



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VÝTAHY PRO DOPRAVU OSOB

PASSENGER LIFTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN GALÁSEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. **MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.**

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Galásek

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výtahy pro dopravu osob

v anglickém jazyce:

Passenger lifts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přehledová studie používaných konstrukčních řešení včetně pohonů, rychlostí apod. Porovnání hlavních koncepcí pohonů s ohledem na jejich účinnost a efektivitu. Koncepce předpokládaného dalšího vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- současné koncepční řešení,
- analýza různých řešení zdvihových mechanismů s ohledem na účinnost, efektivitu a prostorovou úspornost,
- stanovení předpokládané vývojové tendence.

Seznam odborné literatury:

1. Janovský, L.: Elevator Mechanical Design. Elevator World 2001
2. Janovský, L.: Výtahy a eskalátoru, SNTL 1980
3. Nařízení vlády 27/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výtahy
4. Firmení literatura

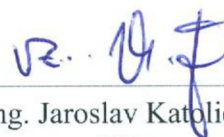
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 4.11.2014



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan



ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Výtahy pro dopravu osob“ je souhrnem používaných konstrukčních řešení pohonů výtahů, a to zejména z hlediska jejich účinnosti, efektivity, prostorové úspornosti a využitelnosti v jednotlivých typech budov. Závěrem stanoví předpokládané vývojové tendence výtahů s využitím nových konstrukčních prvků, automatizace, modernizace a zvýšeného důrazu na bezpečnost při přepravě osob.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výtah, výtahový stroj, strojovna, kabina, osobní výtah, lano

ABSTRACT

Bachelor thesis "Elevators for transportation of persons" is an overview of applied design solutions of the elevator engines, especially in terms of their efficiency, space and economy utilization in various types of buildings. The final part contains a summary of expected trends of elevators' development with respect to new design elements, automation improvement, modernization and higher requests on safety during a conveyance of persons.

KEYWORDS

Lift, lift machine, machine room, car, passenger lift, cable



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GALÁSEK, M. *Výtahy pro dopravu osob*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 29. května 2015

.....

Martin Galásek



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za udělení cenných rad a odbornou pomoc. Poděkování také patří mé rodině za podporu při studiu na vysoké škole.



OBSAH

Úvod	11
1 Základní informace	12
1.1 Charakteristika výtahů	12
1.2 Rozdělení výtahů	12
1.2.1 Rozdělení podle pohonů	12
1.2.2 Rozdělení podle použití	12
1.2.3 Rozdělení podle technického provedení	13
1.2.4 Rozdělení podle polohy strojovny	13
1.3 Historie výtahů	13
1.4 Schéma výtahu	15
1.5 Základní a doplňující parametry	16
1.6 Nařízení vlády České republiky	16
2 Hlavní části výtahů	18
2.1 Výtahový stroj	18
2.1.1 elektromotory	18
2.1.2 Převodovka	20
2.1.3 Spojky	22
2.1.4 Brzdy	22
2.1.5 Rám výtahového stroje	22
2.1.6 Hnací lanový (třecí) kotouč	22
2.2 Nosné orgány	23
2.2.1 Ocelová lana	23
2.2.2 Plochá lana	24
2.2.3 Kloubové řetězy	25
2.3 Výtahová klec	26
2.3.1 Kostra klece	26
2.3.2 Kabina výtahu s příslušenstvím	27
2.3.3 Dveře kabin a šachet	28
2.3.4 Závěs klece a vyvažovacího závaží	29
2.3.5 Vedení klece a vyvažovacího závaží	29
2.4 Vyvažovací závaží	29
2.5 Vodítka klece a vyvažovacího závaží	30
2.6 Zachycovače	30
2.7 Nárazníky	31
3 Pohony výtahů	32



3.1	Trakční pohon	32
3.2	Bubnový pohon.....	32
3.3	Řetězový pohon	33
3.4	Hydraulický pohon	34
3.4.1	Přímý pohon kabiny plunžrem	35
3.4.2	Přímý pohon s použitím teleskopické pístnice	36
3.4.3	Přímý pohon kabiny plunžrem s hydraulickým válcem vedle klece	36
3.4.4	Nepřímý pohon s kombinací hydraulického válce a převodu	36
3.5	Gen2 pohon.....	37
4	Analýza zdvihových mechanismů	39
4.1	Porovnání trakčního pohonu s hydraulickým pohonem	39
4.2	Porovnání různých typů trakčního pohonu	40
4.3	Porovnání klasického trakčního pohonu s pohonem Gen2.....	41
5	Stanovení předpokládané vývojové tendence	43
	Závěr.....	44
	Seznam obrázků.....	48



ÚVOD

Výtah jako zdvihací zařízení nebo dopravní prostředek se začal využívat již v roce 236 př. n. l. Sloužil především pro přepravu těžkých břemen. První výtahy byly poháněny lidskou silou, kdy se lano namotávalo na předmět válcového tvaru pomocí kliky. Později se pro pohon využívala i zvířecí síla. Teprve v 19. století lidskou a zvířecí sílu nahradily stroje poháněné párou. S rozvojem stavebnictví, kdy dochází nejen k zvedání velmi těžkých břemen do vysokých výšek, ale s budováním vysokých budov o mnoha poschodích (mrakodrapy), bylo nutné konstruovat stále složitější a efektivnější stroje, jež by dokázaly přepravit do výšky velké množství materiálu a osob za poměrně krátkou dobu. Tak byly postupně vyvíjeny různé typy pohonů výtahů s ohledem na jejich prostorovou náročnost, využitou energii a efektivitu při přepravě. A tímto tématem se také zabývá moje bakalářská práce.

Cílem této bakalářské práce je souhrn současných koncepčních řešení výtahů pro dopravu osob, v návaznosti na to analýza různých řešení zdvihových mechanismů s ohledem na účinnost, efektivitu a prostorovou úspornost a stanovení předpokládané vývojové tendence.

Svou bakalářskou práci jsem rozdělil do pěti částí.

V první části se zabývám definicí výtahu, rozdělením výtahů do několika skupin, popisem a základními parametry výtahu a v závěru také legislativou, která stanoví technické požadavky na výtahy.

V druhé části jsou popsány hlavní části výtahu. Podrobně zde popisuji výtahový stroj, nosné orgány výtahu, výtahovou klec, vyvažovací závaží, vodicí kolejnice a vyvažovacího závaží, zachycovače a nárazníky.

Třetí část je věnována podrobné studii pohonů výtahů. Zde se zabývám jednotlivými typy pohonů, jejich popisem, konstrukcí, způsobem použití, energetickou náročností a dalšími parametry.

Ve čtvrté části je provedena samotná analýza zdvihových mechanismů, jež je jedním z cílů mé bakalářské práce. Porovnávám zde jak stejné typy pohonů tak různé typy pohonů mezi sebou s cílem analyzovat efektivnost, účinnost, prostorovou náročnost a využitelnost jednotlivých typů pohonů.

V páté části stanovím předpokládané vývojové tendence při přepravě osob. V této části jsem především využil nejnovější poznatky společnosti Otis Elevator Company, která patří mezi největší výrobce a distributory výtahů nejen v České republice, ale i ve světě. Tato společnost hledá nové konstrukční prvky pro zlepšení efektivnosti, energetické úspornosti a bezpečnosti při přepravě osob. Nemalý důraz také klade na moderní design kabin, možnost a pohodlí přepravy osob s omezenou pohyblivostí nebo přepravy dětí v kočárku.



