



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh osobního výtahu s nosností 640 kg se stavebnicovou šachtou“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Češpíra, Ph.D. s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 30. 06. 2015

.....

Drtina Marek



Poděkování

Touto cestou bych moc rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňku Češpírovi, Ph.D, za poskytnutí cenných rad a odborné pomoci. Velké poděkování patří také mé rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

Anotační list

Jméno autora:	Marek Drtina
Název BP:	<i>Návrh osobního výtahu nosnosti 640 kg se stavebnicovou šachtou</i>
Anglický název:	Draft passenger lift capacity 640 kg with a modular bay
Rok:	2015
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	39001R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav:	<i>Ústav konstruování a částí strojů</i>
Vedoucí BP:	<i>Ing. Zdeněk Češpíro, Ph.D.</i>
Konzultant:	XXX
Bibliografické údaje:	počet stran 37 počet obrázků 34 počet tabulek 4 počet příloh 3
Klíčová slova:	Výtah, stavebnicová šachta, koncepce, návrh
Keywords:	Elevator, modular bay, conception, design
Anotace:	Tato Bakalářská práce se zabývá návrhem a výpočtem osobního výtahu pro přepravu osob.
Česky	
Abstract:	This Bachelor thesis describes the design and calculation of personalelevator for transporting people.
Anglicky	

Obsah

1	Úvod	5
1.1	Charakteristika a vývoj výtahů.....	5
1.2	Historie	5
1.3	Výtahy v současné době	7
1.4	Rozdělení výtahů.....	8
1.5	Hlavní části výtahů	9
1.5.1	Nosné orgány	9
1.5.2	Výtahový stroj.....	10
1.5.3	Klec výtahu	10
1.5.4	Vyvažovací závaží	11
1.5.5	Výtahová šachta	11
1.5.6	Zachycovače	12
1.5.7	Vodítka klece	12
1.5.8	Ostatní bezpečnostní prvky.....	13
1.5.9	Dnešní nejznámější výrobci výtahů	13
2	Vlastní koncepční návrh	16
2.1	Hlavní údaje.....	16
2.2	Volba a výpočet závěsných kabelů	16
2.3	Lanový systém a nosná lana trakčního pohonu	18
2.3.1	Bezpečnost nosných lan.....	20
2.3.2	Kontrola trakčního kotouče a průměru lana	21
2.3.3	Silové poměry na hnacím kotouči	21
2.4	Výtahový stroj a parametry pohonu.....	23
2.4.1	Návrh elektromotoru	25
2.4.2	Měrný tlak v drážce trakčního kotouče	26
2.5	Návrh výtahové klece a kabiny.....	27
2.5.1	Výtahová klec	27
2.5.2	Výtahová kabina	29
2.6	Výtahová šachta	30
3	Závěr	31
	Seznam použité literatury a zdrojů.....	32
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	34
	Seznam příloh.....	36

1 Úvod

1.1 Charakteristika a vývoj výtahů

Výtah je strojní zařízení, určené k vertikální přepravě osob, břemen, či jiných nákladů. Přeprava probíhá mezi dvěma, nebo více místy. Dopravované osoby, či předměty se nacházejí na plošině, která je obklopena kabinou, nebo klecí. Klec unášíme pevnými vodičky, jež jsou ukotvena v zástavbě výtahu. Tyto vodičky umožňují jediný pohyb klece – přímočarý posuv nahoru a dolů. Klec je zavěšena na jednom, nebo více nosných orgánech, které jsou spojeny s poháněcím zdvihacím ústrojím tzv. výtahovým strojem. Jízda výtahem bývá většinou přerušovaná, a tudíž se předpokládá, že nástup a výstup osob, náklad a výklad břemen probíhá při zastavené kabině. Existuje i typ výtahu s nepřetržitou pracovní dobou – osobní oběžné výtahy, nazývané taky páternostery, u nichž nástup i výstup osob probíhá za provozu. [1]

Mezi výtahy patří i pohyblivé „jezdící schody“ zvané eskalátory a pohyblivé horizontální chodníky pro přepravu osob v budovách, stanicích městské hromadné dopravy, letištích, sportovních zařízení a obchodních centrech apod. Z ekonomického hlediska bývá často použita kombinace těchto výtahů a eskalátorů. Hlavním důvodem vzniku výtahů byla mechanizace vertikálních zdvihů, nejprve nákladů, později i osob. [1]

1.2 Historie

Nejstarší výtah v dějinách byl zkonstruován roku 236 př.n.l. známým řeckým matematikem a fyzikem Archimedeem. Klec zavěsil na konopné lano a vrátek poháněl ručně. Ve starověkém Římě se nacházely podobné výtahy a to v paláci římského císaře Nera. O dlouho později byl postaven i výtah pro papeže ve Vatikáně. Pohon těchto výtahů fungoval pomocí šlapacího kola, které uváděl do pohybu člověk.

Přelomem 17. a 18. stoletím byl sestaven, královským konstruktérem Valayeraem, první výtah s účinkem protizávaží. Výtah se nacházel ve dvoře Ludvíka

XIV. Tyto výtahy však sloužily spíše jen k podtržení královských mocností, zdaleka ne k přepravě jiných osob, či břemen. [1]

Společensko- hospodářské poměry byly pro rozvoj výtahů velice nepříznivé, nedostávalo se technickým pokrokům především pak pro pohonné části a motory.

V první polovině 19. století přichází vývoj moderního pojetí výtahu. pohaněných parním strojem. Výtahy vybaveny plošinou vedenou vodítky a brzdovým bezpečnostním zařízením podobným dnešnímu provedení, se však objevily až okolo roku 1853. Tento typ výtahu byl vybaven podle Elishy Graves Otise, primitivním zachycovacím ústrojím. Ústrojí bylo tvořeno dvěma odpruženými západkami, které při porušení nosného konopného vlákna zapadly do korespondujících výřezů v hřebenech, bylo připevněno k vodítkům po celé délce zdvihu. [1]

V New Yorku v r. 1857, v obchodním domě byl E. V. Haughwout Co. byl instalován první osobní výtah se zachycovacím ústrojím. Tento výtah obsluhoval pět podlaží s neuvěřitelnou rychlostí až $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Díky pokroku ve vývoji parního stroje za použití ocelových lan a hlavně požadavku na řešení vertikální dopravy v budovách s větším počtem podlaží, se dosáhlo dalšího rozšíření. V tomto období byl pohon výhradně bubnový a hydraulický (pracovním médiem se stávala voda). Hydraulické výtahy byly koncipovány především pro větší zdvihy a rychlosti, oproti výtahům bubnovým. V roce 1867 francouzský vynálezce Léon Edoux, na pařížské světové výstavě, představil hydraulický výtah s přímým pohonem s možností regulace rychlosti a možností zastavit v jakémkoliv místě mezi koncovými polohami klece s kabinou. Rok poté si Anton Freissler ve Vídni nechal patentovat nepřímo poháněný hydraulický výtah. Hlavní roli zde hrál lanový převod, jehož pomocí píst hydraulického válce působil na kabinu. [1]

Zásadní změnu do vývoje výtahu vnesl vynález elektrického pohonu. Roku 1880 Werner Von Siemens přichází na průmyslovou výstavu v Mannheimu s prvním výtahem poháněným elektrickým motorem. [1]

Dalším významným mezníkem roku 1890 je bezpochyby kolejový výtah s trakčním (třecím) pohonem, navrhnutý A. Freisslerem. Výtah dopravoval osoby na vrchol hory Mochsberg u Salzburgu. Tento pohon byl v USA použit teprve v roce 1900. A od té doby zaznamenává výtahová technika největší rozmach ve Spojených státech, kde

je vysoká potřeba řešit vertikální dopravu především výškových budov. Díky požadovaným vysokým zdvihům upadá hydraulický a i dokonce bubnový pohon. [1]

Po II. Světové válce přichází období charakterizováno třemi základními typy výtahů:

1. Třecí (trakční) s elektrickým pohonem (asynchronním motorem) s mechanickou převodovou skříní
2. Třecí (trakční) rychlovýtah s elektrickým pohonem, bezpřevodovým výtahovým strojem a pomaloběžným stejnosměrným motorem.
3. Hydraulický výtah s přímým, nebo nepřímým pohonem.

