněny na horním a dolním nosníku pomocí stavitelných konzol. Na horních konzolách je umístěn mazač vodítek protiváhy.

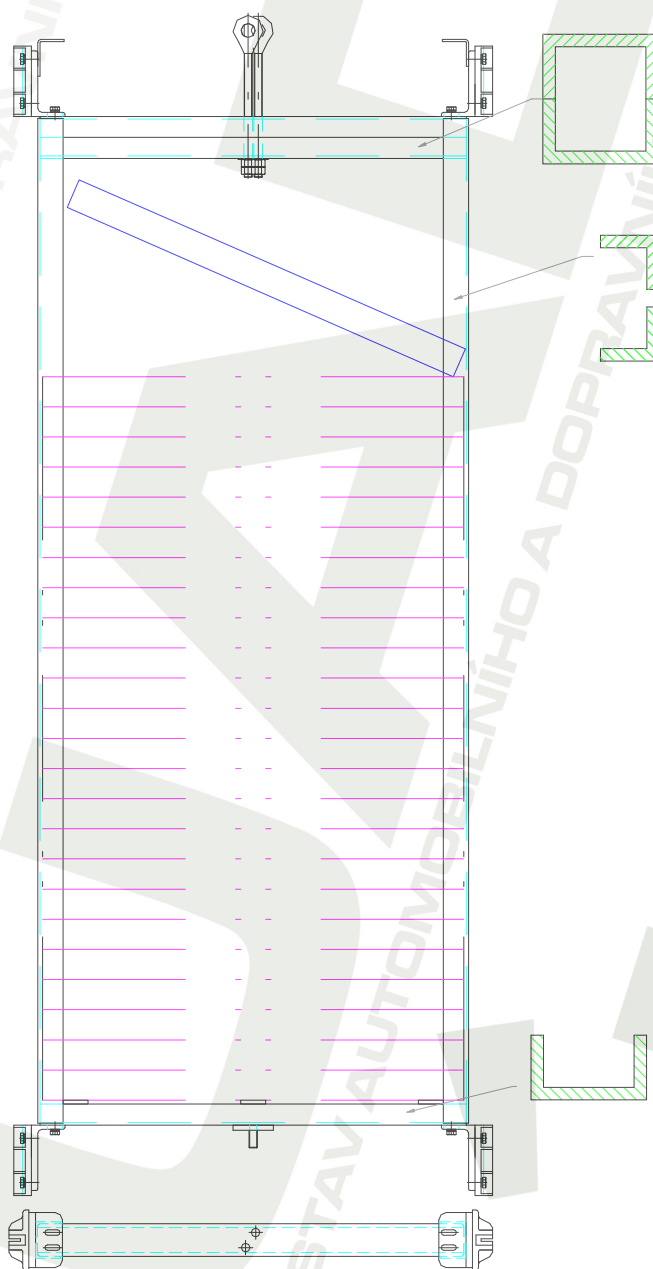
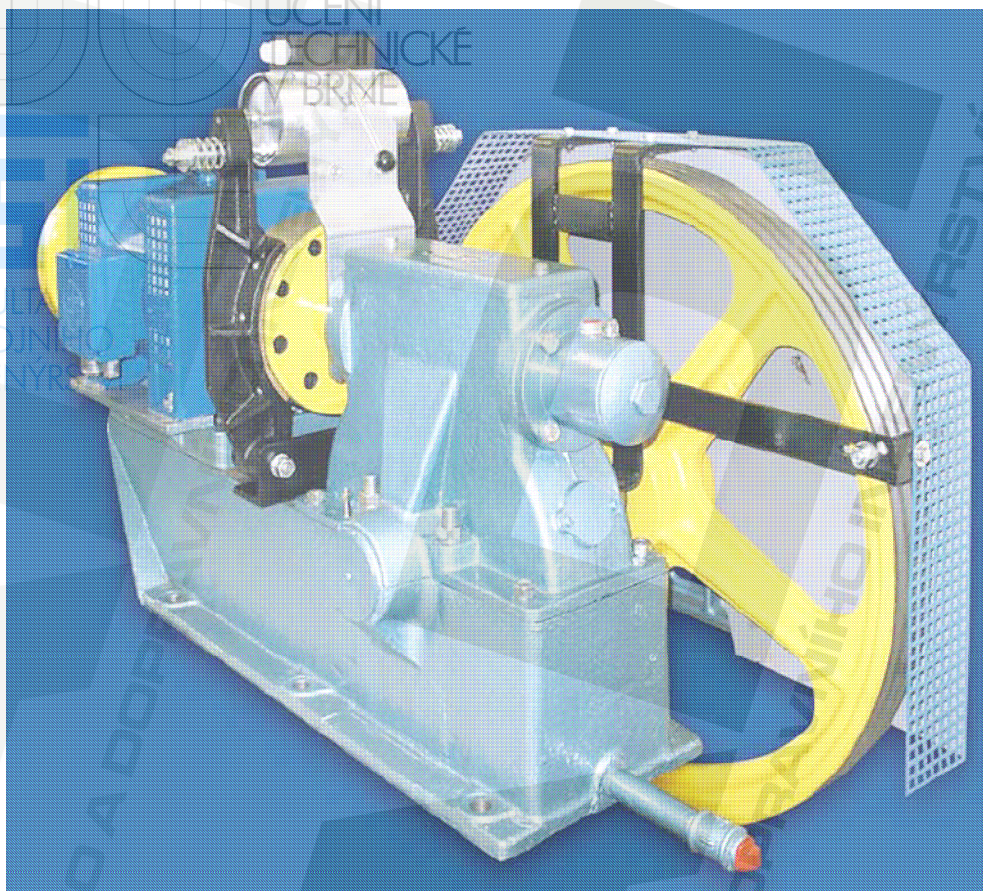


Schéma protiváhy

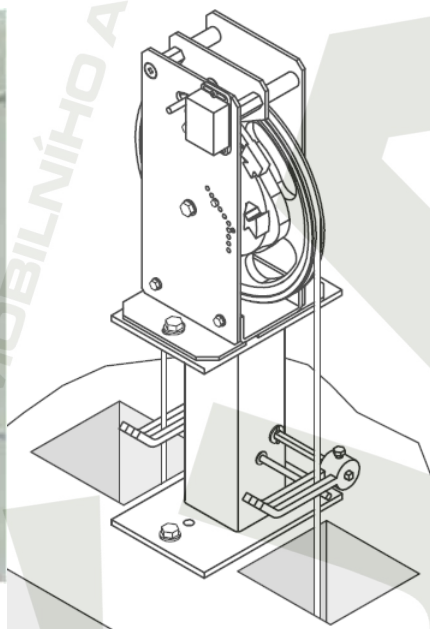
3.5. Obrázky



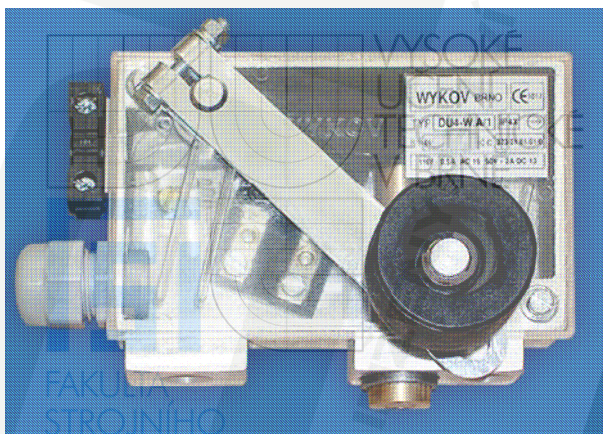
Obr. 17. – Výtahový stroj pro repase



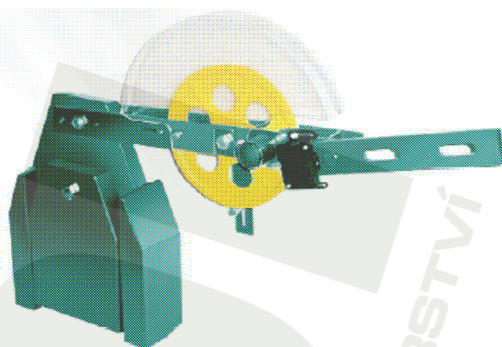
Obr. 18. - Rozvaděč s hlavním vypínačem



Obr. 19. – Omezovač rychlosti LK 200



Obr. 20. – Dveřní uzávěra DU4 – W.A/1



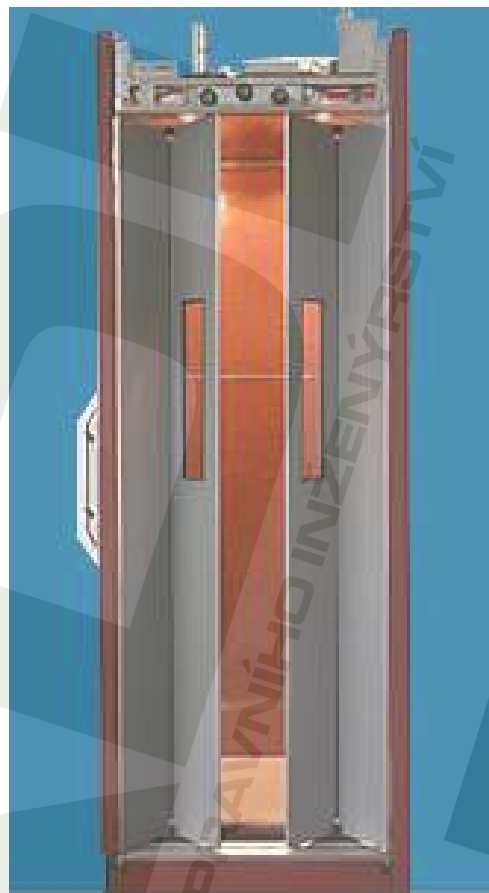
Obr. 21. – Napínač lana omezovače rychlosti



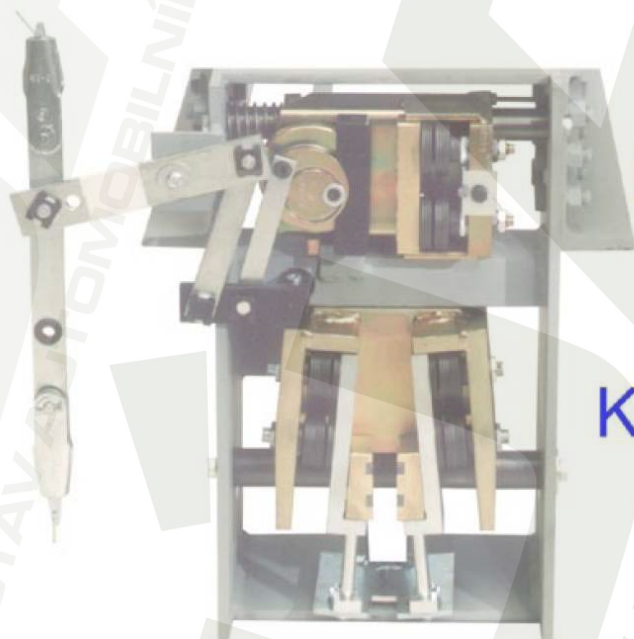
Obr. 22. – Prohlubeň šachty



Obr. 23. – Multifunkční výtahový stropní panel KVADRO STROP 1



Obr. 24. – Kabinové dveře BUS



Obr. 25. – Obousměrný zachycovač

4. Statický výpočet

4.1. Hlavní údaje výtahu

Typ výtahu:

TOV 250/0,5

Jmenovitá nosnost výtahu:

$m_Q = 250 \text{ kg}$

Jmenovitá rychlost výtahu:

$v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Zdvih výtahu:

$H_Q = 27 \text{ m}$

Hmotnost klece:

$m_K = 380 \text{ kg}$

Lanový převod výtahu:

$i_k = 1$

Gravitační zrychlení:

$g_n = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Modul pružnosti v tahu pro ocel:

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

Hmotnost protiváhy:

$$m_Z = 0,45 \cdot m_Q + m_K$$

$$m_Z = 0,45 \cdot 250 + 380$$

$$m_Z = 492,5 \text{ kg}$$

(1)

4.2. Závěsné kabely

Počet závěsných kabelů volím: $n_{zk} = 3$

allkabel

Počet žil x průřez jádra [mm ²]	Obj. číslo	Hmotnost Cu [kg/km]	Konstrukce jádra	Vnější rozměry		Hmotnost kabelu cca [kg/km]
				min. cca [mm]	max. cca [mm]	
NGFLGöu 300/500 V						
4 x 1,5	0209001	60	84 x 0,16	5,4 x 15,0	6,4 x 18,5	155
5 x 1,5	0209002	75	84 x 0,16	5,4 x 19,5	6,4 x 23,0	190
7 x 1,5	0209003	105	84 x 0,16	5,4 x 25,0	6,4 x 30,0	265
8 x 1,5	0209004	120	84 x 0,16	5,4 x 27,5	6,4 x 32,0	295
10 x 1,5	0209005	150	84 x 0,16	6,0 x 35,5	7,0 x 41,5	405
12 x 1,5	0209006	180	84 x 0,16	6,0 x 42,0	7,0 x 48,5	480
24 x 1,5	0209007	360	84 x 0,16	11,5 x 51,0	13,5 x 56,0	1010
4 x 2,5	0209008	100	140 x 0,16	6,6 x 18,5	8,2 x 24,0	255
5 x 2,5	0209009	125	140 x 0,16	6,6 x 24,0	8,2 x 29,0	410
7 x 2,5	0209010	175	140 x 0,16	6,6 x 31,0	8,2 x 39,5	440
8 x 2,5	0209011	200	140 x 0,16	6,6 x 33,5	8,2 x 42,5	495

Tab.1. Ploché závěsné kabely

Hmotnost jednoho metru závěsného kabelu dle Tab.1.: $m_{zk} = 0,44 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$

Hmotnost závěsných kabelů pro daný jmenovitý zdvih:

$$m_{zk} = n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot \left(\frac{H_Q}{2} + 2 \right)$$

$$m_{zk} = 3 \cdot 0,44 \cdot \left(\frac{27}{2} + 2 \right)$$

$$m_{zk} = 20,46 \text{ kg}$$

(2)

Hmotnost prázdné klece a závěsných kabelů:

$$m_p = m_k + m_{zk} \quad (3)$$

$$m_p = 380 + 20,46$$

$$m_p = 400,46 \text{ kg}$$

4.3. Nosné prostředky

SEAL 114 drátů



SEAL 114 drátů
ČSN 02 43 40
DIN 3058
Konstrukce 6 (1 + 9 + 9) + v

Jmenovitý průměr lana mm +5% -3%	Jmenovitá hmotnost lana kg m ⁻¹	Jmenovitá únosnost lana v kN při jmenovité pevnosti drátů MPa	
		1570	1770
6,3	0,146	24,19	27,28
8	0,25	39,55	44,59
10	0,37	63,49	71,58
11,2	0,47	79,87	90,04
12,5	0,58	99,02	111,60
14	0,73	124,50	140,30
16	0,92	156,50	176,50
18	1,16	197,00	222,10

Tab.1. Ocelová lana SEAL (Lana-řetězy Hovorka)

Jmenovitý průměr lana volím: $d_r = 10 \text{ mm}$

Jmenovitou pevnost drátů volím dle Tab.1.: $N_j = 1770 \text{ MPa}$

Jmenovitá únosnost lana pro daný průměr lana a jmenovitou pevnost drátů je:

$$N_{jm} = 71580 \text{ N}$$

Hmotnost jednoho metru lana pro daný průměr a jmenovitou pevnost drátů dle Tab.1.

$$q_r = 0,37 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Průměr trakčního kotouče volím: $D_r = 725 \text{ mm}$

Počet lan volím: $n_r = 2$

Zaručená únosnost lana:

$$N_r = 0,75 \cdot N_{jm} \quad (4)$$

$$N_r = 0,75 \cdot 71580$$

$$N_r = 53685 \text{ N}$$

Hmotnost lana pro daný zdvih:

$$m_r = n_r \cdot q_r \cdot H_Q \quad (5)$$

$$m_r = 2 \cdot 0,37 \cdot 27$$

$$m_r = 19,98 \text{ kg}$$

4.3.1. Součinitel bezpečnosti nosných lan:

Ekvivalentní počet lanových kotoučů dle ČSN EN 81-1 tab. N1: $N_{\text{equiv}_t} = 6,7$

Ekvivalentní počet lanových kladek dle ČSN EN 81-1 tab. N2: $N_{\text{equiv}_v} = 0$

$$N_{\text{equiv}} = N_{\text{equiv}_t} + N_{\text{equiv}_v} \quad (6)$$

$$N_{\text{equiv}} = 6,7 + 0$$

$$N_{\text{equiv}} = 6,7$$

Minimální hodnota součinitele bezpečnosti:

$$S_r = 10 \cdot \frac{2,6834 - \log \left[\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{\text{equiv}}}{\left(\frac{D_r}{d_r} \right)^{8,567}} \right]}{\log \left[77,09 \cdot \left(\frac{D_r}{d_r} \right)^{-2,894} \right]} \quad (7)$$

$$S_r = 10 \cdot \frac{2,6834 - \log \left[\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot 6,7}{\left(\frac{725}{10} \right)^{8,567}} \right]}{\log \left[77,09 \cdot \left(\frac{725}{10} \right)^{-2,894} \right]}$$

$$S_r = 8,906$$

Bezpečnost nosných lan:

$$k_{rv} = \frac{n_r \cdot N_r}{(m_Q \cdot m_K) \cdot g_n + m_r \cdot g_n} \quad (8)$$

$$k_{rv} = \frac{2 \cdot 53685}{(250 + 380) \cdot 9,81 + 19,98 \cdot 9,81}$$

$$k_{rv} = 16,839$$

Bezpečnost pro trakční osobní výtahy do rychlosti 1 m.s⁻¹ je předepsána: $k_d = 16$

$$k_{rv} \geq k_d \quad (9)$$

$$16,839 > 16 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.3.2 Kontrola trakčního kotouče a lana

Poměr průměru trakčního kotouče a průměru lana:

$$\frac{D_r}{d_r} > 40 \quad (10)$$

$$\frac{725}{10} > 40$$

$$72,5 > 40 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.4. Vodítka protiváhy

4.4.1 Základní údaje o protiváze a vodičkách protiváhy

Svislá vzdálenost mezi vodičnými čelistmi: $h_z = 2000 \text{ mm}$

Šířka protiváhy: $B_z = 850 \text{ mm}$

Tloušťka protiváhy: $T_z = 65 \text{ mm}$

Síla způsobená pomocnými zařízeními působící na jedno vodičko protiváhy: $M_z = 0 \text{ N}$

U protiváhy zavěšené centricky, je nutno vzít v úvahu vyosení těžiště v hodnotě nejméně 5% šířky a 10% hloubky protiváhy.

Vyosení těžiště protiváhy k vodičku v ose x:

$$x_z = 0,1 \cdot T_z$$

$$x_z = 0,1 \cdot 65$$

$$x_z = 6,5 \text{ mm}$$

(11)

Vyosení těžiště protiváhy k vodičku v ose y:

$$y_z = 0,05 \cdot B_z$$

$$y_z = 0,05 \cdot 850$$

$$y_z = 42,5 \text{ mm}$$

(12)

Použitá vodička: **T50/A dle ISO 7465:2001, 50x50x5** (viz Obr. 26.)

Počet vodiček:

$$n_{vz} = 2$$

Mez pevnosti vodička:

$$R_m = 370 \text{ MPa}$$

Plocha průřezu vodička:

$$A_{vz} = 4,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Měrná hmotnost vodička:

$$q_{vz} = 3,37 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Modul průřezu v ohybu v ose x:

$$W_{xvz} = 3,15 \text{ cm}^3$$

Modul průřezu v ohybu v ose y:

$$W_{yvz} = 2,1 \text{ cm}^3$$

Kvadratický moment průřezu k ose x:

$$J_{yvz} = 11,24 \text{ cm}^4$$

Kvadratický moment průřezu k osy y:

$$J_{xvz} = 5,25 \text{ cm}^4$$

Poloměr setrvačnosti k ose x:

$$i_{xvz} = 1,54 \text{ cm}$$

Poloměr setrvačnosti k ose y:

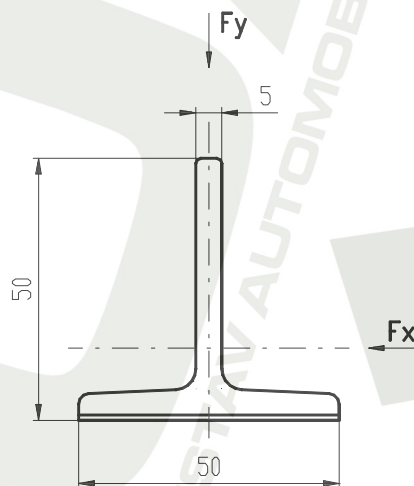
$$i_{yvz} = 1,05 \text{ cm}$$

Tloušťka spojky mezi přírubou a stojnou:

$$c_{vz} = 5 \text{ mm}$$

Maximální vzdálenost mezi kotvami vodiček protiváhy:

$$l_k = 2800 \text{ mm}$$



Obr. 26. – Schéma vodička protiváhy

4.4.2. Kontrola vodiček protiváhy

Normální provoz – jízda, centricky zavěšená a vedená protiváha

Součinitel rázu pro normální provoz dle ČSN EN 81-1 (tabulka G2): $k_2 = 1,2$

Součinitel bezpečnosti vodička dle ČSN EN 81-1 (tabulka 3) pro poměrné prodloužení:

$$A_5 = 12\%$$

$$S_t = 2,25$$

Dovolené napětí vodiček protiváhy dle ČSN EN 81-1 (čl. 10.1.2.1):

$$\sigma_{v,dov} = \frac{R_{mvZ}}{S_t} \quad (13)$$

$$\sigma_{v,dov} = \frac{370}{2,25}$$

$$\sigma_{v,dov} = 164,444 \text{ MPa}$$

Namáhání na ohyb v ose y vodička silami ve vodičích čelistech

Síla ve vodičí čelisti v ose x:

$$F_{xvZ} = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot m_z \cdot x_z}{n_{vZ} \cdot h_z} \quad (14)$$

$$F_{xvZ} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot 492,5 \cdot 0,0065}{2 \cdot 2,008}$$

$$F_{xvZ} = 9,384 \text{ N}$$

Ohybový moment k ose y:

$$M_{yvZ} = \frac{3 \cdot F_{xvZ} \cdot l_k}{16} \quad (15)$$

$$M_{yvZ} = \frac{3 \cdot 9,384 \cdot 2,8}{16}$$

$$M_{yvZ} = 4,926 \text{ N.m}$$

Napětí v ohybu v ose y:

$$\sigma_{yvZ} = \frac{M_{yvZ}}{W_{yvZ}} \quad (16)$$

$$\sigma_{yvZ} = \frac{4,926 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_{yvZ} = 2,346 \text{ MPa}$$