1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

1.1 CHARAKTERISTIKA VÝTAHŮ

Výtahem rozumíme jednoduché dopravní zařízení, které slouží k přepravě osob nebo břemen mezi dvěma nebo několika stálými místy. Doprava probíhá převážně ve vertikálním směru. Převozené osoby nastupují na plošinu, která je nosnou součástí kabiny výtahu. Břemena jsou během dopravy uložena na plošinu, která tvoří klec výtahu. Klec nebo kabina se pohybuje v šachtě výtahu a koná přímočarý posuv nahoru nebo dolů. Samotná klec (kabina) je zavěšena na jednom či více nosných orgánech (lana nebo řetězy), které jsou spojeny s pohonným ústrojím. [1][8]

Práce výtahu je většinou přerušovaná, ale existují i výtahy s nepřetržitým pracovním cyklem. Těmto výtahům říkáme páternostery (osobní výtahy oběžné). U těchto výtahů probíhá nástup a výstup osob za provozu. Proto se v těchto výtazích dopravují pouze osoby, nikoli náklad. U výtahů s přerušovanou prací dochází k nástupu a výstupu osob nebo naložení a vyložení břemen při stojící kabině. Tyto výtahy se používají mnohem častěji než výtahy s nepřetržitým pracovním cyklem. [1]

1.2 ROZDĚLENÍ VÝTAHŮ

Výtahy můžeme dělit podle několika aspektů. Ať už podle pohonů, použití, technického provedení či vlastního provedení výtahu. Výtahy také můžeme rozdělovat podle místa uložení strojovny. [1]

1.2.1 ROZDĚLENÍ PODLE POHONŮ [1]

Podle pohonů rozdělujeme výtahy do tří základních skupin:

- 1) výtahy s elektrickým pohonem
 - a) výtahy osobní a nákladní s doprovodem osob
 - výtahy se samoobsluhou do nosnosti 1 000 kg (12 osob)
 - výtahy určené pro provoz s ustanoveným řidičem
 - b) výtahy nákladní se zakázanou dopravou osob
 - výtahy, do jejichž klece mohou při manipulaci s břemeny vstupovat osoby
 - výtahy, do jejichž klece nemohou osoby vstupovat
 - c) malé nákladní výtahy do nosnosti 100 kg
 - d) stolové výtahy (chodníkové)
 - s ustanoveným řidičem
 - se zakázanou dopravou osob
 - e) osobní výtahy oběžné (páternostery)
 - f) výsypné výtahy (skipové)
 - g) stavební výtahy
- 2) výtahy s hydraulickým pohonem
 - a) přímé
 - b) přímé boční
 - c) nepřímé
- 3) výtahy s pneumatickým pohonem

1.2.2 ROZDĚLENÍ PODLE POUŽITÍ [8]

- 1) osobní výtahy



- 2) nákladní výtahy
- 3) automobilové výtahy
- 4) lodní výtahy
- 5) stavební výtahy
- 6) důlní výtahy

1.2.3 ROZDĚLENÍ PODLE TECHNICKÉHO PROVEDENÍ [8]

- 1) trakční (tažné) výtahy – pohon elektrickými motory s převodovkou
- 2) hydraulické výtahy – zdvih probíhá pomocí hydraulických pístů
- 3) páternostery – oběžný výtah
- 4) šikmé výtahy – speciální typ výtahů – lanovka
- 5) zdvihací plošiny – speciální typ výtahů – plošina pro vozíčkáře

1.2.4 ROZDĚLENÍ PODLE POLOHY STROJOVNY [11]

- 1) výtahy se strojovnou nad šachtou
- 2) výtahy se strojovnou vedle šachty
- 3) výtahy se strojovnou pod šachtou
- 4) výtahy bez strojovny (strojovna v šachtě)
- 5) výtahy bez strojovny (strojovna je součástí zařízení)
- 6) výtahy se strojovnou mimo šachtu (hydraulické výtahy)

1.3 HISTORIE VÝTAHŮ

Historie používání výtahů sahá již do roku 236 let př. n.l., kdy známý řecký matematik a fyzik Archimédes sestrojil první výtah. Klec výtahu byla zavěšená na konopném laně a výtah se poháněl ručně pomocí vrátku. [4]

V 15. století dochází k sestavení výtahu pro papeže ve Vatikánu. Tento výtah byl poháněn lidskou silou prostřednictvím šlapacího kola. [4]

Na přelomu 17. a 18. století byl sestrojen výtah s využitím účinku protizávaží. Jelikož vlastníkem tohoto výtahu byl francouzský král Ludvík XIV, byl vnitřek výtahu speciálně upraven. Byla zde umístěna polštářová sedadla. [4]

V polovině 19. století dochází k velkému rozvoji výtahů. Začínají se vyrábět výtahy poháněné parním strojem. V roce 1853 se objevil výtah vybavený speciálním bezpečnostním (zachycovacím) zařízením, které mělo za cíl při případném přetržení nosných orgánů zachytit padající kabinu. Jednalo se o nákladní výtah pro dopravu břemen a obsluhy. V roce 1857 byl bezpečnostním zařízením vybaven i osobní výtah, který byl nainstalován v obchodním domě v New Yorku. Tento výtah měl rychlost $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což na tu dobu byla neuvěřitelná rychlost. Pohon výtahů v tomto období byl výhradně bubnový. [4]

V druhé polovině 19. století dochází k vývoji výtahů s hydraulickým pohonem, kde pracovním médiem je voda. Hydraulické výtahy měly vyšší zdvih i rychlost než výtahy s bubnovým pohonem. V roce 1867 byl vystaven výtah s hydraulickým pohonem od vynálezce Léona Edouxe a následně byl nainstalován v paláci ve Vídni. [4] [19]



Obr. 1 Hydraulický výtah [19]

Zásadní změna v konstrukci výtahů přichází s vynálezem výtahu s elektrickým pohonem. V roce 1880 byl vystaven na výstavě osobní výtah s elektrickým pohonem od vynálezce Wernera von Siemense. [4]

V roce 1890 dochází k vybudování kolejového výtahu, který začal přepravovat osoby na vrchol hory. Jednalo se o předchůdce dnešní lanovky. Tento výtah sestrojil A. Freissler. Výtah má trakční (třecí) pohon, kdy tažné lano bylo opásáno okolo hnacího kotouče a jeho konce připojeny k dvěma klecím. [4]

V roce 1894 došlo k vývoji řízení výtahů. Do této doby bylo řízení nedokonalé a těžkopádní, a tak firma Otis Elevator Company sestrojila výtah s univerzálním tlačítkovým řízením. [4]

Od roku 1900 dochází k největšímu rozmachu výtahů v USA. Z důvodu budování výškových budov je nutné nalézt efektivní řešení dopravy osob jak po stránce ekonomické tak i po stránce spolehlivosti a bezpečnosti při přepravě. Stále více se uplatňuje výtah s trakčním pohonem a bubnový pohon se dostává do pozadí. Výhodou trakčního pohonu je to, že dokáže překonávat velké zdvihové výšky ve výškových budovách. [4]

V roce 1903 nastává instalace prvního výtahu s bezpřevodovým strojem. Instalace tohoto výtahu proběhla v New Yorku. [4]