Nutno dodat informaci o vývoji výtahů u nás. Prvním výtahem vyrobeným roku 1876 firmou Breitfeld – Daněk, byl nákladní výtah s transmisním pohonem. Tato firma stála u zrodu tehdejšího ČKD. Pražská firma Prokopec pro změnu vyráběla řadu zařízení pro hydraulické výtahy. Prvním elektrickým výtahem, s jednoduchým tlačítkovým řízením se pochlubil hotel Modrá hvězda, vyrobeným milánskou firmou A. Stiegler. Dále se výrobou výtahů zabývala řada firem, mezi které patřily především ČKD a Praga. [1]

1.3 Výtahy v současné době

Do současné doby byl kladen velký důraz na neustálé zlepšování dosavadních konstrukcí, technických a provozních vlastností tak, že dnešní podoba je takřka vrcholná. Zrychlovat jízdu kabiny už nebude možno, neboť vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti nejsou veliké, tudíž by se muselo navýšit i zrychlení (zpomalení). Dnešní hodnoty se pohybují někde mezi 1,2 až 1,5 m/s² a to u výtahů s nejrychlejší možnou dopravní rychlostí. Rychlejší jízda by už nemusela pro cestující být přípustná z hlediska pocitů při přechodových stavech. Vyjímkou jsou dlouhé zdvihy např. u nákladních výtahů, kde je doprava osob nepřipustná. [1]

Cesta dnešními osobními výtahy je díky valivému vedení kabiny v opracovaných vodítkách čistá a hladká natolik, že cestující jízdu téměř nevnímá. Otevírání/zavírání kabinových a šachetních dvěří je kvůli bezpečnosti dnes také velmi bezpečné. [1,2]

V oblasti řízení a automatizace prochází mikroelektronika velkým pokrokem, ovládání bývá intuitivní a ergonomické, aby se co nejvíce přiblížilo potřebám člověka.

Řízení probíhá za pomoci mikropočítačů, které umožňují měnit uživatelské parametry v reálném čase, důvodem toho se zvyšuje plynulost a efektivita svislé dopravy. [1,2]

1.4 Rozdělení výtahů

Výtahy rozdělujeme do tří základních skupin podle druhu zvoleného pohonu:

1. Výtahy s elektrickým pohonem
2. Výtahy s hydraulickým pohonem
3. Výtahy s pneumatickým pohonem (velmi zřídka) [1]

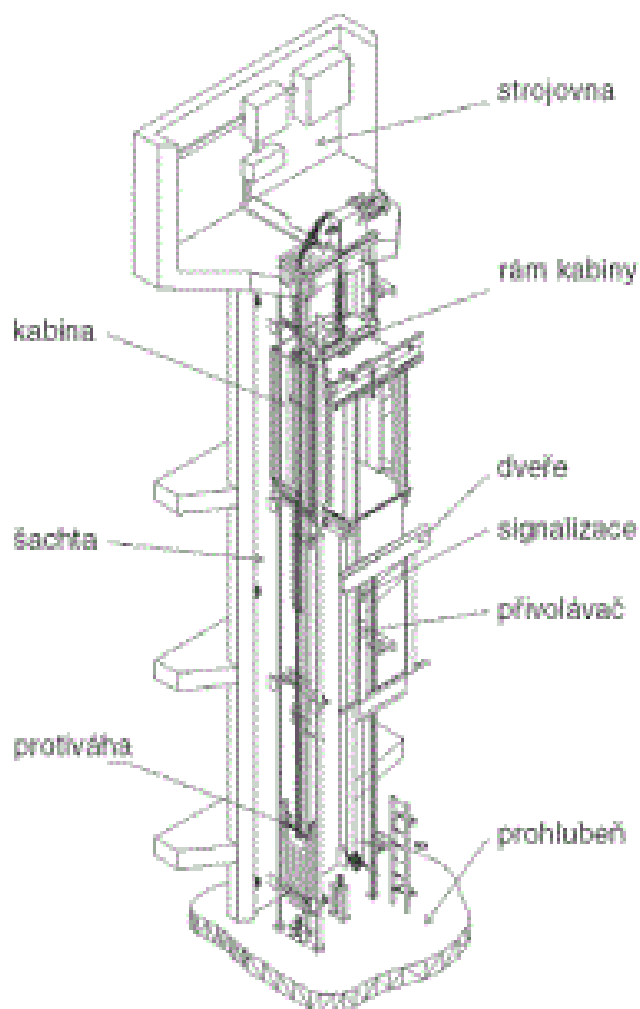
Další rozdělení se vztahuje pouze na výtahy s elektrickým pohonem do těchto tříd:

- I. Třída – Výtahy osobní a nákladní s doprovodem osob
 - Samoobslužné
 - S řidičem
- II. Třída – Výtahy nákladní se zakázanou přepravou osob
 - Se zakázaným vstupem osob do klece (náklad břemene)
 - S povoleným vstupem
- III. Třída – Menší nákladní výtahy s maximální nosností 100kg
- IV. Třída – Stolové výtahy (chodníkové)
 - S řidičem
 - Se zakázanou přepravou osob
- V. Třída - Oběžné osobní výtahy (paternostery)
- VI. Třída – Výsypné výtahy (skipové) [1]

V této bakalářské práci se uvažuje výtah I. Třídy – Osobní elektrický lanový výtah, samoobslužný.

1.5 Hlavní části výtahů

Základní části výtahu jsou zobrazeny v obr. 1.1



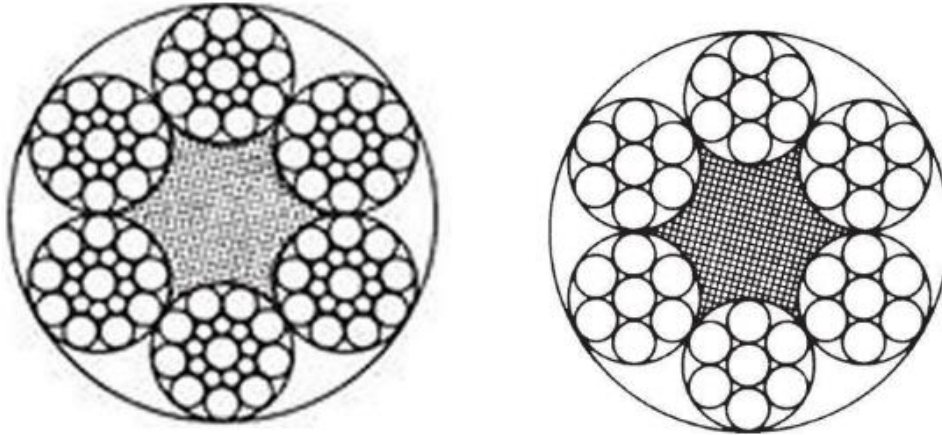
(Obr. 1.1.: Trakční, lanový výtah [3])