Namáhání na ohyb v ose x vodička silami ve vodičích čelistech

Síla ve vodičí čelisti v ose y:

$$F_{yvZ} = \frac{2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot m_z \cdot y_z}{n_{vZ} \cdot h_z} \quad (17)$$

$$F_{yvZ} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot 492,5 \cdot 0,0425}{2 \cdot 2,008}$$

Ohybový moment k ose x:

$$F_{yvZ} = 122,710\text{N}$$

$$M_{xvZ} = \frac{3 \cdot F_{yvZ} \cdot l_k}{16}$$

$$M_{xvZ} = \frac{3 \cdot 122,710 \cdot 2,8}{16}$$

$$M_{xvZ} = 64,423\text{N.m}$$
(18)

Napětí v ohybu v ose x:

$$\sigma_{xvZ} = \frac{M_{yvZ}}{W_{yvZ}}$$

$$\sigma_{xvZ} = \frac{64,423 \cdot 10^3}{3,15 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_{xvZ} = 20,452\text{MPa}$$
(19)

Kombinované namáhání

Kontrola napětí v ohybu vodička protiváhy:

$$\sigma_{mvZ} = \sigma_{xvZ} + \sigma_{yvZ} \leq \sigma_{v.dov}$$

$$\sigma_{mvZ} = 2,346 + 20,452 \leq 164,444$$

$$\sigma_{mvZ} = 22,798\text{MPa} < 164,444\text{MPa} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$
(20)

Kontrola napětí na ohyb a tlak vodička protiváhy:

$$\sigma_{vZ} = \sigma_{mvZ} + \frac{k_2 \cdot M_Z}{A_{vZ}} \leq \sigma_{v.dov}$$

$$\sigma_{vZ} = 22,798 + \frac{1,2 \cdot 0}{4,75 \cdot 10^2} \leq 164,444$$

$$\sigma_{vZ} = 22,798\text{MPa} < 164,444\text{MPa} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$
(21)

Kontrola napětí v přírubě vodička protiváhy na ohyb:

$$\sigma_{FvZ} = \frac{1,85 \cdot F_{xvZ}}{c_{vZ}^2} \leq \sigma_{v.dov}$$

$$\sigma_{FvZ} = \frac{1,85 \cdot 9,384}{5^2} \leq 164,444$$

$$\sigma_{FvZ} = 0,694\text{MPa} < 164,444\text{MPa} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$
(22)

Průhyby vodiček protiváhy

Maximální dovolené průhyby vodiček T-profilu pro protiváhu bez působení zachycovačů dle ČSN EN 81-1 (čl. 10.1.2.2): $\delta_{v.dov} = 10 \text{ mm}$

Kontrola průhybu vodička protiváhy v ose x:

$$\delta_{xvZ} = 0,7 \cdot \frac{F_{xvZ} \cdot l_k^3}{48 \cdot E \cdot J_{yvZ}} \leq \delta_{v.dov} \quad (23)$$

$$\delta_{xvZ} = 0,7 \cdot \frac{9,384 \cdot 2800^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,28 \cdot 10^4} \leq 10$$

$$\delta_{xvZ} = 0,272 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

=> vyhovuje

Kontrola průhybu vodička protiváhy v ose y:

$$\delta_{y xvZ} = 0,7 \cdot \frac{F_{yvZ} \cdot l_k^3}{48 \cdot E \cdot J_{xvZ}} \leq \delta_{v.dov} \quad (24)$$

$$\delta_{yvZ} = 0,7 \cdot \frac{122,710 \cdot 2800^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,124 \cdot 10^5} \leq 10$$

$$\delta_{yvZ} = 1,664 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

=> vyhovuje

4.5. Výpočet konstrukce protiváhy

4.5.1. Zkladní údaje o konstrukci

Vodorovný horní nosník protiváhy: 2xU65 materiál 11 375

Dovolené napětí v ohybu ocel 11 375:

$$\sigma_{Dzh} = 96 \text{ MPa}$$

Celkový ohybový modul průřezu nosníku:

$$W_{xyh} = 35,4 \text{ cm}^3$$

Celkový kvadratický moment průřezu k ose x:

$$J_{xzh} = 115 \text{ cm}^4$$

Délka nosníku:

$$l_{zh} = 850 \text{ mm}$$

Svislá táhla rámu protiváhy: 4xL50x30x4 materiál 11 375

Dovolené napětí v tahu pro ocel 11 375:

$$\sigma_{Dzs} = 96 \text{ MPa}$$

Plocha jednoho svislého táhla:

$$S_{zs} = 3,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Celková plocha svislých táhel:

$$S_{zsc} = 4 \cdot S_{zs}$$

$$S_{zsc} = 4 \cdot 3,07 \cdot 10^{-4}$$

$$S_{zsc} = 1,228 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

(25)

Modul průřezu v ohybu v jednom táhle: $W_{ozs} = 4,606 \text{ cm}^3$

Celkový modul průřezu v ohybu svislých táhel:

$$W_{ozsc} = 4 \cdot W_{ozs}$$

$$W_{ozsc} = 4 \cdot 4,606 \cdot 10^{-6}$$

$$W_{ozsc} = 18,424 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

(26)

Délka táhel:

$$l_{zs} = 2 \text{ m}$$

Šířka závaží:

$$b_z = 0,85 \text{ m}$$

4.5.2. Kontrola konstrukce protiváhy

Kontrola napětí v ohybu horního nosníku protiváhy:

$$\sigma_{ozh} = \frac{m_z \cdot g_n \cdot l_{zh}}{4 \cdot W_{zzh}} \leq \sigma_{Dzh} \quad (27)$$

$$\sigma_{ozh} = \frac{492,5 \cdot 9,81 \cdot 850}{4 \cdot 35,4 \cdot 10^3} \leq 96$$

$$\sigma_{ozh} = 29,002 \text{ MPa} < 96 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Největší dovolená hodnota průhybu horního nosníku protiváhy dle ČSN 27 4030:

$$y_{Dzh} = l_{zh} \cdot 10^{-3} \quad (28)$$

$$y_{Dzh} = 850 \cdot 10^{-3}$$

$$y_{Dzh} = 0,85 \text{ mm}$$

Kontrola průhybu horního nosníku protiváhy:

$$y_{zh} = \frac{m_z \cdot g_n \cdot l_{zh}^3}{48 \cdot E \cdot J_{zzh}} \leq y_{Dzh} \quad (29)$$

$$y_{zh} = \frac{492,5 \cdot 9,81 \cdot 850^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 115 \cdot 10^4} \leq 0,85$$

$$y_{zh} = 0,256 \text{ mm} < 0,85 \text{ mm} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Ohybový moment od excentricity zatížení:

$$M_{ozs} = \frac{m_z \cdot g_n \cdot b_z}{6} \quad (30)$$

$$M_{ozs} = \frac{492,5 \cdot 9,81 \cdot 850}{6}$$

$$M_{ozs} = 684,452 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Kontrola napětí ve svislých táhlech od namáhání tahem a ohybem:

$$\sigma_{zs} = \frac{m_z \cdot g_n}{2 \cdot S_{zs}} + \frac{M_{ozs} \cdot l_{zs}}{4 \cdot h_z \cdot W_{ozs}} \leq \sigma_{Dzs} \quad (31)$$

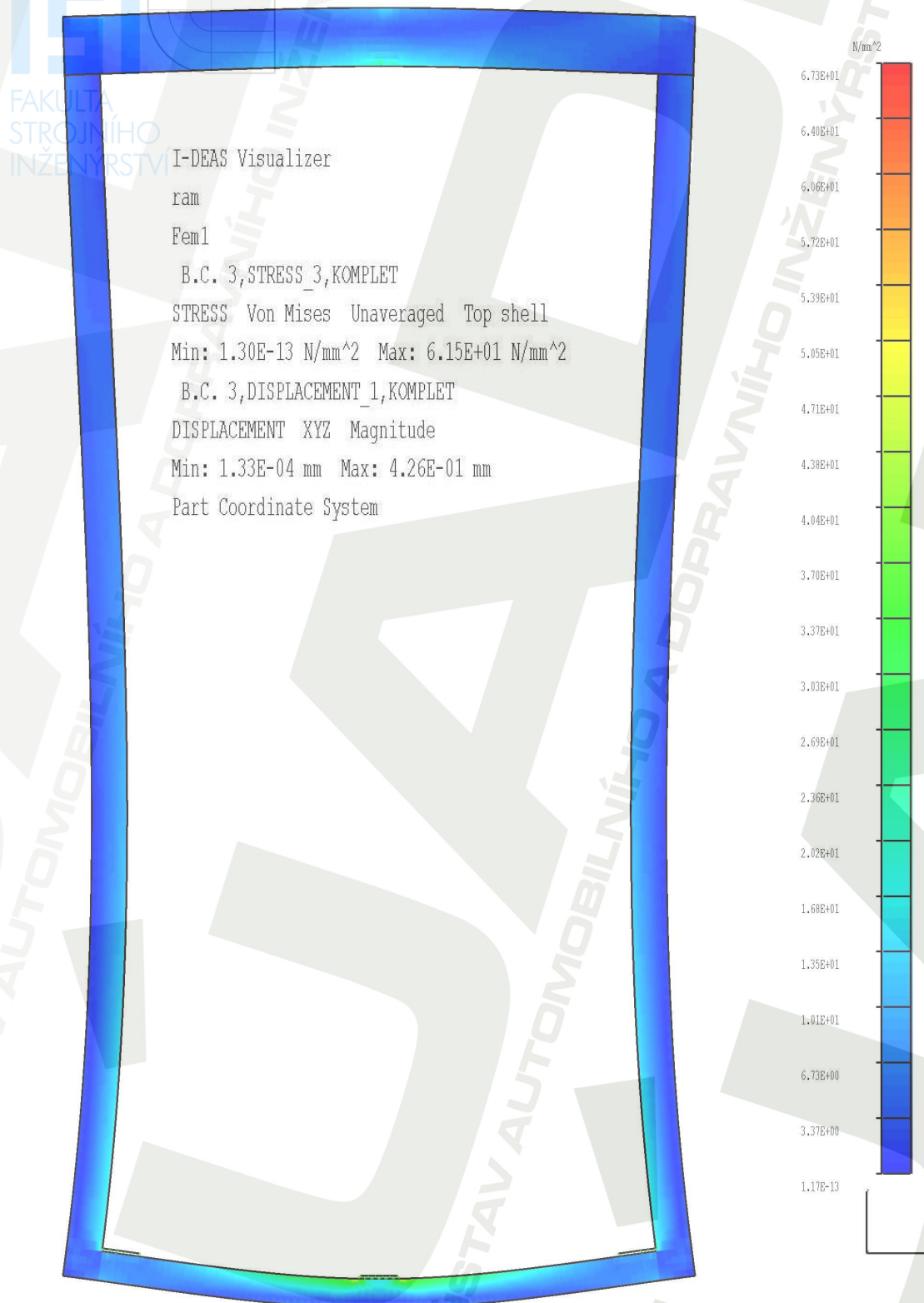
$$\sigma_{zs} = \frac{492,5 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,228 \cdot 10^3} + \frac{684,452 \cdot 10^3 \cdot 2000}{4 \cdot 1700 \cdot 18,424 \cdot 10^3} \leq 96$$

$$\sigma_{zs} = 17,156 \text{ MPa} < 96 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