Po 2. světové válce dochází k dalšímu rozvoji výtahů. Používají se tři typy výtahů. Nejrozšířenějším typem je výtah s třecím pohonem a mechanickou převodovou skříní. Dopravní rychlosti se pohybují do $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Druhým typem výtahů je rychlovýtah s bezpřevodovým výtahovým strojem, u kterého se dopravní rychlosti pohybují nad $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Třetím typem výtahu je výtah hydraulický (pracovní kapalinou je olej), který se používá jak pro dopravu osob, tak i břemen o dopravní rychlosti $0,1 - 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V tomto období zaznamenává také rozvoj řízení osobních výtahů. Tlačítkové řízení je zcela vytlačeno a používá se řízení sběrné. [4]

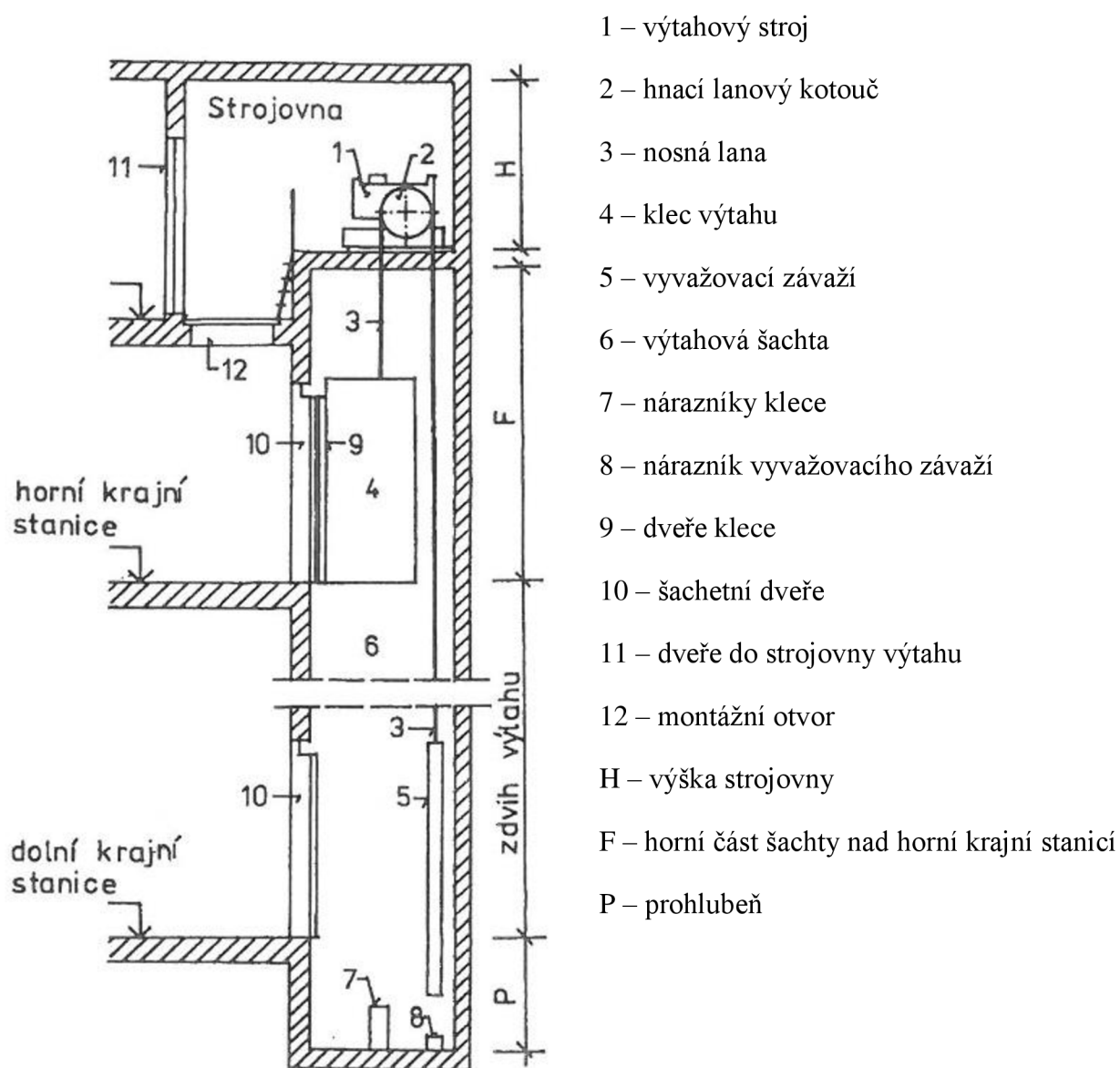


Od 50. let 19. století se začínají výtahy využívat nejenom ve stavebnictví, ale rovněž významně pomáhají při přepravě břemen ve výrobních halách. Pro zjednodušení přepravy a instalace do uzavřených prostor jsou výtahy dodávány v menších součástkách, aby následně mohly být smontovány do velkého celku. [4]

Hlavní milníky vývoje výtahů v České republice [4]:

- první výtah v České republice byl postaven firmou Breithfeld – Daněk v roce 1876 v pivovaru v Litoměřicích.
- první páternoster byl nainstalován v budově Nové radnice v Praze v roce 1910.
- první elektrický výtah s jednoduchým tlačítkovým řízením postavila italská firma v pražském hotelu Modrá hvězda.

1.4 SCHÉMA VÝTAHU



Obr. 2 Osobní výtah se strojovnou umístěnou nahoře nad šachtou [20]



1.5 ZÁKLADNÍ A DOPLŇUJÍCÍ PARAMETRY

Základními parametry výtahů jsou nosnost a jmenovitá dopravní rychlost. Nosností výtahu rozumíme nejvyšší dovolenou hmotnost břemena, kterým se smí klec zatížit během provozu. Jmenovitá dopravní rychlost je teoretická rychlost klece, pro niž byl výtah zkonstruován. Hodnoty nosnosti (kg) a jmenovité dopravní rychlosti ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) jsou stanoveny na určité hodnoty. Stanovené hodnoty nosnosti jsou: 25, 50, 100, 160, 250, 320, 500, 800, 1000, 1600, 2000, 3200, 4000, 5000, 8000, 10000, 12500, 16000 a 20000 kg. Dopravní rychlost výtahu se od jmenovité rychlosti může lišit o 15%. Stanovené hodnoty jmenovité dopravní rychlosti jsou: 0,18; 0,25; 0,36; 0,50; 0,71; 1,00; 1,40; 2,00; 2,80; 4,00 a $5,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. [5]

Doplňujícími parametry a údaji výtahů jsou zejména [5]:

- zdvih, poloha a počet stanic
- rozměry výtahové šachty, klece a strojovny
- druh řízení výtahu
- napětí elektrické sítě, hustota spínání a zatěžovatel
- provedení a ovládání šachetních dveří
- umístění výtahu v budově
- stanovení prostředí

1.6 NAŘÍZENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY

Nároky kladené na technické požadavky na výtahy jsou upraveny nařízením vlády č. 27/2003 Sb. Pro účely tohoto nařízení se výtahem rozumí každé zdvihací zařízení obsluhující různé výškové úrovně (patra nebo plošiny) s nosnou částí (klecí) pohybující se mezi vodičky. Vodička jsou pevná a odkloněná od vodorovné roviny v úhlu větším než je 15° . Pak jsou tato zařízení určena k přepravě osob, osob a nákladů nebo pouze nákladů, pokud je nosná část přístupná tak, že se na ni dá bez problémů vstoupit a je možné daný výtah ovládat ovládacím zařízením v dosahu obsluhy. Podle tohoto nařízení lze považovat za výtah i zdvihací zařízení, u kterých se nosná část nepohybuje mezi pevnými vodičky. [6]