1.5.1 Nosné orgány

Slouží ke spojení rámu klece výtahu a výtahového stroje. Musí být natolik pevné aby udržely klec i protizávaží. Mezi tyto prvky patří ocelová lana, kloubové řetězy, nosné pásy atd. [1]

Pro výtahy jsou stále nejčastější variantou ocelová lana, avšak lana šestipramenná, vyrobená ze svazku speciálních drátků kruhového průřezu s jmenovitou pevností

1300, 1600 a 1800 Mpa. Mezi nejpoužívanější patří konstrukce lana STANDART 114 nebo 222 drátků, popř. konstrukce SEAL 114, 162, 222 nebo 330 drátků [1]



(Obr 1.2.: Šestipramenné lano vlevo SEAL, vpravo STANDART [1])

1.5.2 Výtahový stroj

Výtahový stroj zajišťuje zdvih výtahu a je umístěn ve strojovně. Skládá se z více prvků: Mechanického převodového ústrojí, elektromotoru, rámu, stavěcí brzdy, různých spojek, čepů, hřídelů a ložisek. [1]



(obr. 1.3.: Bez převodový výtahový stroj [3])

1.5.3 Klec výtahu

Jednou z hlavních nosných částí výtahu je klec, ve které se přepravují osoby, či náklad. Sestává se z ocelové kostry do které je zasazena kabina (celokovová, Osobní výtah 640kg

dřevěná, popř. z jiného materiálu). Ke kostře jsou připojeny závěsy nosných orgánů, různé vodící čelisti, jenž slouží ke správnému vedení klece ve vodících, pohony, zavěšení kabinových dveří a zachycovače. [1]



(obr. 1.4.: Výtahové klece, pohled dovnitř kabiny [4])

1.5.4 Vyvažovací závaží

Závaží vyvažuje hmotnost celé kabiny, klece, jejího příslušenství a poloviny hmotnosti vlastního zatížení (Nákladu, osob). Je vedeno ve stejné, nebo v samostatné šachtě. [1]

1.5.5 Výtahová šachta

Výtahová šachta je prostor vytyčující dráhu klece a protizávaží, může být částečně ohrazena (vybavena šachetními dveřmi), nebo úplně. Zástavba bývá zejména zděná, betonová, ocelová a dnes i prosklená. Ve stěnách šachty, jsou pevně ukotveny konzole, v nichž jsou uloženy vodítka. [1]



(obr. 1.5.: Výtahové šachta, pohled zesponu dovnitř [4])

1.5.6 Zachycovače

Jsou mechanická zařízení, upevněné na ocelové konstrukci klece, či protizávaží. Slouží k zachycení (zabždění) uvolněné klece resp. závaží. Pokud se přetrhnou nosné orgány, nebo dojde k překročení limitní dopravní rychlosti směrem dolů. Tuto informaci získá zachycovač např. z omezovače rychlosti. [1]



(obr. 1.6.: Jednosměrný válečkový zachycovač [5])

1.5.7 Vodítka klece

Ocelová vodítka slouží k vedení klece výtahu a závaží, mají za úkol zabránit kývání klece (vyvažovacího závaží). Musejí být tak dlouhá, aby je klec výtahu nikdy neopustila. Takto pevně je lze uložit pouze u ocelových konstrukcí šachty.

U zděných a betonových šachet se používají pohyblivá vodítka, která se mohou posouvat ve vertikálním směru. [1]



(obr. 1.7.: Ocelové výtahové vodítko [6])

1.5.8 Ostatní bezpečnostní prvky

Mezi tyto prvky spadají různé koncové vypínače, nárazníky, uzávěrky šachetních a kabinových dveří, závěsové spínače atd. [1]

1.5.9 Dnešní nejznámější výrobci výtahů

Mezi vůbec nejznámější výrobce určitě patří firma Schindler, která na českém trhu prosperuje již přes 22 let. V České republice je pouze zastoupena, ovšem hlavní sídlo a společnost leží ve švýcarském Luzernu, kde ji roku 1874 založil pan Robert Schindler. Koncern Schindler má pobočky a zastoupení téměř na všech kontinentech, zaměstnává více než 54 000 pracovníků a tudíž určuje trend “celému světu”. Na českém trhu je číslem jedna a to nejen proto, že zřizuje dodávky výtahů a eskalátorů takzvaně na klíč, ale i v jejich následném servisu. [7]

Výtahy od firmy Schindler jsou navrhovány tak, aby co nejpřesněji pasovaly do jakékoliv budovy. Jejich tažným koněm je výtah Schindler 2400, který je flexibilní, spolehlivý, vhodný pro intenzivní přepravu osob v objektech různého typu – hotely, nemocnice, kancelářské budovy, železniční stanice, nemocnice a v neposlední řadě obchodní centra. [7]



(Obr. 1.8.: Kabina výtahu Schindler 2400 [7])

Tento výtah není jen výkonný ale i velice inteligentní. Jeho součástí je systém cílového řízení PORT, který má za úkol zrychlit přepravu osob i nákladů. [7]



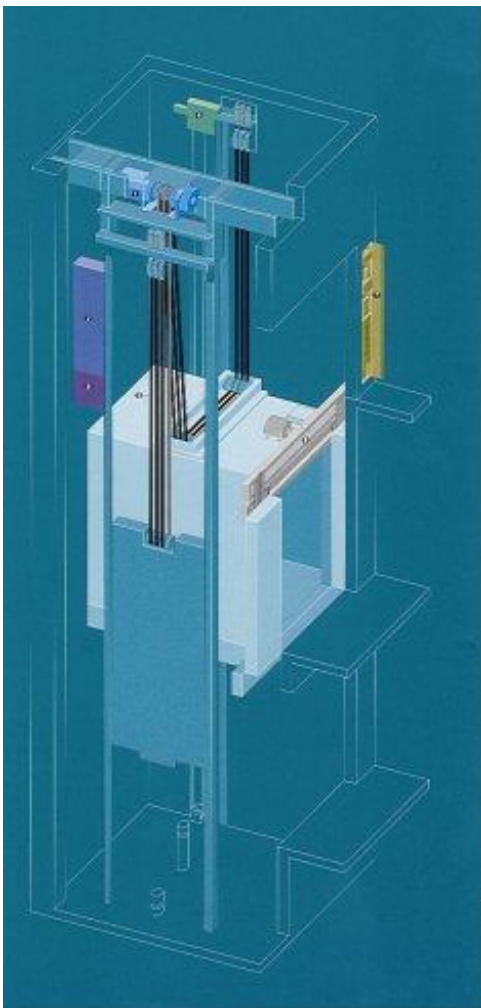
(Obr. 1.9.: Ovládací systém výtahu Schindler 2400 [7])

Dalším světovým výrobcem je firma OTIS, která se zabývá výrobou výtahů, eskalátorů, pohyblivých chodníků a dalších horizontálních dopravních systémů. V České republice jsou schopni dodávat kompletní řadu lanových a hydraulických výtahů a to ať osobních, nákladních, lůžkových, či jídelních, používaných pro střední, nízké, ale i vysoké budovy, obytné, průmyslové, administrativní nebo hotelové. Nabízejí standartní nebo luxusní provedení s různými rychlostmi pro všechny typy dopravy. Zákazník si může vybrat ze široké škály řídicích systémů, vyhotovení kabn,