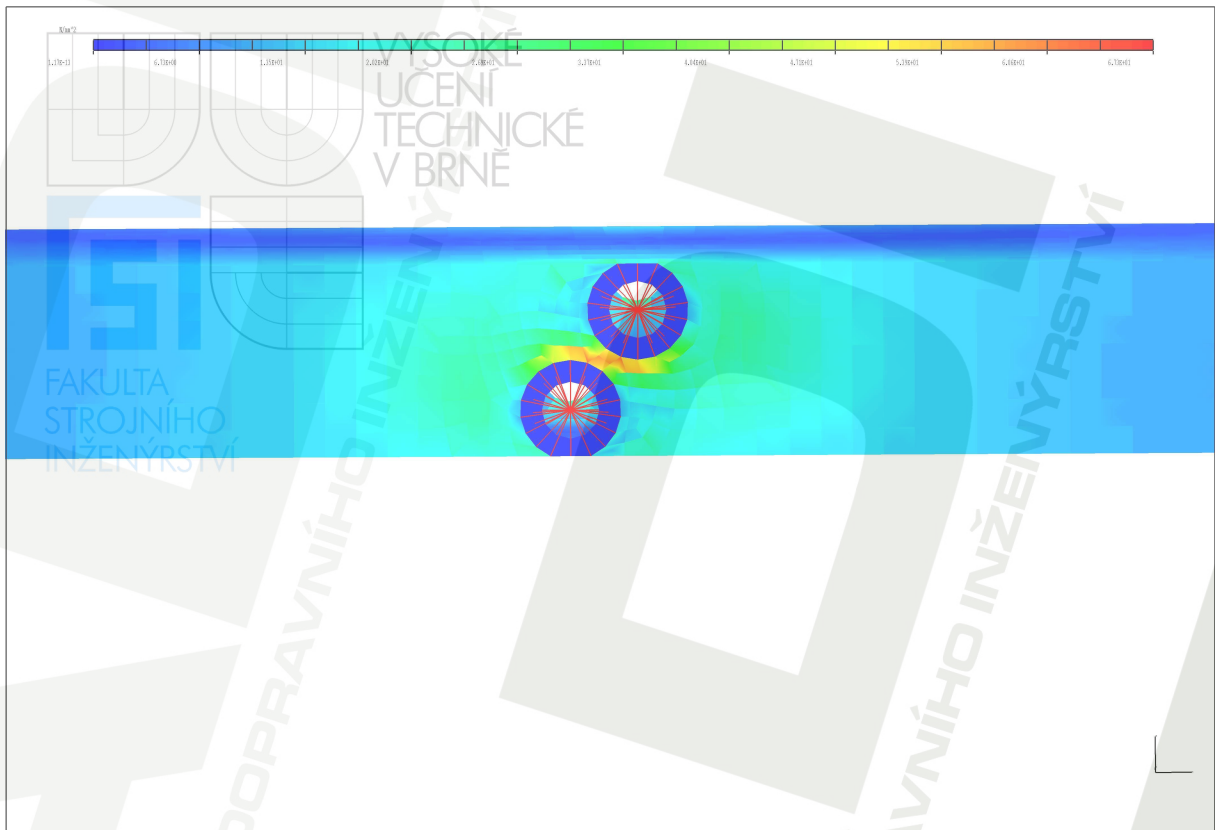
4.5.3. MKP výpočet konstrukce protiváhy

Výpočet ocelové konstrukce protiváhy jsem prováděl pomocí programu I-Deas 11 z důvodu porovnání s klasickým zjednodušeným výpočtem. Na horním nosníku vychází největší napětí mezi otvory pro závěsné šrouby a to asi 67 MPa což je vyhovující (dovolené napětí je 96 MPa). Toto napětí není zahrnuto v klasickém výpočtu. Vypočtené ohybové napětí v horním nosníku klasickým výpočtem vychází 29 MPa, MKP výpočtem asi 20 MPa. Průhyb horního nosníku je dle klasického výpočtu 0,256 mm pomocí MKP výpočtu je 0,16 mm. Ve svislých nosnicích je dle klasického výpočtu maximální napětí asi 17 MPa a dle MKP výpočtu asi 19 MPa. Maximální průhyb těchto nosníků dle MKP výpočtu je asi 0,28 mm. Na

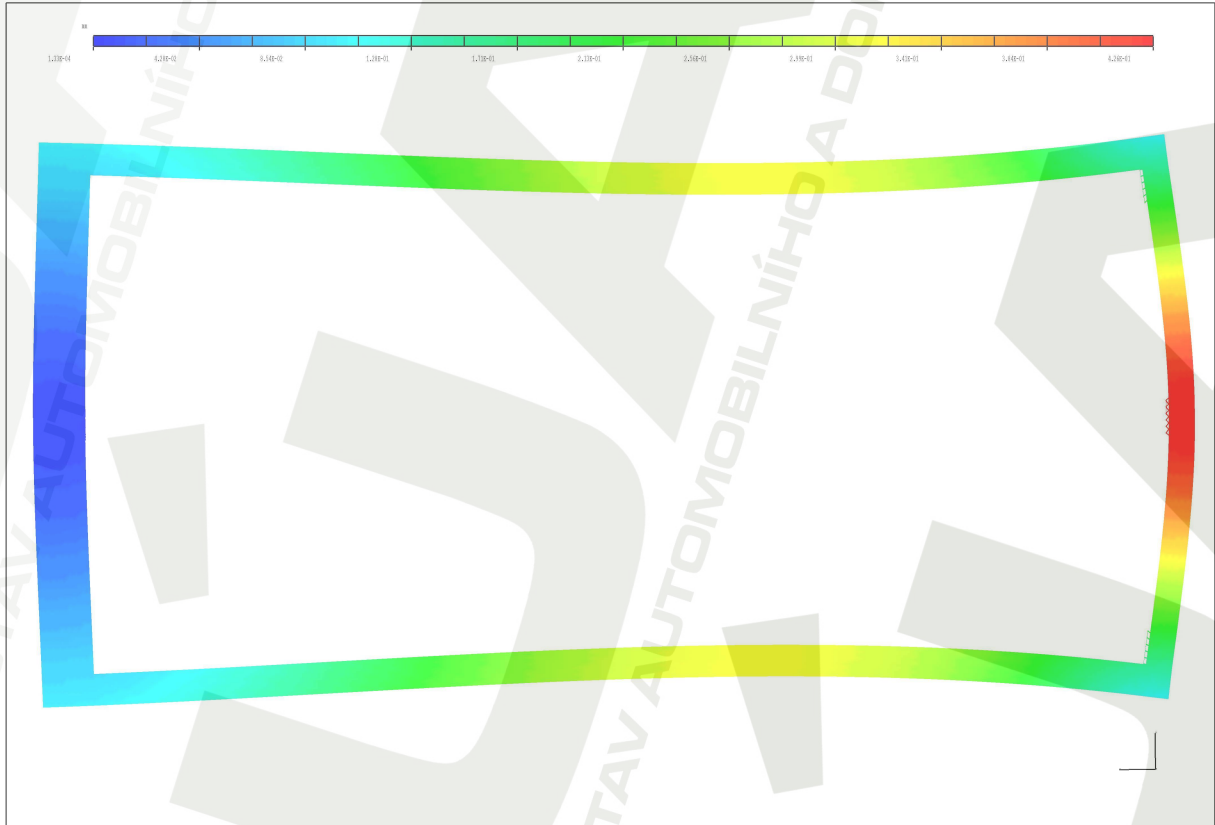
dolním nosníku je dle MKP výpočtu maximální napětí asi 45 MPa a maximální průhyb asi 0,43 mm Tyto rozdíly mezi klasickým výpočtem a MKP výpočtem jsou dány vázaným kroucením L profilů svislých táhel které klasický výpočet nezahrnoval. Na Obr. 27. je celkový pohled na konstrukci protiváhy a s průběhem napětí, na Obr. 28. je detail horního nosníku v místě maximálního napětí s průběhem napětí a na Obr. 29. je celkový pohled na konstrukci protiváhy s průběhem průhybů konstrukce protiváhy.



Obr. 27. – Průběh napětí v konstrukci protiváhy



Obr. 28. – Detail horního nosníku v místě největšího napětí



Obr. 29. – Průběh deformace v konstrukci protiváhy

4.6. Výtahový stroj

4.6.1. Základní parametry výtahového stroje

Typ výtahového stroje:

S3 – TOV 250/0,5

Převodový poměr šnekového soukolí:

$i_s = 67$

Lanový převod:

$i_k = 1$

Účinnost výtahu:

$\eta_c = 0,55$

Typ trakčního kotouče: *Litinový netvrzený, 2x klínová drážka se zářezem (viz Obr. 30.)*

Průměr hnacího kotouče:

$D_r = 725 \text{ mm}$

Stálá délka nosných lan:

$H_0 = 0,8 \text{ m}$

Úhel opásání trakčního kotouče:

$\alpha = 180^\circ$

Úhel zářezu klínové drážky:

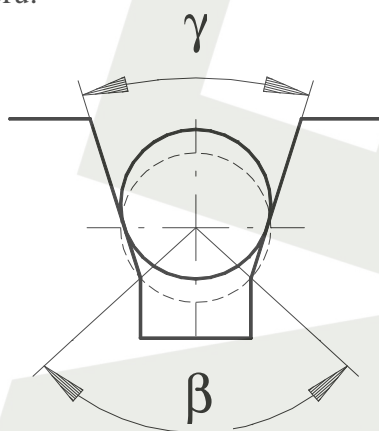
$\beta = 95^\circ$

Úhel klínové drážky:

$\gamma = 35^\circ$

Asynchronní otáčky elektromotoru:

$n_m = 975 \text{ min}^{-1}$



Obr. 30. – Schéma drážky trakčního kotouče

Dopravní rychlost:

$$v_v = \frac{\pi \cdot D_r \cdot n_m}{i_s} \quad (32)$$

$$v_v = \frac{\pi \cdot 0,725 \cdot 975}{60 \cdot 67}$$

$$v_v = 0,552 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Obvodová síla na trakčním kotouči:

$$F_o = \frac{(m_Q + m_K - m_z) \cdot g_n}{i_k} + m_r \cdot g_n \quad (33)$$

$$F_o = \frac{(250 + 380 - 492,5) \cdot 9,81}{1} + 19,98 \cdot 9,81$$

$$F_o = 1544,879 \text{ N}$$

Obvodová rychlost trakčního kotouče:

$$v_o = v_v \cdot i_k \quad (34)$$

$$v_o = 0,552 \cdot 1$$

$$v_o = 0,552 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

4.6.2. Návrh motoru

Potřebný výkon elektromotoru:

$$P_m = \frac{F_o \cdot v_o}{\eta_c} \quad (35)$$

$$P_m = \frac{1544,879 \cdot 0,552}{0,55}$$

$$P_m = 1,552 \text{ kW}$$

Volím elektromotor ATM 135 M6 s jmenovitým výkonem 2,7 kW, počet pólů 6.