Na tohle nařízení vlády se ale nevztahují na zdvihací zařízení, u kterých se rychlost pohybuje pod $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, na stavební výtahy, na lanové dráhy, na výtahy speciálně navržené pro policejní či vojenské účely, na důlní výtahy, na zdvihací zařízení v dopravních prostředcích a jevištích. [6]

Dle nařízení vlády č. 27/2003 Sb. je každý výrobce výtahu nebo bezpečnostních komponent povinen své výrobky označit značkou CE, čímž přebírá odpovědnost za konstrukci, výrobu, montáž a uvedení výtahu na trh a současně vydává ES prohlášení o shodě, jenž znamená, že je ve shodě s harmonizovanými českými technickými normami, případně se zahraničními technickými normami přejímajícími v členských státech Evropské unie harmonizované evropské normy. [6]

Označení CE vyjadřuje, že výtah či bezpečnostní komponent splňuje všechny technické požadavky stanovené ve všech právních předpisech, které se na ně vztahují. Značka CE musí být umístěna v každé výtahové kleci na viditelném místě. Za značkou CE musí být uvedeno identifikační číslo notifikované osoby (autorizované osoby – osoba provádějící odborné a technické zkoušky a inspekce). Pro zajištění bezpečnosti při práci s výtahem musí být v každé kabině umístěn návod na obsluhu v českém jazyce. [6]



Výtah nebo bezpečnostní komponenty mohou být uvedeny na trh a do provozu pouze za podmínek, že nezpůsobí ohrožení zdraví a bezpečnosti osob nebo majetku, jsou správně namontovány, udržovány a užívány v souladu s předpokládaným účelem. [6]

Při posuzování shody procházejí výtahy a bezpečnostní komponenty závěrečnou inspekci, při které dochází k posouzení dokumentace, zda se výtah uváděný do provozu shoduje s typovým výtahem, na něhož byl vydán certifikát. Dále je součástí závěrečné inspekce funkční zkouška nezatíženého a maximálně zatíženého výtahu, aby se ověřila správná montáž a funkce bezpečnostních zařízení (koncové vypínače, zajišťovací zařízení atd.). [6]

U výtahů je důležité dbát na bezpečnost při přepravě osob a provádět pravidelné provozní, servisní a odborné prohlídky. Norma ČSN 27 4002 byla vypracována speciálně pro provoz a servis výtahů. Tato norma klade požadavky na zajištění bezpečnosti provozu výtahů a uvádí termíny odborných prohlídek, které zjišťují technický stav výtahů. Cílem každé prohlídky je zjistit celkový stav všech součástí výtahu. Všechny části, u kterých jsou zjištěny defekty, musí být ihned vyměněny za nové (např. naprasklé lano). [2] [7] [9]

Při provozní prohlídce jsou kontrolovány viditelné části výtahu a ověřována jejich správná funkce. Výtah musí splňovat provozní způsobilost. U výtahů sloužících k přepravě osob tento typ prohlídky probíhá jednou za 2 týdny. [3] [7]

U odborné prohlídky se provádí technická prohlídka výtahu, kontrola funkčnosti bezpečnostních prvků, komponent a ostatních zařízení výtahu za účelem zjištění jejich momentálního stavu. U výtahů sloužících k přepravě osob se odborná prohlídka provádí každé 3 měsíce. [7] [11]

Odbornou zkoušku provádíme u výtahů každé 3 roky. [7] [11]

Kontrola bezpečnosti se vztahuje zejména na nosnou část výtahu, u níž je kontrolováno, zda konstrukce kabiny odpovídá stanovenému maximálnímu počtu přepravovaných osob a nosnosti. Je také prováděna kontrola závěsného a podpěrného zařízení, které zabraňuje pádu klece do šachty. Pro zajištění bezpečnosti při přepravě jsou rychlovýtahy opatřeny zařízeními omezujícími rychlost. Výtahy jsou také opatřeny speciálními zamezovači pohybu při přetížení kabiny. K výtahovému stroji nesmí mít přístup nikdo jiný, než pracovníci údržby. U ovládacích prvků je zjišťována funkčnost bezpečnostních tlačítek pro případ, že dojde k zaseknutí klece. [2] [6] [7]



2 HLAVNÍ ČÁSTI VÝTAHŮ

Mezi základní části výtahu patří nosné orgány, což jsou u výtahů ocelová lana nebo kloubové řetězy, na které je zavěšena klec a vyvažovací závaží. Nejdůležitější částí výtahu je výtahový stroj. Výtahový stroj je zdvihacím ústrojím výtahu a je umístěn ve strojovně. Výtahový stroj se skládá z hnacího elektromotoru, mechanického převodového ústrojí, stavicí brzd, rámu výtahového stroje, spojek, hřídelů, čepů, ložisek a lanového kotouče (trakční pohony) nebo drážkovaného navijecího bubnu (bubnový pohon) nebo hrani řetězové kladky (řetězový pohon). Mezi hlavní části výtahu bezpochyby patří klec. Je tvořena ocelovou kostrou, do níž je uložena kabina různého materiálového provedení. K ocelové kostře klece jsou připevněny zachycovače, vodící klece, závěs nosných orgánů a závěs a pohon kabinových dveří. Vyvažovací závaží slouží k vyvážení hmotnosti klece s kabinou a příslušenstvím a hmotnosti břemena. Závaží je vedeno pomocí vodítek buď ve stejné šachtě jako klec anebo v samostatné šachtě. [1] [4] [5]

2.1 VÝTAHOVÝ STROJ

Výtahový stroj je motorickým zdvihacím ústrojím výtahu. Mezi hlavní části výtahového stroje patří hnací elektromotor, převodový mechanismus, hnací lanový kotouč, mechanická brzda, spojky, ložiska, hřídele a rám výtahového stroje. [1]



Obr. 3 Bezpřevodový výtahový stroj [21]

2.1.1 ELEKTROMOTORY

Elektromotory slouží k pohonu výtahů. Jelikož na trhu existuje mnoho typů elektromotorů, je důležité vybrat ten správný pohon do určitého typu výtahu. Volba motoru je závislá na stávajícím rozvodu elektrické energie, dopravní rychlosti a pracovním režimu výtahu. [1]

Motory by měly splňovat tyto základní požadavky[1]:

- mít dostatečný záběrný moment
- motor musí být schopen pracovat v obou smyslech otáčení (jako motor a generátor)
- hřídel výtahového motoru musí být vyveden na obě strany, volný konec totiž je upraven pro nasazení ručního kola pro nouzový ruční pohon výtahu (pokud není nouzový režim zajištěn jinak)



- co nejtišší chod

Přehled používaných elektromotorů:

- Trojfázový asynchronní elektromotor

Motor s kotvou nakrátko používáme pro malé výkony, pro větší výkony motor s kotvou kroužkovou. Tandemový motor je složen jak z motoru s kotvou kroužkovou, tak i s kotvou nakrátko. Rotory se nachází na společném hřídeli, takže navenek tvoří celistvou jednotku. [5]