Osobní výtah 640kg

uspořádání zařízení, nastupních stanic a to hned z několika povrchů a dokonce i panoramatických výtahů. [8]

OTIS se asi nejvíce soustředí na novou generaci výtahů, která je odlišná od ostatních tím, že zprostředkovává výtahy pro použití do budov, ve kterých není možné a často i účelné zřízovat strojovny. Představují systém Gen2, který obsahuje pokroková řešení v této oblasti, v tomto oboru jsou poprvé nově použita i plochá lana se syntetickým povrchem, kvůli kterým bylo možno použít zcela nový systém výtahového stroje. Stroj je tak řešen jako kompaktní bezpřevodový s motorem s permanentními magnety a je umístěn v horní části šachty, šachta je tak přístupná ze střechy klece. Stroj má výrazně nižší energetickou spotřebu v porovnání s klasickými pohony. Na stroji není použita převodovka, tudíž není potřeba mazání olejem, což přispívá k ekologičnosti problému. [8]



(Obr. 2.0.: Náčrtes systému Gen2 od firmy OTIS [8])

2 Vlastní koncepční návrh

V rámci této bakalářské práce je vypracován návrh konstrukčního řešení osobního výtahu s nosností 8 osob nebo 640 kg. Výtah má šachtu stavebnicové koncepce s variabilní dopravní výškou, umožňující instalaci v budově o 4 až 10 podlažích. Návrh obsahuje celkovou koncepci výtahu, lanového systému, pohonu výtahu a uspořádání šachty s klecí.

2.1 Hlavní údaje

Jmenovitá nosnost výtahu:	$m_Q = 640 \text{ kg}$
Jmenovitá rychlost výtahu:	$v = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Zdvih výtahu:	$H_Q = 30 \text{ m}$
Hmotnost klece:	$m_K = 770 \text{ kg}$
Lanový převod výtahu:	$i_k = 1$
Gravitační zrychlení:	$g_n = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Modul pružnosti v tahu pro ocel:	$E = 2,1 \cdot 10^5$
Zrychlení/Zpomalení výtahu	$a = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Hmotnost protiváhy:

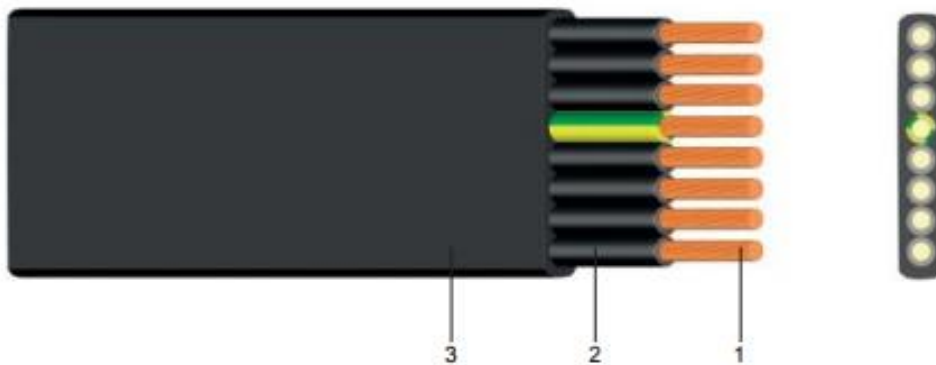
$$m_Z = 0,45 \cdot m_Q + m_K$$

$$m_Z = 0,45 \cdot 640 + 770$$

$$m_Z = 1058 \text{ kg}$$

2.2 Volba a výpočet závěsných kabelů

Firma Allkabel nabízí široké množství průmyslových závěsných kabelů. V tomto řešení byl zvolen výtahový plochý kabel H07VVH6-F s PVC izolací, pro menší až střední mechanické zatížení. Používá se v suchých, vlhkých a mokřích prostředích. Kabel je určen k připojení pohyblivých součástí obráběcích strojů, dopravníků a velkých strojů, pokud je vedení vystaveno pouze namáhání ohybem v rovině. [9]



(Obr. 2.1.: Ploché kabel s PVC izolací od firmy Allkabel [9])

- Konstrukce:
- 1 – Holý, jemně laděný, měděný vodič
 - 2 – Izolace žil z PVC, žíly uspořádány paralelně
 - 3 – Vnější plášť z měkkého PVC, černý

Technické údaje:

Jmenovité napětí U _o /U		[V]	450 / 750 voltů
Zkušební napětí		[V] _{ac}	2500
Teplotní rozsah	flexibilní uložení		-5°C až +70°C
Provozní teplota	zkrat	°C	160
Doba zkratu	max.	za [sek.]	5
Poloměr ohybu	min.	x VP	10
Vlastnosti při hoření	norma		EN 60332-1-2

(Tab.1.: Technické údaje plochého kabelu od firmy Allkabel [9])

Počet žil a jmenovitý průřez mm ²	Hmotnost Cu kg/km	Konstrukce vodiče (směrná hodnota) mm	Vnější rozměry ca. mm	Hmotnost ca. kg/km
4 G 1,5	60	30 x 0,26	5,0 x 15,0	150
5 G 1,5	75	30 x 0,26	5,0 x 18,0	180
7 G 1,5	105	30 x 0,26	5,0 x 27,0	265
8 G 1,5	120	30 x 0,26	5,0 x 29,0	295
10 G 1,5	150	30 x 0,26	5,0 x 36,0	355
12 G 1,5	180	30 x 0,26	5,0 x 41,0	415
4 G 2,5	100	50 x 0,26	5,7 x 18,5	250
5 G 2,5	125	50 x 0,26	5,7 x 22,0	280
7 G 2,5	175	50 x 0,26	5,7 x 33,5	385
8 G 2,5	200	50 x 0,26	5,7 x 37,0	430
12 G 2,5	300	50 x 0,26	5,7 x 51,0	630
4 G 4	160	56 x 0,31	6,9 x 21,5	320
5 G 4	200	56 x 0,31	6,9 x 26,0	390
7 G 4	280	56 x 0,31	6,9 x 38,0	560

(Tab.2.: Ploché závěsné kabely firmy allkabel [9])

Počet závěsných kabelů: $n_{zk} = 1$

Hmotnost 1m závěsného kabelu udává Tab.1.: $q_{zk} = 0,43 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

Hmotnost všech závěsných kabelů pro zadaná zdvih:

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

$$m_{zk} = 3 \cdot 0,43 \left(\frac{30}{2} \right) + 2$$

$$m_{zk} = 21,35 \text{ kg}$$

Hmotnost prázdné klece s závěsnými kabely

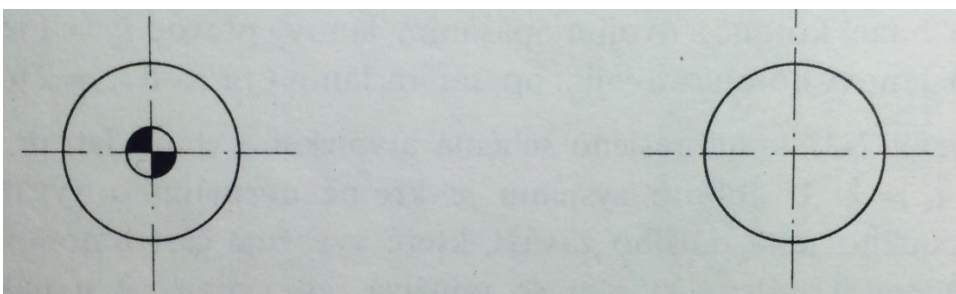
$$m_p = m_K + m_{zk}$$

$$m_p = 770 + 21,35$$

$$m_p = 791,35 \text{ kg}$$

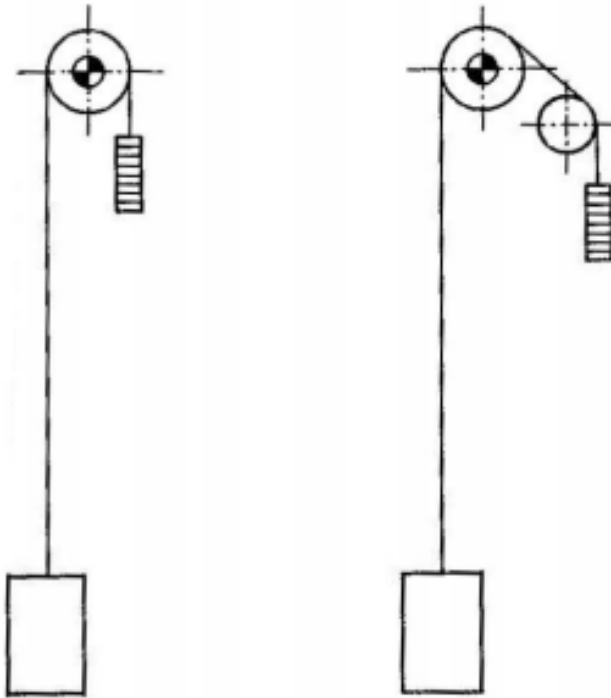
2.3 Lanový systém a nosná lana trakčního pohonu

Nabízí se celá řada systémů a jejich použití závisí hlavně na místních podmínkách. Je třeba věnovat velkou pozornost volbě lanového systému, protože do značné míry ovlivňuje životnost lan. Strojovna pro toto řešení bude umístěna nad výtahovou šachtou.



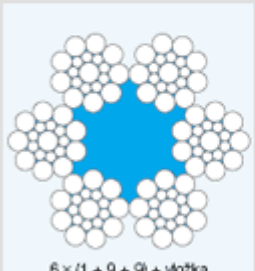
(Obr. 2.2.: Značení lanového koutouče (vlevo) a vodící kladky (vpravo [1]))

Pro výtah s nosností 640 kg je nejvýhodnější výtah s trakčním pohonem. Z důvodu úspory místa a požadavku na to, aby byla konstrukce co nejjednodušší, byl zvolen nejpoužívanější lanový systém s výtahovým strojem uloženým v horní poloze a jedním opásáním hnacího kotouče. [1]



(Obr. 2.3.: Schéma výtahu se strojem v horní poloze, jedním opásáním hnacího kotouče a lanovým převodem $i_k = 1$ [1])

Pro toto zadání bylo zvoleno ocelové lano, šestipramenné SEAL – 6 x 19 = 114 drátů (ČSN 02 4340). Lano je vinuto způsobem souběžným, má vnější vrstvu drátů větších průměrů. Je celkově odolnější proti otěru, než lano STANDARD (ČSN 02 4322). Lano má sice menší ohebnost, ale za to velmi dobře snáší rázová zatížení, což je u výtahových zařízení vítáno. [10]

ČSN 02 4340 DIN 3058	Průměr lana mm	Hmotnost kg/m	Jmenovitá únosnost lana v kN při jmenovité pevnosti drátů v MPa	
			1570	1770
 6 × (1 + 9 + 9) + vložka	5,00	0,093	15,49	17,47
	6,30	0,146	24,19	27,28
	8,00	0,250	39,55	44,59
	9,00	0,302	48,90	55,20
	10,00	0,370	63,49	71,58
	11,20	0,470	79,87	90,04
	12,50	0,580	99,02	111,60
	14,00	0,730	124,50	140,30
	16,00	0,920	156,50	176,50
	18,00	1,160	197,00	222,10

(Tab.3.: Ocelová lana typu SEAL od firmy Elis [10])

Jmenovitý průměr lana:	$d = 10\text{mm}$
Jmenovitá pevnost drátů:	$N_j = 1770\text{ Mpa}$
Jmenovitá únosnost lana:	$N_{jm} = 71,58\text{ kN}$
Hmotnost 1m lana:	$q_r = 0,37\text{ kg}^{-1}$

Průměr trakčního kotouče:	$D_h = 500\text{ mm}$
Počet lan:	$n_r = 5$

U výtahů s nosností vyšší, než 320 kg se doporučuje volit 4 a více nosných lan

Na základě toho byl zvolen trakční kotouč o průměru 500mm. [1] [11]

Zaručená únosnost lana:

$$N_r = 0,75 \cdot N_{jm}$$

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

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

Hmotnost lana pro zadaný zdvih:

$$m_r = n_r \cdot q_r \cdot H_Q$$

$$m_r = 5 \cdot 0,37 \cdot 30$$

$$m_r = 55,5\text{ kg}$$

2.3.1 Bezpečnost nosných lan

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

$$k_{rv} = \frac{5 \cdot 53685}{\frac{(640 + 770) \cdot 9,81}{1} + 55,5 \cdot 9,81}$$

$$k_{rv} = 14,64$$

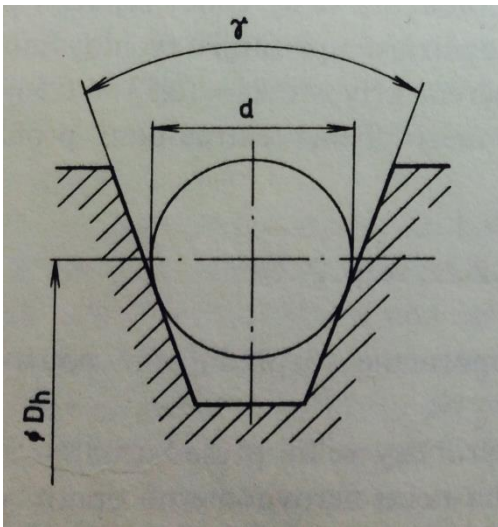
Předepsaná bezpečnost pro trakční osobní výtahy s rychlostí $v = 1\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je

$$k_d = 14$$

$$k_{rv} \geq k_d$$

$$14,64 \geq 14 - \text{VYHOVUJE}$$

2.3.2 Kontrola trakčního kotouče a průměru lana



(Obr. 2.4.: Klínová drážka lanového kotouče [1])