4.6.3. Kontrola dopravní rychlosti výtahu

Maximální dovolená dopravní rychlost:

$$v_{\max} = v + 0,15 \cdot v \quad (36)$$

$$v_{\max} = 0,5 + 0,15 \cdot 0,5$$

$$v_{\max} = 0,575 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Minimální dovolená dopravní rychlost:

$$v_{\min} = v - 0,15 \cdot v \quad (37)$$

$$v_{\min} = 0,5 - 0,15 \cdot 0,5$$

$$v_{\min} = 0,425 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kontrola dopravní rychlosti:

$$v_{\min} \leq v_v \leq v_{\max} \quad (38)$$

$$0,425 < 0,552 < 0,575 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.6.4. Statické zatížení hřídele trakčního kotouče

Síla působící v laněch na straně klece, klec v nejnižší stanici:

$$T_1 = \frac{m_Q + m_P}{i_k} \cdot g_n + m_r \cdot g_n \quad (39)$$

$$T_1 = \frac{250 + 400,46}{1} \cdot 9,81 + 19,98 \cdot 9,81$$

$$T_1 = 6577,016 \text{ N}$$

Síla působící v laněch na straně protiváhy, klec v nejnižší stanici:

$$T_2 = \frac{m_z \cdot g_n}{i_k} \quad (40)$$

$$T_2 = \frac{492,5 \cdot 9,81}{1}$$

$$T_2 = 4831,441 \text{ N}$$

Statická síla zatěžující hřídel:

$$F_{hs} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2 \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \cos \alpha} \quad (41)$$

$$F_{hs} = \sqrt{6577,016^2 + 4831,441^2 - 2 \cdot 6577,016 \cdot 4831,441 \cdot \cos 180^\circ}$$

$$F_{hs} = 11408,441 \text{ N}$$

Svislé statické zatížení:

$$F_{ss} = T_1 + T_2 \quad (42)$$

$$F_{ss} = 6577,016 + 4831,441$$

$$F_{ss} = 11408,441\text{N}$$

4.6.5. Výpočet součinitelů tření

Součinitel tření mezi ocelovým lanem a litinovým trakčním kotoučem pro nakládání klece dle ČSN EN 81-1 příl. M.2.2.2: $\mu_{na} = 0,1$

Součinitel tření lana v klínové drážce se zářezem, netvrzené, pro nakládání klece:

$$f_{na} = \mu_{na} \cdot \frac{4 \cdot \left(1 - \sin \frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \beta - \sin \beta} \quad (43)$$

$$f_{na} = 0,1 \cdot \frac{4 \cdot \left(1 - \sin \frac{95^\circ}{2}\right)}{\pi - 1,658 - \sin 95^\circ}$$

$$f_{na} = 0,216$$

Součinitel tření mezi ocelovým lanem a litinovým trakčním kotoučem pro nouzové zastavení klece dle ČSN EN 81-1 příl. M.2.2.2:

$$\mu_{nz} = \frac{0,1}{1 + \frac{v}{10}} \quad (44)$$

$$\mu_{nz} = \frac{0,1}{1 + \frac{0,5}{10}}$$

$$\mu_{nz} = 0,095$$

Součinitel tření lana v klínové drážce se zářezem, netvrzené, pro nouzové zastavení klece:

$$f_{nz} = \mu_{nz} \cdot \frac{4 \cdot \left(1 - \sin \frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \beta - \sin \beta} \quad (45)$$

$$f_{nz} = 0,095 \cdot \frac{4 \cdot \left(1 - \sin \frac{95^\circ}{2}\right)}{\pi - 1,658 - \sin 95^\circ}$$

$$f_{nz} = 0,205$$

Součinitel tření mezi ocelovým lanem a litinovým trakčním kotoučem při stojící kleci dle ČSN EN 81-1 příl. M.2.2.2: $\mu_{zk} = 0,2$

Součinitel tření lana v klínové drážce se zářezem, netvrzené, pro nakládání klece:

$$f_{zk} = \mu_{zk} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad (46)$$

$$f_{zk} = 0,2 \cdot \frac{1}{\sin \frac{35^\circ}{2}}$$

$$f_{na} = 0,665$$

Třecí síla na hřídeli trakčního kotouče od účinnosti ložisek na straně protiváhy a od tření na vodítkách protiváhy: $F_{R_{cwt}} = 300 \text{ N}$

Třecí síla na hřídeli trakčního kotouče od účinnosti ložisek na straně klece a od tření na vodítkách klece: $F_{R_{car}} = 400 \text{ N}$

4.6.6. Kontrola tlaku v drážce trakčního kotouče

Statická síla v laněch na straně klece při 100% zatížení klece jmenovitým zatížením s klecí v nejnižší stanici:

$$T_S = \left(\frac{m_Q + m_K}{i_k} + m_r \right) \cdot g_n \quad (47)$$

$$T_S = \left(\frac{250 + 380}{1} + 19,98 \right) \cdot 9,81$$

$$T_S = 6376,304 \text{ N}$$

Maximální dovolený tlak v drážce trakčního kotouče při 100% zatížení klece jmenovitým zatížením:

$$p_{\max} = \frac{12,5 + \frac{4 \cdot v}{m \cdot s^{-1}}}{1 + \frac{v}{m \cdot s^{-1}}} \quad (48)$$

$$p_{\max} = \frac{12,5 + \frac{4 \cdot 0,5}{m \cdot s^{-1}}}{1 + \frac{0,5}{m \cdot s^{-1}}}$$

$$p_{\max} = 9,667 \text{ MPa}$$

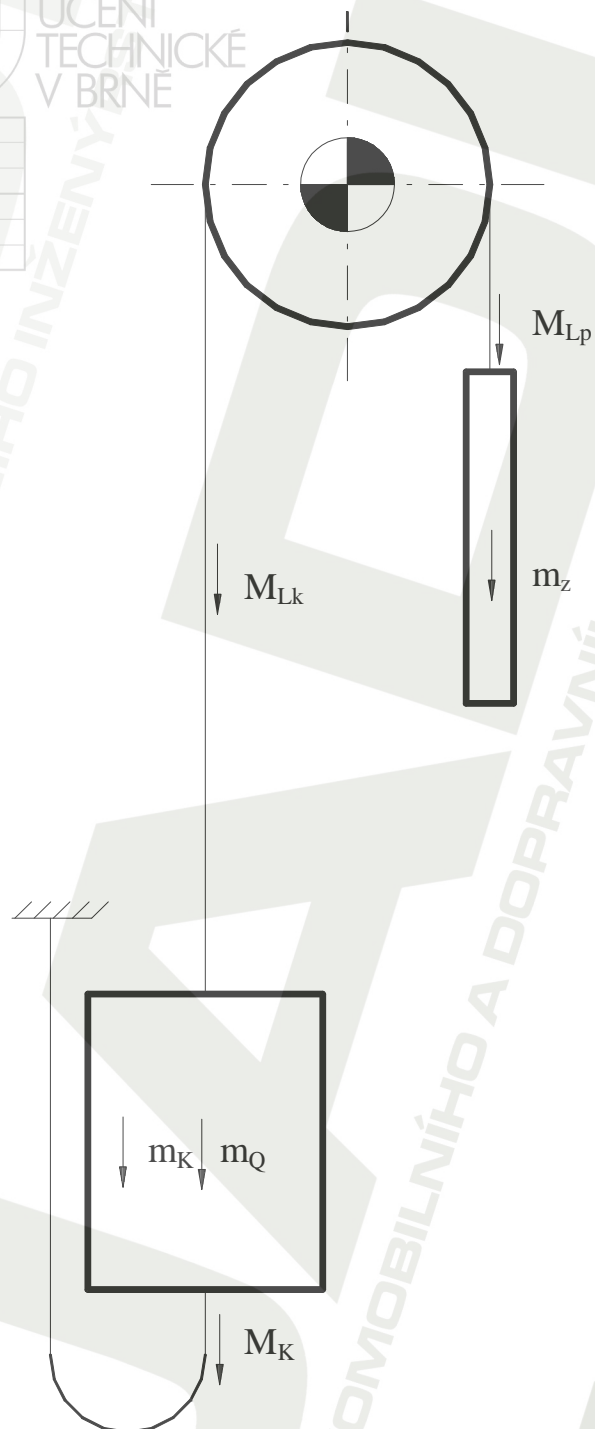
Kontrola tlaku v drážce trakčního kotouče pro klínovou drážku se zářezem:

$$p_{kd} = \frac{T_S \cdot 4,5}{n_r \cdot d_r \cdot D_r \cdot \sin \frac{\gamma}{2}} \leq p_{\max} \quad (49)$$

$$p_{kd} = \frac{6376,304 \cdot 4,5}{2 \cdot 10 \cdot 725 \cdot \sin \frac{35^\circ}{2}} \leq 9,667$$

$$p_{kd} = 6,581 \text{ MPa} < 9,667 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.7. Trakční schopnost trakčního kotouče



Obr. 31. – Schéma výtahu s hmotnostmi jednotlivých částí

4.7.1. Klec zatížena 125% jmenovité hmotnosti v nejnižší stanici – nakládání klece

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$M_{Lkkl} = n_r \cdot q_r \cdot H_Q \quad (50)$$

$$M_{Lkkl} = 2 \cdot 0,37 \cdot 27$$

$$M_{Lkkl} = 19,96 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze kelce na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} M_{Lpkd} &= n_r \cdot q_r \cdot H_L \\ M_{Lpkd} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 0 \\ M_{Lpkd} &= 0\text{kg} \end{aligned} \quad (51)$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$\begin{aligned} M_{Kkd} &= n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot H_K \\ M_{Kkd} &= 3 \cdot 0,44 \cdot 0 \\ M_{Kkd} &= 0\text{kg} \end{aligned} \quad (52)$$

Síla v lanech na straně klece při nakládání klece v nejnižší stanici:

$$\begin{aligned} T_{1kd} &= \left(\frac{1,25 \cdot m_Q + m_K + M_{Kkd} + M_{Lkdd}}{i_k} \right) \cdot g_n \\ T_{1kd} &= \left(\frac{1,25 \cdot 250 + 380 + 0}{1} + 19,96 \right) \cdot 9,81 \\ T_{1kd} &= 6989,429\text{N} \end{aligned} \quad (53)$$