Motory s kotvou nakrátko jsou jednoduché konstrukce, mají malou hmotnost a poruchovost a nízkou cenu. Hlavním nedostatkem je velký záběrný proud a malý záběrný moment. [5]



Obr. 4 Trojfázový asynchronní motor [22]

- Stejnoseměrný elektromotor s cizím buzením

Motor nesmíme spouštět přímým připojením ke zdroji, protože by byl proud moc velký. Z tohoto důvodu využíváme spouštěče, jehož odpor sníží proud na přijatelnou hodnotu. [5]

- Leonardova skupina

U těchto motorů jsou rotory dynama a motoru navzájem propojeny. Motory mohou pracovat ve dvou pásmech. [5]

- Synchronní motory

Synchronní výtahové motory lze rozdělit podle koncepčního řešení na motory klasického uspořádání (s vnitřním rotorem) a motory s vnějším rotorem. Podle tepelných možností využití motoru je můžeme rozdělit na motory s cizí ventilací a motory bez ventilace. Z hlediska elektromagnetického obvodu je dělíme na motory extrémně krátké, motory štíhlé a motory klasického provedení. [10]



Obr. 5 Bezpřevodový synchronní motor [23]

Existují však různé typy jednotlivých provedení [10]:

- Diskové (ploché motory) – Umožňují zástavbu motoru bez nároku na strojovnu, což vede k velkým rozměrovým úsporám místa. Používají se především v obytných budovách a hotelech.
- Štíhlé motory – Využívají se v provedení s chlazením, aby měly co nejmenší průměr. Použití těchto motorů je pak u nižších až středních nosností. Patří momentálně k nejžádanějším motorům.
- Stroje klasické koncepce – Tyto výtahy používáme pro všechny kategorie nosností výtahů, jejich hlavní výhodou je nízký hluk, robustnost, vysoká tepelná odolnost při chlazení a vysoká spolehlivost. Nevýhodou těchto strojů jsou velké rozměry, protože je nutná přítomnost strojovny nad šachtou.

Výhody synchronních motorů proti asynchronním [10]:

- Velmi dobré dynamické vlastnosti
- Vysokou momentovou přetížitelnost
- Plynulá regulace od nulových do maximálních otáček
- Velmi dobrá účinnost
- Vysoká přesnost regulace
- Menší rozměry a hmotnost

V dnešní době už se skoro klasické asynchronní motory nepoužívají, protože synchronní motory mají podstatně vyšší účinnost. Vyšší účinnost má vliv na menší spotřebu elektrické energie. [2]

2.1.2 PŘEVODOVKA

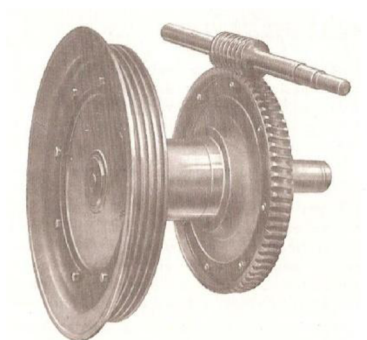
U osobních výtahů máme buď výtahy převodové, kde dochází k převodu pomocí převodovky nebo výtahy bezpřevodové.

Použití mechanického převodu mezi motorem a hnacím kotoučem používáme pouze u výtahů s nižší rychlostí. Mechanický převod je vždy složen ze šnekové převodové skříně, která je buď použita samostatně nebo v kombinaci s čelním ozubeným převodem nebo převodem klínovými řemeny. [4]



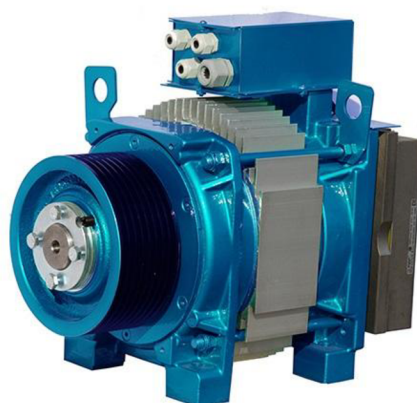
Šneková skříň je rozdělena horizontálně a je vyráběna se šnekem v horní poloze nebo v dolní poloze. Poloha šneku je závislá na rychlosti šneku. Šnek v horní poloze se používá u vyšších rychlostí. Šnek v dolní poloze je používán u nižších rychlostí, neboť při nižších rychlostech se mazivo, které promazává šnek, nedostane do takové výšky, v jaké by byl šnek v horní poloze umístěn. Tvar šneku je různé konstrukce. Obvykle máme šneky válcové, občas globoidní. Šneková kola jsou vždy globoidní. Šnek je vyroben z oceli obvyklých jakostí, následně je kalen a broušen. Za to věnec šnekového kola je vyroben z bronzu, náboj je pak vyroben z oceli. [4]

Hlavním předpokladem šnekového převodu je dosažení dokonalého mazání soukolí. Účelem mazání není jenom snížení opotřebení kluzných ploch, ale taktéž odvedení tepla, které při tření vzniká. Mazivo na ploškách vytváří olejový film, který nám tlumí rázy, vibrace a hluk při záběru soukolí. [5]



Obr. 6 Šnekový převod (šnek a šnekové kolo) [4]

Bezpřevodové pohony se skládají ze synchronního motoru s permanentními magnety. Výtahové stroje jsou dvojího typu a to s pevnou lanovnicí nebo s výměnnou lanovnicí. Pořizovací cena těchto pohonů je vyšší než u pohonů s převodovkou, ale zase z důvodu nižších otáček mají vyšší životnost. Výhodou bezpřevodových pohonů je úspora stavebních nákladů, nejméně dvojnásobná účinnost než u šnekových převodovek, vysoká přesnost regulace otáček a rychlosti pohybu klece a podstatné snížení hladiny hluku. Používají se pro vyšší jmenovité rychlosti. [4]



Obr. 7 Bezpřevodový výtahový stroj [24]



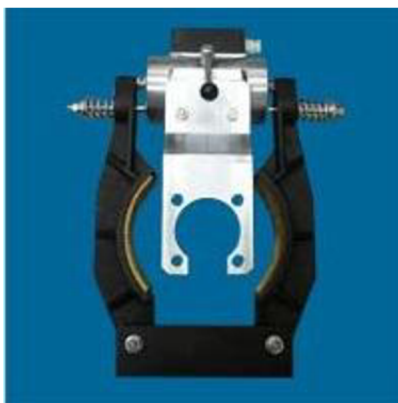
2.1.3 SPOJKY

U výtahů se využívá spojky pro spojení hnacího hřídele elektromotoru a vstupní hřídele převodovky. Používáme vždy pružnou spojku. Ta totiž umožňuje montáž i při malé nesouososti hřídelů motoru a šneku anebo malé natočení os obou hřídelů. Výhodou těchto spojek je to, že současně tlumí rázy při rozběhu. Někdy je součástí spojky i brzda. [1]

2.1.4 BRZDY

Brzdy jsou nedílnou součástí celého výtahu. U výtahů se dbá na dobré navržení brzdy. Jinak by totiž docházelo k opotřebení mezi součástmi a muselo by docházet k příliš častému seřizování brzd. Neseřizené brzdy jsou příčinou nepřesného zastavování kabiny v podlaží. Sevření brzdy probíhá mechanicky závažím nebo tlačnými pružinami. Odbrzdnění probíhá elektricky. [4]