Poměr průměru trakčního kotouče a průměru lana:

$$\frac{D_h}{d} > 45$$

$$\frac{500}{10} > 45$$

- VYHOVUJE

2.3.3 Silové poměry na hnacím kotouči

K – Hmotnost klece

Q – Nosnost výtahu

m_l – Hmotnost jedné větve nosných lan

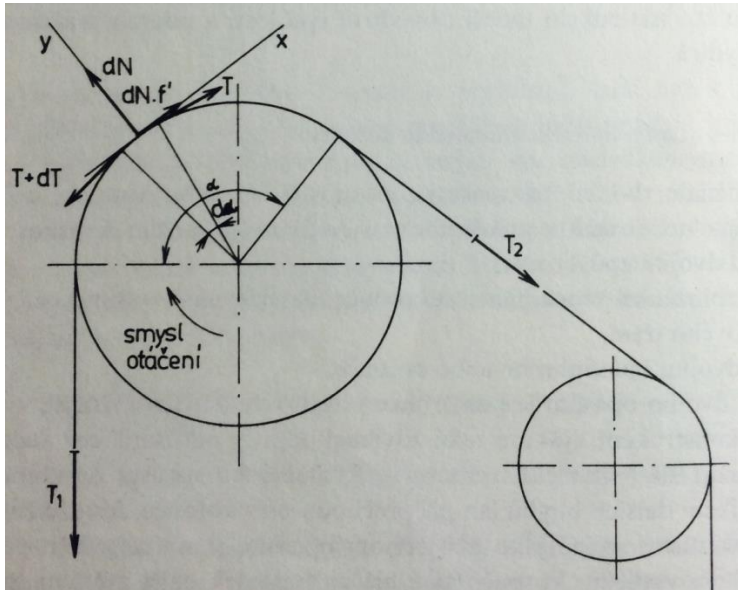
i_k – Lanový převod

Z – Hmotnost vyvažovacího závaží

m_L – Hmotnost nosných lan vyvažovacím závažím

m'_L – Hmotnost nosných lan nad klecí

α - Úhel opásání trakčního kotouče



(Obr. 2.5.: Silové poměry na hnacím kotouči [1])

Odvozením vztahu mezi tahy v laně na straně nabíhající a sbíhající se dle obrázku 2.4 a pomocí jednoduchých matematických úprav dospělo k Eulerovu vztahu pro vláknové tření. [1]

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f' \alpha}$$

Kde při plném zatížení a dolní poloze klece, bude maximální statický tah v nosných laněch: [1]

$$T_{1_{max}} = \left(\frac{K + Q}{i_k} + m_l \right) \cdot g = \left(\frac{770 + 640}{1} + 55,5 \right) \cdot 9,81 = 14\,376,55$$

$$T_2 = \frac{Z \cdot g}{i_k} = \frac{1058 \cdot 9,81}{1} = 10\,378,98$$

Kontrola trakční schopnosti trakčního kotouče při nakládání ve spodní stanici, dle ČSN EN 81-1: [13]

Součinitel smykového tření zjištěn podle velikosti úhlu v klínové drážce: [1]

$$f' = 0,216$$

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f' \alpha}$$

$$\frac{14\,376,55}{10\,378,982} \leq e^{0,216 \cdot 2,269}$$

$$1,38 \leq 1,63 \quad - \text{VYHOVUJE}$$

Z pravidla víme, že nejnepříznivější případ nastane při rozjždění prázdné klece z horní polohy.

Prázdná klec v nejvyšší stanici při rozjezdu směrem dolů,

složky síly v lanech od protiváhy a setrvačných sil:

$$T_1 = \frac{Z}{i_k} \cdot (g + a) + m_L \cdot (g + i_k \cdot a)$$

$$T_2 = \frac{Z}{i_k} \cdot (g - a) + m'_L \cdot (g - i_k \cdot a)$$

Hmotnost nosných lan na straně vyvažovacího závaží:

$$m_L = n_r \cdot q_r \cdot H_L = 5 \cdot 0,37 \cdot 0 = 55,5 \text{ kg}$$

Hmotnost nosných lan straně klece:

$$m'_L = n_r \cdot q_r \cdot H_Q = 5 \cdot 0,37 \cdot 0 = 0 \text{ kg}$$

Konečný Eulerův vztah má pak tvar:

$$\frac{Z \cdot (g + a) + i_k \cdot m_L \cdot (g + i_k \cdot a)}{K \cdot (g - a) + i_k \cdot m'_L \cdot (g - i_k \cdot a)} \leq e^{f' \cdot \alpha}$$

$$\frac{1058 \cdot (9,81 + 0,5) + 1 \cdot 55,5 \cdot (9,81 + 1 \cdot 0,5)}{770 \cdot (9,81 - 0,5) + 1 \cdot 0 \cdot (9,81 - 1 \cdot 0,5)} \leq e^{0,216 \cdot 2,269}$$

$$1,60 \leq 1,63 \quad - \text{VYHOVUJE}$$

Statická síla zatěžující hřídel:

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

$$F_{hs} = \sqrt{14376,55^2 + 10378,98^2 - 2 \cdot 14376,55 \cdot 10378,98 \cdot \cos 130^\circ}$$

$$F_{hs} = 22499,64 \text{ N}$$

2.4 Výtahový stroj a parametry pohonu

Je určen k přenosu síly pomocí ocelových lan pro trakční výtah. Skládá se z převodovky – dvoudílné litinové skříně, ve které je umístěn šnekový převod s válcovým cementačně kaleným šnekem, uloženým ve dvou radiálních kluzných ložiscích a oboustranném axiálním ložisku. Pružná spojka umožňuje, pomocí

pryžových unášečů, pružné a rozebíratelné spojení mezi hnacím trojfázovým asynchronním elektromotorem a převodovkou. Brzda je dvojčinná čelistová, rozpěrací. [11]

Výtahový stroj dodává přímo firma Wykov v kompletním sestavení, dle zvolených parametrů.



(Obr. 2.6.: Výtahový stroj S3 – 320 firmy Wykov[11])

Základní parametry zvoleného výtahového stroje:

Typ výtahového stroje:	SB321.6 500/0,63
Převodový poměr:	$i_s = 53$
Lanový převod:	$i_k = 1$
Účinnost výtahu:	$\eta_c = 0,55$
Průměr hnacího kotouče:	$D_h = 500 \text{ mm}$
Úhel opásání trakčního kotouče:	$\alpha = 125^\circ$
Úhel klínové drážky:	$\gamma = 35^\circ$
Otáčky elektromotoru:	$n_m = 1460 \text{ min}^{-1}$

(Více údajů viz. Příloha 1 (Uspořádání výtahového stroje))

Skutečná dopravní rychlost:

$$v_s = \frac{\pi \cdot D_h \cdot n_m}{i_s}$$

$$v_s = \frac{\pi \cdot 0,500 \cdot 1460}{60,53}$$

$$v_s = 0,721 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Obvodová síla na trakčním kotouči:

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

$$F_o = \frac{(640 + 770 - 1058) \cdot 9,81}{1} + 55,5 \cdot 9,81$$

$$F_o = 3997,57 \text{ N}$$

Obvodová rychlost trakčního kotouče:

$$v_o = v_s \cdot i_k$$

$$v_o = 0,721 \cdot 1$$

$$v_o = 0,721 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.4.1 Návrh elektromotoru

Pokud by byla potřeba v průběhu provozu vyměnit elektromotor, který k původnímu výtahovému stroji dodává firma Wykov, tak zde proběhl výpočet, podle kterého se případně elektromotor má zvolit.