Síla v lanech na straně protiváhy při nakládání klece v nejnižší stanici:

$$\begin{aligned} T_{2kd} &= \left(\frac{m_z}{i_k} + M_{Lpkd} \right) \cdot g_n \\ T_{2kd} &= \left(\frac{492,5}{1} + 0 \right) \cdot 9,81 \\ T_{2kd} &= 4831,425\text{N} \end{aligned} \quad (54)$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro nakládání klece v nejnižší stanici dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\begin{aligned} \frac{T_{1kd}}{T_{2kd}} &\leq e^{f_{na} \cdot \alpha} \\ \frac{6989,429}{4831,425} &\leq e^{0,216 \cdot 3,142} \\ 1,447 &< 1,969 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned} \quad (55)$$

4.7.2. Prázdná klec v nejvyšší stanici

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$\begin{aligned} M_{Lkkn} &= n_r \cdot q_r \cdot H_L \\ M_{Lkkn} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 0 \\ M_{Lkkn} &= 0\text{kg} \end{aligned} \quad (56)$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze kelce na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} M_{Lpkn} &= n_r \cdot q_r \cdot H_Q \\ M_{Lpkn} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 27 \\ M_{Lpkn} &= 19,98 \text{ kg} \end{aligned} \quad (57)$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$\begin{aligned} M_{Kkn} &= n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot \left(\frac{H_Q}{2} + 2 \right) \\ M_{Kkn} &= 3 \cdot 0,44 \cdot \left(\frac{27}{2} + 2 \right) \\ M_{Kkn} &= 20,46 \text{ kg} \end{aligned} \quad (58)$$

Síla v lanech na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici:

$$\begin{aligned} T_{1kn} &= \left(\frac{m_z}{i_k} + M_{Lpkn} \right) \cdot g_n \\ T_{1kn} &= \left(\frac{492,5}{1} + 19,96 \right) \cdot 9,81 \\ T_{1kn} &= 5027,429 \text{ N} \end{aligned} \quad (59)$$

Síla v lanech na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici:

$$\begin{aligned} T_{2kn} &= \left(\frac{m_K + M_{Kkn} + M_{Lkkn}}{i_k} \right) \cdot g_n \\ T_{2kn} &= \left(\frac{380 + 20,46 + 0}{1} \right) \cdot 9,81 \\ T_{2kn} &= 3928,513 \text{ N} \end{aligned} \quad (60)$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro prázdnou klec v nejvyšší stanici dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\begin{aligned} \frac{T_{1kn}}{T_{2kn}} &\leq e^{f_{na} \cdot \alpha} \\ \frac{5027,429}{3928,513} &\leq e^{0,216 \cdot 3,142} \\ 1,28 &< 1,969 \end{aligned} \quad (61)$$

=> **vyhovuje**

4.7.3. Prázdná klec v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru

Zpomalení při nouzovém zastavení prázdné klece nebo klece zatížené jmenovitým zatížením nesmí být vyšší než je zpomalení nárazníkem.

Zpomalení klece dle ČSN EN 81-1 příl. M.2.1.2: $a = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$\begin{aligned} M_{Lkzh} &= n_r \cdot q_r \cdot H_L \\ M_{Lkzh} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 0 \\ M_{Lkzh} &= 0 \text{ kg} \end{aligned} \quad (62)$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} M_{Lphz} &= n_r \cdot q_r \cdot H_Q \\ M_{Lphz} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 27 \\ M_{Lphz} &= 19,98 \text{ kg} \end{aligned} \quad (63)$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$\begin{aligned} M_{Kzh} &= n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot \left(\frac{H_Q}{2} + 2 \right) \\ M_{Kzh} &= 3 \cdot 0,44 \cdot \left(\frac{27}{2} + 2 \right) \\ M_{Kzh} &= 20,46 \text{ kg} \end{aligned} \quad (64)$$

Složka síly v lanech od protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{1hzh1} &= \frac{m_z}{i_k} \cdot (g_n + a \cdot i_k) \\ T_{1hzh1} &= \frac{492,5}{1} \cdot (9,81 + 0,5 \cdot 1) \\ T_{1hzh1} &= 5077,675 \text{ N} \end{aligned} \quad (65)$$

Složka síly v lanech od lan na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{1hzh2} &= M_{Lphz} \cdot (g_n + a) \\ T_{1hzh2} &= 19,98 \cdot (9,81 + 0,5) \\ T_{1hzh2} &= 205,994 \text{ N} \end{aligned} \quad (66)$$

Složka síly od třecí síly na hřídeli hnacího kotouče od účinnosti ložisek na straně protiváhy a od tření na vodítkách protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{1hzh3} &= F_{Rcwt} \\ T_{1hzh3} &= 300 \text{ N} \end{aligned} \quad (67)$$

Celková síla v lanech na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru:

$$\begin{aligned} T_{1hzh} &= T_{1hzh1} + T_{1hzh2} + T_{1hzh3} \\ T_{1hzh} &= 5077,675 + 205,994 + 300 \\ T_{1hzh} &= 5583,669 \text{ N} \end{aligned} \quad (68)$$

Složka síly v laněch od prázdné klece a závěsných kabelů:

$$T_{2hzh1} = \frac{m_K + M_{Khzh}}{i_k} \cdot (g_n - a) \quad (69)$$

$$T_{21hzh1} = \frac{380 + 20,46}{1} \cdot (9,81 - 0,5)$$

$$T_{2hzh1} = 3728,283 \text{ N}$$

Složka síly v laněch od lan na straně klece:

$$T_{2hzh2} = M_{Lkhzh} \cdot (g_n - a \cdot i_k) \quad (70)$$

$$T_{2hzh2} = 0 \cdot (9,81 - 0,5 \cdot 1)$$

$$T_{2hzh2} = 0 \text{ N}$$

Složka síly od třecí síly na hřídeli hnacího kotouče od účinnosti ložisek na straně klece a od tření na vodičkách klece:

$$T_{2hzh3} = F_{Rccar} \quad (71)$$

$$T_{2hzh3} = 400 \text{ N}$$

Celková síla v laněch na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru:

$$T_{2hzh} = T_{2hzh1} + T_{2hzh2} + T_{2hzh3} \quad (72)$$

$$T_{1hzh} = 3728,283 + 0 + 400$$

$$T_{1hzh} = 4128,283 \text{ N}$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro klec v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\frac{T_{1hzh}}{T_{2hzh}} \leq e^{f_{za} \cdot \alpha} \quad (73)$$

$$\frac{5583,669}{4128,283} \leq e^{0,205 \cdot 3,142}$$

$$1,353 < 1,906 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.7.4. Klec zatížena jmenovitým zatížením v nejnižší stanici nouzově zastavující dolů

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$M_{Lkdzd} = n_r \cdot q_r \cdot H_Q \quad (74)$$

$$M_{Lkdzd} = 2 \cdot 0,37 \cdot 27$$

$$M_{Lkdzd} = 19,98 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně protiváhy:

$$M_{Lpdzd} = n_r \cdot q_r \cdot H_L \quad (75)$$

$$M_{Lpdzd} = 2 \cdot 0,37 \cdot 0$$

$$M_{Lpdzd} = 0 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$\begin{aligned} M_{Kdzd} &= n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot H_K \\ M_{Kdzd} &= 3 \cdot 0,44 \cdot 0 \\ M_{Kdzd} &= 0 \text{ kg} \end{aligned} \quad (76)$$

Složka síly v lanech od klece, jmenovitého zatížení a závěsných kabelů:

$$\begin{aligned} T_{1dzd1} &= \frac{m_K + m_Q + m_{Kdzd}}{i_k} \cdot (g_n + a) \\ T_{1dzd1} &= \frac{380 + 250 + 0}{1} \cdot (9,81 + 0,5) \\ T_{1dzd1} &= 6495,3 \text{ N} \end{aligned} \quad (77)$$

Složka síly v lanech od lan na straně klece:

$$\begin{aligned} T_{1dzd2} &= M_{Lkdzd} \cdot (g_n + a \cdot i_k) \\ T_{1dzd2} &= 19,98 \cdot (9,81 + 0,5 \cdot 1) \\ T_{1dzd2} &= 205,994 \text{ N} \end{aligned} \quad (78)$$

Složka síly od třecí síly na hřídeli hnacího kotouče od účinnosti ložisek na straně klece a od tření na vodítkách klece:

$$\begin{aligned} T_{1dzd3} &= F_{Rcar} \\ T_{1dzd3} &= 400 \text{ N} \end{aligned} \quad (79)$$

Celková síla v lanech na straně klece při kleci zatížené jmenovitým zatížením v nejnižší stanici nouzově zastavující dolu:

$$\begin{aligned} T_{1dzd} &= T_{1hzh1} + T_{1hzh2} + T_{1hzh3} \\ T_{1dzd} &= 6495,3 + 205,994 + 400 \\ T_{1dzd} &= 7101,294 \text{ N} \end{aligned} \quad (80)$$

Složka síly v lanech od protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{2dzd1} &= \frac{m_z}{i_k} \cdot (g_n - a) \\ T_{2dzd1} &= \frac{492,5}{1} \cdot (9,81 - 0,5) \\ T_{2dzd1} &= 4585,175 \text{ N} \end{aligned} \quad (81)$$

Složka síly v lanech od lan na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{2dzd2} &= M_{Lpdzd} \cdot (g_n - a \cdot i_k) \\ T_{2dzd2} &= 0 \cdot (9,81 - 0,5 \cdot 1) \\ T_{2dzd2} &= 0 \text{ N} \end{aligned} \quad (82)$$

Složka síly od třecí síly na hřídeli hnacího kotouče od účinnosti ložisek na straně protiváhy a od tření na vodítkách protiváhy:

$$\begin{aligned} T_{2dzd3} &= F_{Rcwf} \\ T_{2dzd3} &= 300 \text{ N} \end{aligned} \quad (83)$$

Celková síla v lanech na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru:

$$\begin{aligned} T_{2dzd} &= T_{2dzd1} + T_{2dzd2} + T_{2dzd3} \\ T_{1hzh} &= 4585,175 + 0 + 300 \\ T_{1hzh} &= 4885,175\text{N} \end{aligned} \quad (84)$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro klec v nejvyšší stanici nouzově zastavující nahoru dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\begin{aligned} \frac{T_{1dzd}}{T_{2dzd}} &\leq e^{f_{za} \cdot \alpha} \\ \frac{7101,294}{4885,175} &\leq e^{0,205 \cdot 3,142} \\ 1,454 &< 1,906 \end{aligned} \quad (85)$$