U osobních výtahů používáme nejčastěji čelistové brzdy ovládané elektromagnetem. Poloha magnetu je vodorovná nebo svislá. Čelisti jsou pevně spojeny s hlavními pákami nebo jsou uloženy otočně na čepech. Čelisti jsou vybaveny brzdovým obložením. Výjimečně používáme brzdy pásové ovládané také elektromagnetem. Tyto brzdy jsou účinnější než brzdy čelistové, ale zase je zde namáhán hřídel brzdového kotouče na ohyb. [4]



Obr. 8 Dvojčinná čelistová brzda [25]

Při návrhu brzd je nutné počítat s tím, že výtah bude nějakou dobu v provozu a tím i brzdy budou „pracovat“. Tím dochází k jejich zahřívání. V rámci bezpečnosti nemůže dojít k přehřívání brzdového obložení. Teplo se jednak odvádí sáláním (do vzduchu) a také prouděním (do brzdového kotouče). [4]

2.1.5 RÁM VÝTAHOVÉHO STROJE

Rám je většinou vyroben jako jeden celek (odlévání) nebo z více dílů (svařen) z válcovaných profilů. Jednotlivé nosníky rámu výtahového stroje potom počítáme na ohyb. Při zavěšení vodiček na nosníky je potřeba k zatížení za normálního provozu počítat s účinky brzděné síly při zachycení klece (vyvažovacího závaží) zachycovacím ústrojím. [5]

2.1.6 HNACÍ LANOVÝ (TŘECÍ) KOTOUČ

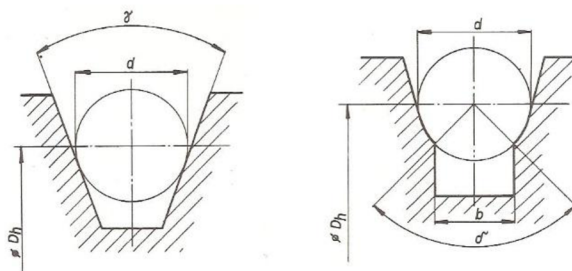
Přenos obvodové hnací síly z lanového kotouče na nosná lana probíhá výhradně třením. Životnost lan je závislá na průměru hnacího kotouče. Na lanovém kotouči jsou speciální drážky, do kterých nám zapadá nosný orgán (lano). Tyto drážky jsou po obvodu kotouče a



musí být vyrobeny velmi přesně a musíme je udržovat v dobrém stavu. Jinak může dojít k prokluzu některých lan a ke značenému opotřebení nosných orgánů a drážek. [1]

Existují tyto drážky[1]:

- Klínová drážka
- Klínová drážka se zářezem
- Polokruhová drážka
- Polokruhová drážka se zářezem



Obr. 9 Klínová drážka [5] Obr. 10 Polokruhová drážka se zářezem [5]

2.2 NOSNÉ ORGÁNY

Jako nosné orgány se u výtahů vyskytují ocelová lana a kloubové řetězy. Firma Otis Elevator Company před deseti lety vynalezla nový nosný orgán, kterým je ploché lano. [3] [12]

2.2.1 OCELOVÁ LANA

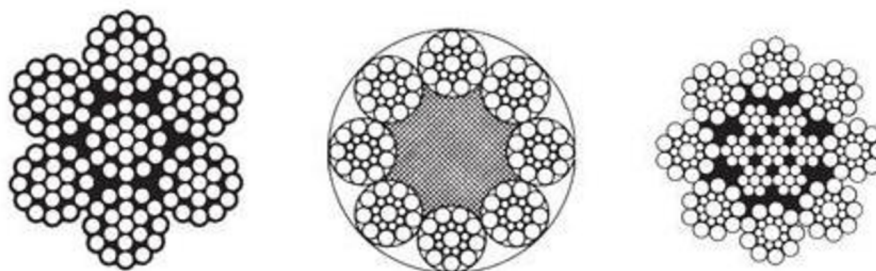
U výtahů využíváme šestipramenná ocelová lana, která jsou vyrobena ze speciálních drátů kruhového průřezu různých jmenovitých pevností. Ocelová lana jsou různých konstrukcí – konstrukce STANDARD a SEAL. Lana mají 6 nebo 8 pramenů po 19 drátech, celkem tedy mají 114 nebo 152 drátů a ocelovou nebo sisalovou duši. Z důvodu bezpečnosti při provozu nesmí být u výtahů nikdy lana nastavována. Lana upevněná ve stejném závěsu klece nebo vyvažovacího závaží musí být stejného průměr a konstrukce, ale nemusí mít stejné vinutí. Ocelová lana vždy upevňujeme v závěsu samostatně. Důležité je napnout lana ihned po instalaci a během následných revizních kontrol, aby se zabránilo nadměrnému opotřebení drážek a lan. [1] [3] [13]

Průřezy ocelových lan (obr. 11):

STANDARD (6x19 drátů)

SEAL (8x19 drátů)

SEAL (8x19 drátů)



Obr. 11 Druhy ocelových lan [13]

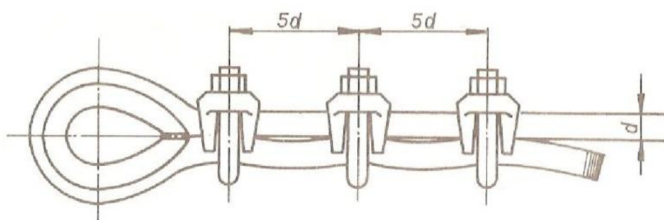


Pro osobní výtahy pro dopravu osob platí, že klec musí být vždy zavěšena nejméně na dvou lanech, které musí mít větší průměr než je 10 mm. U osobních výtahů s trakčním pohonem a pevným závěsem klece musí být klec zavěšena na třech lanech při nosnosti 320 kg, při vyšší hmotnosti je pak klec zavěšena na čtyřech lanech. U osobních výtahů s trakčním pohonem a vahadlovým závěsem stačí zavěšení klece pouze na dvou lanech do nosnosti 320 kg, protože vahadlový závěs zaručí rovnoměrné rozložení hmotnosti. [1]

Lana počítáme na tah od statického zatížení. Stanovená bezpečnost musí být větší nebo rovna koeficientu bezpečnosti v závislosti na druhu pohonu, výtahu a rychlosti lana. Bezpečnost lan pro osobní výtahy u bubnového pohonu je 9, pro výtahy s trakčním pohonem je 11 (do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), 13 ($1\text{-}2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a 14 (přes $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) dle různé rychlosti lan. [3]

Při bezpečnosti se klade důraz na životnost lan. U výtahů se totiž vyžaduje, aby se opotřebovaná a poškozená lana včas vyměnila, aby se předešlo náhlé tragické události. Hlavním kritériem posouzení lana, kdy je ho potřeba vyměnit a vyřadit z provozu, je počet viditelných zlomů drátů na určité délce lana. Přípustný počet zlomů drátů lana závisí na konstrukci lana. U protisměrných lan se zjišťují zlomy mnohem snadněji než u lan stejnosměrných. Lana stejnosměrná musíme vyměnit relativně dříve než lana protisměrná, protože není spletení tak pevné a přetržený drát je schopný nést plné zatížení až po čtyřech délkách vinutí lana. Kritický počet prasklých drátů nám udává norma, kdy je potřeba lano vyměnit. Dalšími aspekty pro vyřazení lana je značná koroze na některém místě lana, nápadné místní zúžení nebo jiná deformace. [1]