Výkon potřebný k volbě elektromotoru:

$$P_m = \frac{F_o \cdot v_o}{\eta_c}$$

$$P_m = \frac{3997,57 \cdot 0,721}{0,55}$$

$$P_m = 5240,45 \text{ W}$$

Volím elektromotor SIEMENS 1LE1001-1CB03-4xxx (5,5kW) [12]

Osová výška:	132 mm
Výkon:	5,5 kW
Otáčky:	1465mm ⁻¹
Osová výška:	132 mm



(Obr. 2.7.: Elektromotor značky Siemens, model 1LE1001-1CB03 [12])

2.4.2 Měrný tlak v drážce trakčního kotouče

Síla v laněch při plném zatížení klece ve spodní stanici dle STN EN 81-1: [13]

$$T = \left(\frac{K + Q}{i_k} + m_l \right) \cdot g_n$$

$$T = \left(\frac{770 + 640}{1} + 55,5 \right) \cdot 9,81$$

$$T = 14\,376,55N$$

Maximální měrný tlak:

$$P_{max} = \frac{3 \cdot \pi \cdot T}{2 \cdot D_h \cdot d \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}$$

$$P_{max} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 14376,55}{2 \cdot 500 \cdot 10 \cdot \sin \frac{35}{2}}$$

$$P_{max} = 14,98 \text{ Mpa}$$

Maximální dovolený tlak:

$$P_d = \frac{22,5 + \frac{4 \cdot v}{1}}{1 + \frac{v}{1}}$$

$$P_d = \frac{22,5 + \frac{4 \cdot 0,721}{1}}{1 + \frac{0,721}{1}}$$

$$P_d = 15,43 \text{ Mpa}$$

$$P_{max} \leq P_d \quad - \text{ VYHOVUJE}$$

2.5 Návrh výtahové klece a kabiny

Konstrukce klece potažmo kabiny by měla být jednoduchá, ale měla by splňovat veškeré požadavky na bezpečnost dle STN EN 81-1. [13]

2.5.1 Výtahová klec

Aby se zabránilo přetížení klece osobami, musí být velikost plochy omezena ve vztahu k nosnosti. [14]

Z důvodů viz. kapitola 2.5.2 byly zvoleny rozměry podlahy klece: Š x H – 1100 x 1400 mm, které uvádí tabulka firmy Výmyslický - Výtahy [14]

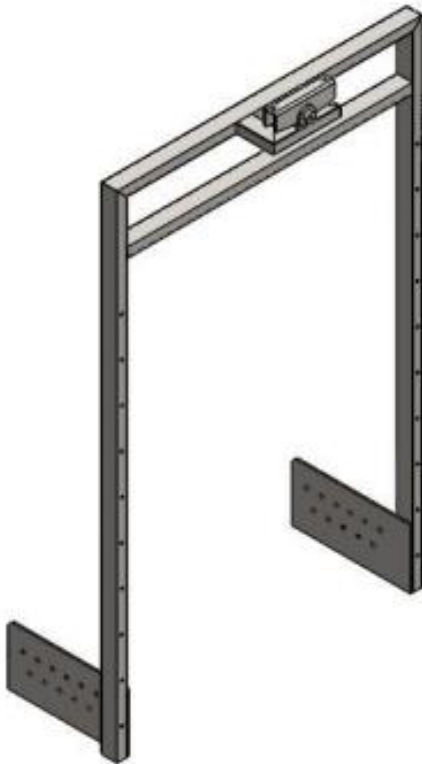
nosnost	max. počet osob	max. užitečná plocha	min. užít. plocha	příklad rozměru klece Š x H	min. nosnost nákl. hydr. výtahu
kg		m ²	m ²	m x m	kg
250	3	0.77	0.60	0,8 x 0,9	180
320	4	0.96	0.79	0,8 x 1,1	230
400	5	1.17	0.98	0,9 x 1,2 1,0 x 1,0	280
450	6	1.3	1.17	1,0 x 1,25	320
500	6	1.44	1.17	1,1 x 1,2	355
630	8	1.66	1.45	1,1 x 1,4	400
750	10	1.9	1.73	1,3 x 1,4	450
900	12	2.2	2.01	1,2 x 1,8	550
1000	13	2.4	2.15	1,1 x 2,1 1,3 x 1,8 1,4 x 1,7	630

(Tab.4.: Požadavky na nosnost a plochu klece podle firmy Výmyslický – výtahy s.r.o. [14])

Takový rám klece je schopna vyrobit firma Delta CVS, který je veden v kluzných vodících čelistech. Tyto čelisti firma také přímo dodá. Jednostranně vedené rámy jsou osazeny v horní i dolní části valivým vedením, které přenáší působení axiálních sil na vodítka. Vše je splněno dle požadavků ČSN EN 81-1. [5]



(Obr. 2.8.: Rám kabiny výtahu od firmy Delta CVS. [5])



(Obr. 2.9.: Nosná konstrukce výtahu)

2.5.2 Výtahová kabina

Kabina má přepravit 8 osob, aby každá osoba měla svůj dostatečný prostor potřebný k cestě a nebyl narušen její komfort. Zároveň by kabina měla mít, co nejjednodušší konstrukci na výrobu. [14]

Kabina, která splňuje tyto požadavky, podle stavebního katalogu typových výtahů firmy Výmyslický – Výtahy, dle nosnosti 640 kg – 8 osob, má maximální užitečnou plochu $1,6m^2$, minimální užitečnou plochu $1,45m^2$,

Takovou kabinu je na zakázku snadno schopna vytvořit, přizpůsobit nejrůznějším představám a požadavkům a to i včetně nejrůznějších doplňků či vybavení, firma Delta CVS. Pro toto zadání byla zvolena kabina GAMA. [5]