=> vyhovuje

4.7.5. Klec sedí na náraznících v nejnižší stanici a výtahová stroj se točí směrem dolů (protiváha se nesmí zvedat)

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$\begin{aligned} M_{Lkdkn} &= n_r \cdot q_r \cdot (H_Q + H_0) \\ M_{Lkdkn} &= 2 \cdot 0,37 \cdot (27 + 0,8) \\ M_{Lkdkn} &= 20,572\text{kg} \end{aligned} \quad (86)$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze kelce na straně protiváhy:

$$\begin{aligned} M_{Lpdkn} &= n_r \cdot q_r \cdot H_0 \\ M_{Lpdkn} &= 2 \cdot 0,37 \cdot 0,8 \\ M_{Lpdkn} &= 0,592\text{kg} \end{aligned} \quad (87)$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$\begin{aligned} M_{Kdkn} &= n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot H_K \\ M_{Kdkn} &= 3 \cdot 0,44 \cdot 0 \\ M_{Kdkn} &= 0\text{kg} \end{aligned} \quad (88)$$

Síla v lanech na straně protiváhy při kleci sedící na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů:

$$\begin{aligned} T_{1dkn} &= \left(\frac{m_z}{i_k} + M_{Lpdkn} \right) \cdot g_n \\ T_{1dkn} &= \left(\frac{492,5}{1} + 0,592 \right) \cdot 9,81 \\ T_{1dkn} &= 4837,233\text{N} \end{aligned} \quad (89)$$

Síla v lanech na straně klece při kleci sedící na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů:

$$T_{2dkn} = \left(\frac{M_{Kdkn}}{i_k} + M_{Ldkn} \right) \cdot g_n \quad (90)$$

$$T_{2dkn} = \left(\frac{0}{1} + 20,572 \right) \cdot 9,81$$

$$T_{2dkn} = 201,811 \text{ N}$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro klec sedící na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\frac{T_{1dkn}}{T_{2dkn}} > e^{f_{zk} \cdot \alpha} \quad (91)$$

$$\frac{4837,233}{201,811} > e^{0,665 \cdot 3,142}$$

$$23,696 > 8,081$$

=> vyhovuje

4.7.6. Klec zachycena v nejvyšší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů (protiváhy se nesmí zvedat)

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$M_{Lkkzn} = n_r \cdot q_r \cdot H_0 \quad (92)$$

$$M_{Lkkzn} = 2 \cdot 0,37 \cdot 0,8$$

$$M_{Lkkzn} = 0,592 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze kelce na straně protiváhy:

$$M_{Lpkzn} = n_r \cdot q_r \cdot (H_Q + H_0) \quad (93)$$

$$M_{Lpkzn} = 2 \cdot 0,37 \cdot (27 + 0,8)$$

$$M_{Lpkzn} = 20,572 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$M_{Kkzn} = n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot H_K \quad (94)$$

$$M_{Kkzn} = 3 \cdot 0,44 \cdot 0$$

$$M_{Kkzn} = 0 \text{ kg}$$

Síla v lanech na straně protiváhy při kleci zachycené v nejvyšší stanici a výtahová stroj se točí směrem dolů:

$$T_{1kzn} = \left(\frac{m_z}{i_k} + M_{Lpkzn} \right) \cdot g_n \quad (95)$$

$$T_{1kzn} = \left(\frac{492,5}{1} + 20,572 \right) \cdot 9,81$$

$$T_{1kzn} = 5033,236 \text{ N}$$

Síla v lanec na straně klece při kleci zachycené v nejvyšší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů:

$$T_{2kzn} = \left(\frac{M_{Kkzn} + M_{Lkzn}}{i_k} \right) \cdot g_n \quad (96)$$

$$T_{2kzn} = \left(\frac{0}{1} + 0,592 \right) \cdot 9,81$$

$$T_{2kzn} = 5,808 \text{ N}$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro klec zachycenou v nejvyšší stanici a výtahový stroj se točí směrem dolů dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\frac{T_{1kzn}}{T_{2kzn}} > e^{f_{zk} \cdot \alpha} \quad (97)$$

$$\frac{5033,236}{5,808} > e^{0,665 \cdot 3,142}$$

$$866,676 > 8,081$$

=> vyhovuje

4.7.7. Protiváha sedí na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem nahoru (klec se nesmí zvedat)

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze klece na straně klece:

$$M_{Lkzdn} = n_r \cdot q_r \cdot H_0 \quad (98)$$

$$M_{Lkzdn} = 2 \cdot 0,37 \cdot 0,8$$

$$M_{Lkzdn} = 0,592 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost lan ve vztahu k poloze kelce na straně protiváhy:

$$M_{Lpzdn} = n_r \cdot q_r \cdot (H_Q + H_0) \quad (99)$$

$$M_{Lpzdn} = 2 \cdot 0,37 \cdot (27 + 0,8)$$

$$M_{Lpzdn} = 20,572 \text{ kg}$$

Skutečná hmotnost závěsných kabelů ve vztahu k poloze klece:

$$M_{Kzdn} = n_{zk} \cdot q_{zk} \cdot \left(\frac{H_Q}{2} + 2 \right) \quad (100)$$

$$M_{Kzdn} = 3 \cdot 0,44 \cdot \left(\frac{27}{2} + 2 \right)$$

$$M_{Kzdn} = 20,46 \text{ kg}$$

Síla v lanec na straně klece při protiváze sedící na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem nahoru:

$$T_{1zdn} = \left(\frac{m_k + M_{Kzdn} + M_{Lpzdn}}{i_k} \right) \cdot g_n \quad (101)$$

$$T_{1zdn} = \left(\frac{380 + 20,46}{1} + 0,592 \right) \cdot 9,81$$

$$T_{1zdn} = 3934,32,429 \text{ N}$$

Síla v lanech na straně protiváhy při protiváze sedící na náraznících v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem nahoru:

$$T_{2zdn} = M_{Lpzd} \cdot g_n \quad (102)$$

$$T_{2zdn} = 20,572 \cdot 9,81$$

$$T_{2zdn} = 201,811 \text{ N}$$

Eulerův vztah pro trakční schopnost trakčního kotouče pro protiváhu sedící v nejnižší stanici a výtahový stroj se točí směrem nahoru dle ČSN EN 81-1 př. M.2:

$$\frac{T_{1zdn}}{T_{2zdn}} > e^{f_{zk} \cdot \alpha} \quad (103)$$

$$\frac{3934,429}{201,811} > e^{0,665 \cdot 3,142}$$

$$19,495 > 8,081 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout způsob a řešení rekonstrukce osobního výtahu v obytném domě která by splňovala normu ČSN EN 81-1.

V úvodu se zabývám historií výtahové techniky od jejích počátků až do současnosti a uvádím základní důvody rekonstrukcí výtahů.

V druhé kapitole popisují současný stav jednotlivých částí stávajícího výtahu a upozorňuji na některé vážnější nedostatky které nesplňují současnou normu ČSN EN 81-1.

Ve třetí kapitole navrhuji způsob rekonstrukce a u zvoleného způsobu uvádím možné řešení výměny či úpravy jednotlivých částí výtahu tak, aby byla splněna norma ČSN EN 81-1.

Čtvrtá kapitola obsahuje základní statické výpočty modernizovaného výtahu jakými jsou například návrh a kontrola nosných prostředků, návrh nových vodítek protiváhy, návrh a kontrola ocelové konstrukce protiváhy pomocí metody konečných prvků, návrh a kontrola výtahového stroje a samozřejmě kontrola trakční schopnosti trakčního kotouče v jednotlivých provozních podmínkách. Všechny základní statické výpočty vyhovují a splňují dané normy.

Seznam použité literatury

GAJDUŠEK, J.: Projektování systémů manipulace s materiálem, VUT v Brně, 1989

HAVLÍČEK, J. a kol.: Provozní spolehlivost strojů, SZN v Praze, 1983

MYNÁŘ, B.: Dopravní a manipulační zařízení, elektronická skripta VUT v Brně, 2002

JURÁŠEK, O.: Teorie nosných konstrukcí, skripta VUT v Brně, 1989

ČSN EN 81 – 1, bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů, část 1, elektrické výtahy. Český normalizační institut, 1999 duben 1999, ICS 91.140.90

Firemní dokumentace - Statický výpočet, Výtahy Slavík, KONE

LEINWEBER J a kolektiv, Strojnické tabulky, Scientia s.r.o., Praha 1999, 3.doplněné vydání, 985 s., ISBN 80-7183-164-6

<http://www.metallift.cz>

<http://www.allkabel.cz>

<http://www.wykov.cz>

<http://www.vytahykvadro.cz>

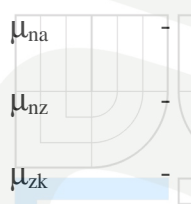
Seznam použitých symbolů a značek

Značka	Jednotka	Popis značky
a	$m.s^{-2}$	Maximální dovolené zpomalení při nouzovém zastavení klece
A_5	%	Poměrné prodloužení vodiček
A_{vZ}	m^2	Plocha průřezu vodička
b_k	m	Hloubka vnitřku klece
B_z	m	Šířka protiváhy
c_k	m	Šířka vnitřku klece
c_{vZ}	m	Tloušťka spojky mezi přírubou a stojnou
d_r	m	Průměr lana
D_r	m	Průměr trakčního kotouče
E	MPa	Modul pružnosti v tahu
e	-	Eulerovo číslo
f_{na}	-	Součinitel tření v klínové drážce se zářezem pro nakládání klece
f_{nz}	-	Součinitel tření v klínové drážce se zářezem pro nouzové zastavení klece
f_{zk}	-	Součinitel tření v klínové drážce se zářezem pro zastavení klece
F_{hs}	N	Statická síla zatěžující hřídel výtahového stroje
F_o	N	Obvodová síla na hnacím kotouči
F_{Rcar}	N	Třecí síla na hřídeli trakčního kotouče na straně klece
F_{Rcwt}	N	Třecí síla na hřídeli trakčního kotouče na straně protiváhy
F_{ss}	N	Svislé statické zatížení hřídele výtahového stroje
F_{vb}	N	Vodorovná síla působící na boční část rámu konzoly vodiček.
F_{vb}	N	Vodorovná síla působící střední část rámu konzoly vodiček.
F_{xvZ}	N	Síla ve vodičích čelistech protiváhy v ose x
F_{yvZ}	N	Síla ve vodičích čelistech protiváhy v ose y
g_n	$m.s^{-2}$	Gravitační zrychlení
h_z	m	Svislá vzdálenost mezi vodičícími čelistmi protiváhy
H_0	m	Stálá délka nosných lan
H_L	m	Nulová délka nosných lan vzhledem k poloze klece
H_K	m	Nulová délka závěsných kabelů vzhledem k poloze klece
H_Q	m	Zdvih výtahu
i_k	-	Lanový převod
i_s	-	Převodový poměr šnekového soukolí
i_{xvZ}	m	Poloměr setrvačnosti pro daný průřez k ose x
i_{yvZ}	m	Poloměr setrvačnosti pro daný průřez k ose y
J_{xvZ}	m^4	Kvadratický moment průřezu k ose x
J_{yvZ}	m^4	Kvadratický moment průřezu k ose y
J_{xzh}	m^4	Celkový kvadratický moment průřezu k ose x
k_{rv}	-	Součinitel bezpečnosti nosných lan
k_d	-	Minimální předepsaný součinitel bezpečnosti pro trakční osobní výtahy do provozní rychlosti $1 m.s^{-1}$
k_2	-	Součinitel rázu pro normální provoz
l_k	m	Maximální vzdálenost mezi kotvami vodiček
l_{zh}	m	Délka vodorovných nosníků protiváhy
l_{zs}	m	Délka táhel protiváhy
m_K	kg	Hmotnost klece
m_P	kg	Hmotnost prázdné klece a závěsných kabelů
m_Q	kg	Jmenovitá nosnost výtahu
m_r	kg	Hmotnost lana pro daný zdvih