Konec ocelových lan je potřeba upevnit. Upevnění konců lan musí mít nejméně stejnou (ideálně vyšší) bezpečnost jako samotné lano. Lano upevňujeme např. klínovou objímkou s klínem nebo lanovými svorkami (obr. 12). [1]



Obr. 12 Upevnění lana v lanové svorce [5]

2.2.2 PLOCHÁ LANA

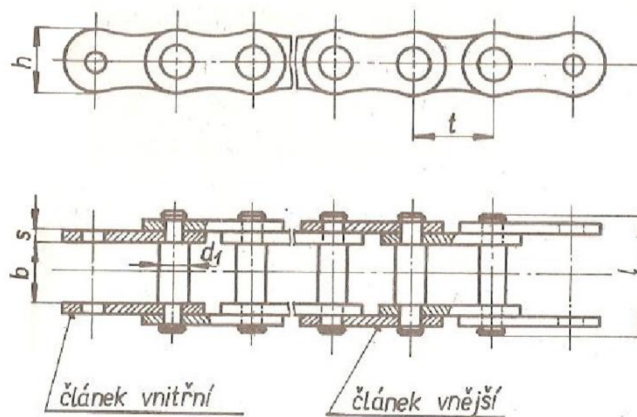
Tato technologie byla vynalezena a patentována firmou Otis Elevator Company. Existuje systém Gen2, který využívá ocelové pásy s polyuretanovým opláštěním – plochá lana. Ploché lano obsahuje 12 lanek obsahujících sedm pramenů se sedmi vlákny – celkem tedy 588 ocelových vláken. Tento systém nabízí vysoce efektivní a provozně nenáročnou řešení. Oproti ocelovým lanům mají tato lana mnohem klidnější chod, nízkou hlučnost a vibrace v kabině, také jsou mnohem lehčí než ocelová lana. Navíc mají 3x vyšší životnost, protože jsou více ohebná než ocelová lana. Díky plochým lanům vznikl systém výtahu, který je řešen jako kompaktní bezpřevodový stroj s motorem s permanentními magnety – tento typ výtahu nevyžaduje prostor pro strojevnu. [12]



Obr. 13 Ocelový pás s polyuretanovým opláštěním [12]

2.2.3 KLOUBOVÉ ŘETĚZY

Kloubové řetězy jako nosné orgány používáme jen u výtahů osobních oběžných (páternosterů) nebo u nákladních výtahů stolových (chodníkových). Jako kloubový řetěz nejčastěji používáme Gallovy řetězy. Výjimku tvoří výtahy oběžné, kde jsou používány speciální kloubové řetězy. Gallovův řetěz (obr. 14) je složený ze střídavě spojených vnějších a vnitřních článků, které jsou tvořeny vždy jedním čepem a příslušným počtem destiček. Řetězy dle normalizační komise tvoří destičky různých tvarů. Destičky vykrojené se používají u roztečí do 80 mm a destičky rovné se používají u roztečí nad 80 mm. Řetězy o roztečích nad 45 mm mají čepy opatřeny podložkami. K zajištění destiček proti axiálnímu posuvu na čepu se provádí roznýtování konce čepu, u řetězů s roztečemi nad 90 mm se používá závlaček jako pojistek proti posuvu. [4]



Obr. 14 Gallov řetěz [1]

Hlavní výhodou těchto řetězů je značná ohebnost a odolnost proti rázům. Hlavními nevýhodami jsou velké hmotnosti řetězů a jejich prodlužování vlivem opotřebení. Styková plocha destiček a čepů je poměrně malá a při působení značného tlaku při suchém tření dochází k rychlému opotřebení řetězu. Gallov řetěz nesmíme zatěžovat v příčném směru, neboť by tato skutečnost vedla k namáhání řetězu na ohyb. Tyto řetězy používáme pouze do maximální rychlosti 0,3 m.s-1. [4]

Namáhání řetězů počítáme pouze na tah, přičemž vypočítaná bezpečnost řetězů musí být minimálně 8 u všech druhů výtahů. [4]



U oběžných osobních výtahů se počítá s minimální bezpečností 3 vzhledem k mezi kluzu. [4]

2.3 VÝTAHOVÁ KLEC

2.3.1 KOSTRA KLECE

Kostra klece (obr. 15) výtahu je vyrobena z válcovaných ocelových profilů tvaru L nebo U. Jednotlivé části klece jsou spojeny buď rozebíratelně pomocí šroubů nebo nerozebíratelně svařováním. Klec musí být vedena po ocelových vodičkách v šachtě, aby nemohla opustit vymezený prostor. Na všech stranách kromě vstupních (nakládacích) otvorů musí být ohrazena buď plnými stěnami nebo drátěným pletivem z drátu s oky. Strop klece musí být konstruován tak, aby vydržel zatížení obsluhující osoby. Kromě dveří se na kostře může nacházet ještě uzavíratelný průřez na stropě a na bočních stěnách klece otvory pro mazání. [5]



Obr. 15 Pohled na výtahovou klec a dovnitř kabiny [26]

Klec výtahů pro dopravu osob

Výška klece musí být nejméně 2 metry. Strop klece musí chránit osoby uvnitř výtahu před předměty spadlými do šachty. U uzavřených klecí s plnými stěnami a dveřmi se musí na kleci nacházet větrací otvory. Přístupné větrací otvory do výšky do 2 metrů od podlahy musejí být zakrytovány. Vzdálenost mezi okrajem podlahy klece a okrajem nástupiště nesmí přesáhnout hodnotu 30 mm. [5]

Klec nemusí obsahovat dveře za těchto podmínek [5]:

- Jmenovitá dopravní rychlost není větší než $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (oběžné výtahy)
- Vzdálenost vnitřní stěny šachty od okraje podlahy klece není větší než 25 mm
- Ohrazení šachty na vstupních stranách je po celé výšce zdvihu tvořeno plnou stěnou
- Šachetní dveře tvoří souvislou plochu s vnitřní stěnou šachty

Ve všech ostatních případech musí být klec výtahu vybavena elektrickým zajištěním, které zabraňuje uvedení výtahu do chodu s otevřenými dveřmi. [5]



Konstrukce klece

Mezi základní části ocelové konstrukce klece patří závěsné nosníky, svislá táhla klece a rám podlahy. V horní části klece dochází ke spojení svislých táhel se závěsnými nosníky a v dolní části mezi táhly a rámem podlahy. Spojení jednotlivých částí je buď rozebíratelné pomocí šroubů nebo jako spoj nerozebíratelný, zhotovený pomocí svařování. Konstrukce klece musí být navržena tak, aby bez trvalých deformací snesla namáhání při normálním provozu výtahu i při zachycení klece na vodítkách zachycovacím ústrojím a při dosednutí klece na nárazníky. [1]