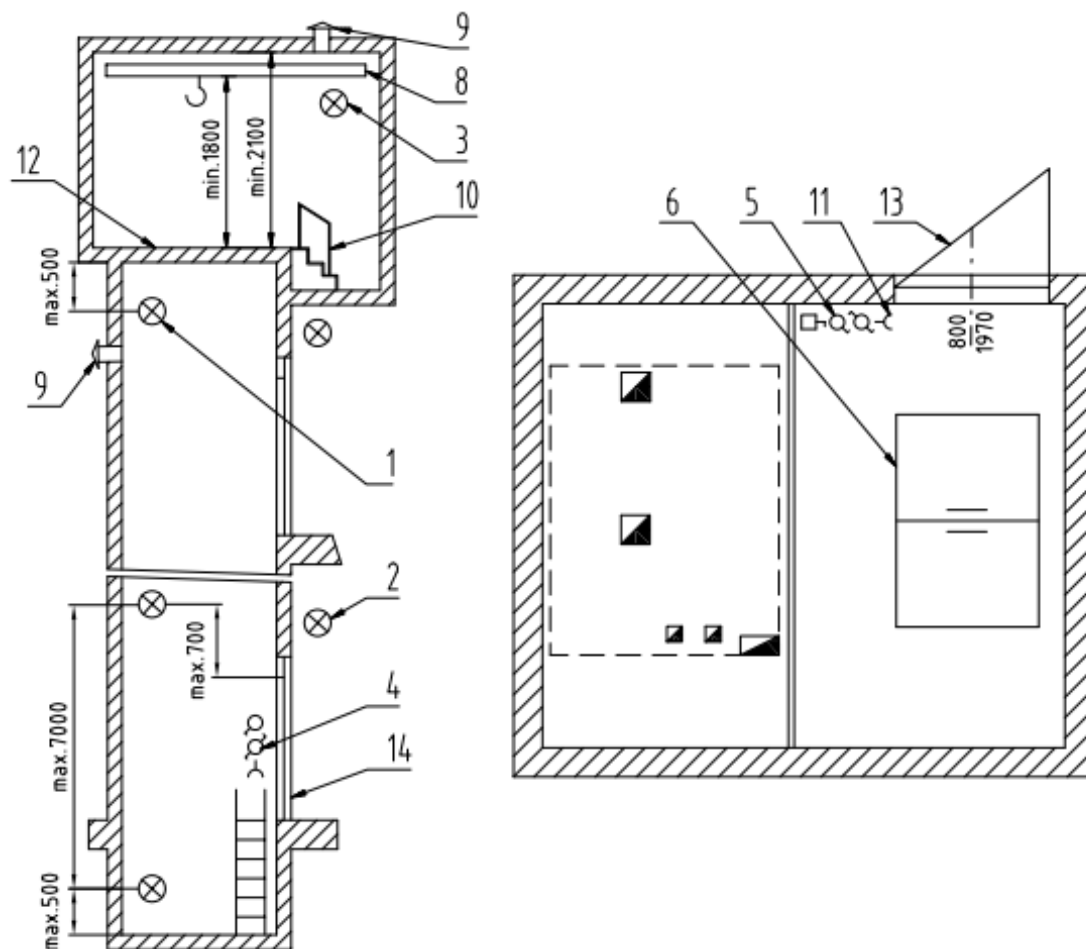


(Obr. 3.0.: Kabina typu GAMA, od firmy Delta CVS [5])

2.6 Výtahová šachta

Stavebnicovou koncepcí výtahové šachty s variabilní dopravní výškou, pro lanový trakční výtah se závažím vedle klece, se strojovnou nad šachtou je schopna zajistit také firma Výmyslický – výtahy s.r.o. [14]

Všeobecné požadavky na šachtu a strojovnu: [14]



(Obr. 3.1.: Výtahová šachta od firmy Výmyslický – výtahy s.r.o. [14])

1. Osvětlení šachty, nad dveřmi a v prohlubni min. 50 lx
2. Přirozené nebo umělé osvětlení nástupiště – na podlaze min. 50 lx
3. Osvětlení strojovny – na podlaze min. 200 lx
4. Vypínač osvětlení šachty, zásuvka 230V, vypínač STOP – dosažitelné z prohlubně a šachetních dveří

5. Hlavní vypínač s pojistkami, vypínač osvětlení strojovny, klece a šachty, zásuvka 230V přívod bez proudového chrániče
6. Montážní poklop s ohrazením při otevření, nosnost podlahy 2000N
7. Montážní nosník
8. Větrání šachty, větrání strojovny – min. 1% z půdorysu šachty, teplota +5°C až 40°C, příp. vytápění
9. Přístup na podestu, rozdíl nad 350mm – schody, nad 500mm též odnímatelné zábradlí
10. Telefonní linka pro dorozumívací zařízení
11. Podlaha strojovny – protiskluzový a protiprašný povrch
12. Vstupní dveře – ocelové, uzamykatelné, zevnitř otevírané klikou, zvenku klíčkem
13. Zednické práce – zazdění dvěří po jejich usazení
14. Zvuková izolace – hlučnosti stroje cca 75 dB
15. Hasící přístroj ve strojovně – práškový 10 kg [14]

3 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout koncepční návrh výtahu s nosností 640 kg, nebo 8 osob, se šachtou stavebnicové koncepce s variabilní dopravní výškou. Při návrhu výtahu byl brán především zřetel na jednoduchou volbu všech komponent u zmiňovaných výrobců, či firem. Téměř všechny součásti a komponenty se dají jednoduše vybrat, popř. navrhnout přímo u výrobce, či firmy, která je přímo dodá. Dále byl brán ohled hlavně na pohodlí cestujících, aby dopravní rychlost nebyla příliš vysoká a zrychlení tak nepříjemné, což zajistí plynulý pohyb trakčního pohonu s výtahovým strojem v horní poloze a zvoleným jedním opásáním trakční kladky. Dostatečně velká kabina také přispívá k pohodlnému používání cestujících.

Seznam použité literatury a zdrojů

[1] JANOVSÝ, Lubomír; DOLEŽAL, Josef. Výtahy a eskalátory. Vyd.1. Praha : SNTL, 1980. 696 s. [2] JANOVSÝ, Lubomír. Systémy a strojní zařízení pro vertikální přepravu. Vyd. 1. Praha : Ediční středisko ČVUT v Praze, 1991. 139 s. ISBN 80-01-00493-7.

[2] PUŠKÁŠ, Henrik; KUL'KA, Josef. Výtahy - vývoj, současnost a trendy. Zdvihací zařízení v teorii a praxi [online]. 2006, č. 2, [cit. 2010-12-20]. Dostupný z WWW: <http://www.id.vsb.cz/zdvihacizarizeni/zz-2006-2.pdf> . ISSN 1802-2812.

[3] Výtahy Plzeň Elex, s.r.o.. [online]. [cit 2015-06-11] Dostupné z:

<http://www.vytahyelex.cz/commonimages/fotogalerie/bezStrojovnyvytahy02.jpg>

[4] Výtahy Kvadro s.r.o.. [online]. [cit. 2015-06-11]. Dostupné z:

http://www.vytahykvadro.cz/vytahove_klece.html

[5] Delta CVS Výtahy a Kovovýroba s.r.o.. [online]. [cit. 2015-06-11]. Dostupné z:

<http://www.deltacvs.cz/vytahove-komponenty/ramy-kabin.html>

[6]..Frontier-Components – Výtahová vodítka [online]. [cit. 2015-06-11]. Dostupné z:

<http://www.frontier-components.com/categories/view/vytahova-voditka>

[7] Schindler a.s.. [online]. [cit. 2015-06-11]. Dostupné z:

<http://www.schindler.com/cz/internet/cs/home.html>

[8] Otis a.s.. [online]. [cit. 2015-06-11]. Dostupné z:

<http://www.otis.com/site/cz/pages/Gen2Elevator.aspx>

[9] Allkabel – Kabelové centrum [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:

<http://www.allkabel.eu/pryzove-jerabove-vytahove-stavebni-kabely-h07vvh6-f/>

[10] Elis – Ocelová lana, vázací prostředky [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:

<http://www.ocelovalana.cz/cz/produkt/ocelove-lano-sestipramenne-seal-6-19-114-dratu/>

[11] Wykov – Výtahové stroje [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:

http://www.wykov.cz/images/stroje_s3_s4_letak_2012.pdf

[12] Elektromotory Berg – Prodej a servis [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:

<http://www.elektromotory-siemens.cz/obchod/elektromotory-1500ot-min-ie2/elektromotor-siemens-1le1001-1cb03-4xxx-5-5kw.html>

[13] Slovenská technická norma STN EN 81-1+A3 [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:

https://www.sutn.sk/eshop/public/standard_detail.aspx?id=110445

[14] Vymyslický – výtahy s.r.o. [online]. [cit. 2015-06-29]. Dostupné z:

<http://www.vymyslicky.cz/files/1253434057-stavebni-katalog-typovych-vytahu.pdf>



Seznam použitých symbolů a zkratk

a

d

e

f'

g

v

D_h

F_{hs}

F_o

H_L

H_Q

N_j

N_{jm}

N_r

P_d

P_m

P_{max}

$T1_{max}$

g_n

i_k

i_s

k_d

k_{rv}

m_K

m'_L

m_L

m_Q

m_Z

m_{zk}



m_l

m_p

m_r

n_m

n_r

n_{zk}

q_r

q_{zk}

v_o

v_s

η_c

α

γ

E

K

Q

$T1$

$T2$

Z

Seznam příloh