m_z	kg	Hmotnost protiváhy
m_{zk}	kg	Hmotnost závěsných kabelů
M_{Kdkn}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při kleci v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Kdzd}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při kleci zatížené jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
M_{Khzh}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
M_{Kkd}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při kleci v nejnižší stanici a 125% jmenovitého zatížení klece
M_{Kkn}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při prázdné kleci v nejvyšší stanici
M_{Kkzn}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při kleci zachycené v nejvyšší stanici
M_{Kzdn}	kg	Skutečná hmotnost závěsných kabelů při protiváze v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Ldkn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při kleci v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Ldzd}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při kleci zatížené jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
M_{Lkhzh}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
M_{Lkkd}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při kleci v nejnižší stanici a 125% jmenovitého zatížení klece
M_{Lkkn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici
M_{Lkzn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při kleci zachycené v nejvyšší stanici
M_{Lkzdn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně klece při protiváze v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Lpdkn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při kleci v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Lpdzd}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při kleci zatížené jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
M_{Lphzh}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
M_{Lpkd}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při kleci v nejnižší stanici a 125% jmenovitého zatížení klece
M_{Lpkn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici
M_{Lpkzn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při kleci zachycené v nejvyšší stanici
M_{Lpzdn}	kg	Skutečná hmotnost lan na straně protiváhy při protiváze v nejnižší stanici stojící na náraznících
M_{Ozs}	N.m	Ohybový moment od excentricity zatížení na protiváze
M_{xvZ}	N.m	Ohybová moment na vodičkách protiváhy k ose x
M_{yvZ}	N.m	Ohybový moment na vodičkách protiváhy k ose y
M_Z	N	Síla způsobená pomocnými zařízeními působící na jedno vodičko protiváhy
n_m	min ⁻¹	Asynchronní otáčky elektromotoru
n_r	-	Počet lan

n_{vZ}	-	Počet vodiček protiváhy
n_{zk}	-	Počet závěsných kabelů
N_{equiv}	-	Ekvivalentní počet lanových kotoučů
N_{equiv_t}	-	Ekvivalentní počet hnacích lanových kotoučů
$N_{equiv:v}$	-	Ekvivalentní počet lanových kladek
N_j	MPa	Jmenovitá pevnost lana
N_{jm}	N	Jmenovitá únosnost lana
N_r	N	Zaručená únosnost lana
p_{kd}	MPa	Tlak v klínové drážce trakčního kotouče
p_{max}	MPa	Maximální dovolený tlak v drážce trakčního kotouče při 100% jmenovité zátěže klece výtahu
P_m	kW	potřebný výkon elektromotoru výtahového stroje
q_r	$kg \cdot m^{-1}$	Hmotnost jednoho metru lana
q_{vZ}	$kg \cdot m^{-1}$	měrná hmotnost vodička protiváhy
q_{zk}	$kg \cdot m^{-1}$	Hmotnost jednoho metru závěsných kabelů
R_{mvZ}	MPa	Mez pevnosti vodička protiváhy
S_r	-	Minimální hodnota součinitele bezpečnosti nosných lan
S_t	-	Součinitel bezpečnosti vodiček pro dané poměrné prodloužení
S_{zs}	m^2	Plocha jednoho svislého táhla protiváhy
S_{zsc}	m^2	Celková plocha svislých táhel protiváhy
T_1	N	Síla v lanech na straně klece výtahu, klec v nejnižší stanici zatížená 100% jmenovité nosnosti
T_{1dkn}	N	Síla v lanech na straně protiváhy při kleci v nejnižší stanici „sedící“ na náraznících
T_{1dzd}	N	Celková síla v lanech na straně klece při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{1dzd1}	N	Složka síly v lanech od klece a závěsných kabelů na straně klece při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{1dzd2}	N	Složka síly v lanech od lan na straně klece při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{1dzd3}	N	Složka síly v lanech od třecí síly na trakčním kotouči na straně klece při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{1hzh}	N	Celková síla na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{1hzh1}	N	Složka síly v lanech od protiváhy na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{1hzh2}	N	Složka síly v lanech od lan na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{1hzh3}	N	Složka síly v lanech od třecí síly na hřídeli trakčního kotouče na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{1kd}	N	Síla v lanech na straně klece při kleci v nejnižší stanici zatížené 125% jmenovitého zatížení
T_{1kn}	N	Síla v lanech na straně protiváhy při prázdné kleci v nejvyšší stanici
T_{1kzn}	N	Síla v lanech na straně protiváhy při kleci zachycené v nejvyšší stanici
T_{1zdn}	N	Síla v lanech na straně klece při protiváze „sedící“ na náraznících v nejnižší stanici
T_2	N	Síla v lanech na straně protiváhy výtahu klec v nejnižší stanici zatížená 100% jmenovité nosnosti
T_{2dkn}	N	Síla v lanech na straně klece při kleci v nejnižší stanici „sedící“ na náraznících

T_{2dzd}	N	Celková síla v lanech na straně protiváhy při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{2dzd1}	N	Složka síly v lanech od protiváhy na straně protiváhy při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{2dzd2}	N	Složka síly v lanech od lan na straně protiváhy při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{2dzd3}	N	Složka síly v lanech od třecí síly na hřídeli trakčního kotouče na straně protiváhy při kleci zatížení jmenovitým zatížením v nejnižší stanici zastavující dolů
T_{2hzh}	N	Celková síla v lanech na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{2hzh1}	N	Složka síly v lanech od klece a závěsných kabelů na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{2hzh2}	N	Složka síly v lanech od lan na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{2hzh3}	N	Složka síly v lanech od třecí síly na hřídeli trakčního kotouče na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici zastavující nahoru
T_{2kd}	N	Síla v lanech na straně protiváhy při kleci v nejnižší stanici zatížené 125% jmenovitého zatížení
T_{2kn}	N	Síla v lanech na straně klece při prázdné kleci v nejvyšší stanici
T_{2kzn}	N	Síla v lanech na straně klece při kleci zachycené v nejvyšší stanici
T_{2zdn}	N	Síla v lanech na straně protiváhy při protiváze „sedící“ na náraznících v nejnižší stanici
T_s	N	Statická síla v lanech na straně klece na hnacím kotouči při 100% jmenovité nosnosti klece v nejnižší stanici
T_Z	m	Tloušťka protizávaží
v	$m \cdot s^{-1}$	Jmenovitá rychlost výtahu
v_o	$m \cdot s^{-1}$	Obvodová rychlost trakčního kotouče
v_v	$m \cdot s^{-1}$	Vypočtená dopravní rychlost výtahu
v_{vmax}	$m \cdot s^{-1}$	Maximální dovolená dopravní rychlost výtahu pro danou jmenovitou dopravní rychlost výtahu
v_{vmin}	$m \cdot s^{-1}$	Minimální dovolená dopravní rychlost výtahu pro danou jmenovitou dopravní rychlost výtahu
W_{ozs}	m^3	Ohybový modul průřezu jednoho svislého táhla protiváhy
W_{ozsc}	m^3	Celkový ohybový modul průřezu svislých táhel protiváhy
W_{xvZ}	m^3	Ohybový modul průřezu vodítka protiváhy kolem osy x
W_{xzh}	m^3	Celkový ohybový modul průřezu nosníku protiváhy
W_{yvZ}	m^3	Ohybový modul průřezu vodítka protiváhy kolem osy y
x_Z	m	Vyosení těžiště protiváhy k vodítku v ose x
y_{Dzh}	m	Největší dovolená hodnota průhybu vodorovného nosníku protiváhy
y_Z	m	Vyosení těžiště protiváhy k vodítku v ose y
y_{zh}	m	Průhyb vodorovného nosníku protiváhy
α	°	Úhel opásání lana na trakčním kotouči
β	°	Úhel zářezu drážky
γ	°	Úhel klínové drážky
$\delta_{v,dov}$	m	Maximální dovolený průhyb vodítka protiváhy bez působení protiváhy
δ_{xvZ}	m	Průhyb vodítka protiváhy v ose x
δ_{yvZ}	m	Průhyb vodítka protiváhy v ose y
η_c	-	Účinnost výtahu



μ_{na}		Součinitel tření mezi ocelovými lany a litinovým trakčním kotoučem pro běžný provoz výtahu
μ_{nz}		Součinitel tření mezi ocelovými lany a litinovým trakčním kotoučem pro nouzové zastavení klece výtahu
μ_{zk}		Součinitel tření mezi ocelovými lany a litinovým trakčním kotoučem pro zastavení klece výtahu
σ_{Dzh}	MPa	Dovolené napětí pro horní vodorovný nosník konstrukce protiváhy
σ_{Dzs}	MPa	Dovolené napětí u svislých táhel rámu protiváhy
σ_{FvZ}	MPa	Napětí v ohybu příruby vodítka
σ_{mvZ}	MPa	Celkové ohybové napětí ve vodítkách protiváhy
σ_{ozh}	MPa	Napětí v ohybu horního vodorovného nosníku konstrukce protiváhy
$\sigma_{v.dov}$	MPa	Dovolené napětí ve vodítkách protiváhy
σ_{vZ}	MPa	Napětí ve vodítkách protiváhy pro kombinované namáhání
σ_{xvZ}	MPa	Napětí v ohybu ve vodítkách protiváhy k ose x
σ_{yvZ}	MPa	Napětí v ohybu ve vodítkách protiváhy k ose y
σ_{zs}	MPa	Napětí od namáhání tahem a ohybem svislých táhel rámu protiváhy

Seznam příloh

Výkres sestavy ocelové konstrukce protiváhy	PROTIVÁHA, 1-AO3/33-01/01
Výkres svařence horního vodorovného nosníku	VODOROVNÝ NOSNÍK-HORNÍ, 2-AO3/33-01/02
Výkres svařence dolního vodorovného nosníku	VODOROVNÝ NOSNÍK-DOLNÍ, 2-AO3/33-01/03
Výkres horní konzoly vedení protiváhy	KONZOLA VEDENÍ-HORNÍ, 4-AO3/33-01/04
Výkres dolní konzoly vedení protiváhy	KONZOLA VEDENÍ-DOLNÍ, 4-AO3/33-01/05
Výkres konzoly samomazače	KONZOLA SAMOMAZAČE, 4-AO3/33-01/06
Výkres držáku nárazníku protiváhy	DRŽÁK NÁRAZNÍKU, 4-AO3/33-01/07
Výkres sestavy portálu výtahové šachty	PORTÁL VÝTAHOVÉ ŠACHTY, 1-AO3/33-02/01
Výkres pravé stojny portálu	PRAVÁ STOJNA PORTÁLU, 1-AO3/33-02/02
Výkres levé stojny portálu	LEVÁ STOJNA PORTÁLU, 1-AO3/33-02/03
Výkres prahu portálu	PRÁH PORTÁLU, 3-AO3/33-02/04