2.3.2 KABINA VÝTAHU S PŘÍSLUŠENSTVÍM

U osobních výtahů je kabina zpravidla montována z jednotlivých desek do rámu klece. Spojení jednotlivých desek je většinou tuhé, při vyšších rychlostech kabiny se často používá pružného spojení kabiny s ocelovou konstrukcí. Mezi částí kabiny a ocelovou konstrukcí vkládáme gumové podložky, které mají za úkol tlumit vibrace a jsou přenášeny z konstrukce na kabinu a i tedy na samotné osoby, které cestují uvnitř kabiny. Podlahy kabin u osobních výtahů jsou vyrobeny z různých materiálů např. z tvrdého dřeva nebo z laťovek. V dnešní době se vyrábějí podlahy kovové. V minulosti se na pokrytí podlahy nejčastěji používalo linoleum a PVC. V současné době z důvodu bezpečnosti jsou nejčastěji používány protiskluzové povrchy nebo guma. Boční stěny jsou vyrobeny buď ze dřeva anebo z kovu. Občas se objevují stěny vyrobené z bezpečnostního skla. Stěny se následně různě upravují nátěry nebo polepy dle přání zákazníka. Strop kabiny výtahu je většinou plechový nebo dřevěný. Uvnitř kabiny také nemůže chybět osvětlení (LED), větrací otvory, ovládací panel výtahu a různé doplňky (zrcadla, madla a sklápěcí sedátka). Podlaha kabiny výtahu musí být dostatečně velká a musí mít vhodný tvar, aby mohlo dojít k nástupu předepsaného počtu osob bez nežádoucího nepohodlí během jízdy. [4] [14]



Obr. 16 Moderně vybavená kabina výtahu [27]

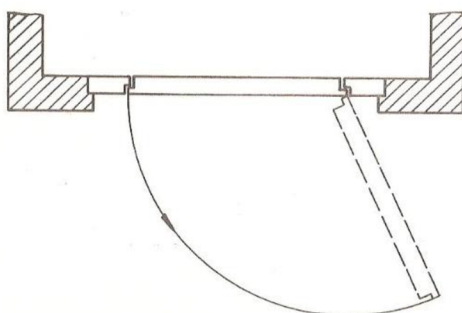


2.3.3 DVEŘE KABIN A ŠACHET

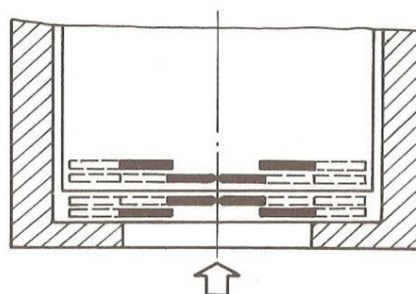
Typ kabinových a i šachetních dveří závisí na nosnosti i druhu výtahu. Z ekonomického hlediska se snažíme dosáhnout toho, aby čas na otevření a zavření výtahu byl co nejmenší. Navíc u osobních výtahů s větší nosností je lepší, když jsou dveře širší, protože umožňují současný výstup i nástup osob. Současný nástup i výstup osob je možný při světlé šířce dveří přibližně od 1 100 mm. [1]

Základní typy kabinových a šachetních dveří [1]:

- 1) Otočné
 - a) Jednokřídlé (obr. 17)
 - b) Dvoukřídlé
- 2) Vodorovně posuvné
 - a) Jednostranné
 - b) Jednostranné dvoudílné
 - c) Oboustranné dvoudílné
 - d) Oboustranné čtyřdílné (obr. 18)
 - e) Článekové
- 3) Vodorovně sesunovací
 - a) Nůžkové
 - b) Skládané
 - c) Svisle posuvné



Obr. 17 Jednokřídlé otočné [4]



Obr. 18 Oboustranné čtyřdílné, posuvné [4]

Otočné dveře se nejčastěji používají v obytných domech o menším počtu podlaží, kde není až tak velká hustota provozu, tedy nezáleží na času pro nástup i výstup osob. Čas potřebný k otevření otočných dveří je vyšší než u posuvných, zejména, je-li otočnými dveřmi vybavena nejen šachta, ale i kabina výtahu. Pohyby šachetních a kabinových dveří jsou navzájem nezávislé, dveře se totiž otevírají a zavírají postupně. [1]

Vodorovně posuvné dveře jsou dnes nejčastěji používaným typem dveří u osobních výtahů. Čas potřebný k uzavření posuvných dveří závisí na jejich typu, hmotnosti a světlé šířce. Rychlost dveří během zavírání nemůže být libovolně velká z důvodu možnosti výskytu překážky v prostoru dveří. Při eventuálním najetí dveří na překážku totiž nemůžeme dveřmi působit moc velkou silou. Na dveřích je namontováno bezpečnostní zařízení, které při nárazu dveří do překážky ihned dveře zastaví a následně se dveře samy otevrou. V minulosti se hodně používaly dveře jednostranné všech provedení, ale z důvodu velké konstrukční hloubky

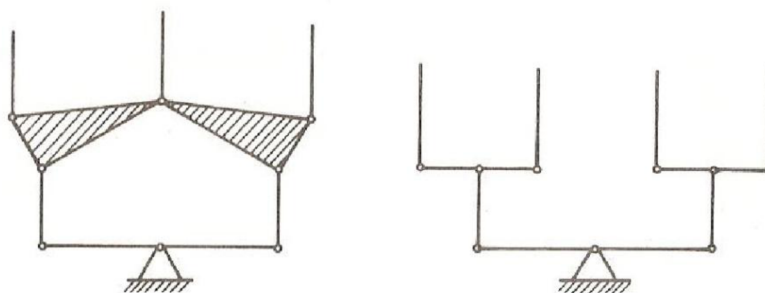


jsou dnes nahrazovány dveřmi s centrálním ovládním. Ty v dnešní době můžeme najít téměř u všech výtahů pro dopravu osob. [1]

Vodorovně posuvné dveře jsou pomocí vodících kladek zavěšeny na vodorovné jízdni dráze, uchycené k ocelové konstrukci klece u dveří kabinových nebo zakotvené v šachtě u dveří šachetních. Pohon vodorovných dveří je elektrický. Umístění hnací jednotky závisí na tom, zda-li jsou kabinové či šachetní dveře ovládný současně. Hnací jednotka se v tomto případě nachází na střeše kabiny. [1]

2.3.4 ZÁVĚS KLECE A VYVAŽOVACÍHO ZÁVAŽÍ

Závěs klece je zařízení, jehož prostřednictvím jsou klec nebo vyvažovací závaží upevněny k nosným orgánům. Nosné orgány musí být v závěsu upevněny samostatně. Závěsy dělíme podle konstrukce do těchto kategorií: pevné, vahadlové a pružinové. Důležité je, aby zatížení všech nosných orgánů bylo v závěsu rovnoměrné. Toho však můžeme docílit jenom u vahadlového závěsu (obr. 19). Pro výtahy větších nosností požadujeme více nosných lan. Vahadlové závěsy pro více nosných lan jsou značně složité. [4]



Obr. 19 Vahadlový závěs pro 3 a 4 nosná lana [4]

Každý výtah musí mít závěsový spínač, který vypíná řídicí obvod a tím dojde k zastavení výtahového stroje při nějaké „pohromě“ např. při nadměrném prodloužení, uvolnění nebo přetržení jakéhokoliv nosného orgánu. [4]

2.3.5 VEDENÍ KLECE A VYVAŽOVACÍHO ZÁVAŽÍ

Klec i vyvažovací závaží jsou vedeny po ocelových vodičkách, které se nacházejí uvnitř výtahové šachty. Existují dva druhy vedení – kluzné nebo valivé. [5]

2.4 VYVAŽOVACÍ ZÁVAŽÍ

Vyvažovací závaží je složeno z jednoho nebo častěji z více navzájem spojených částí. Vyvažovací závaží musí být vedeno pomocí vodiček. Závaží se pohybuje buď v šachtě, kde se nachází klec anebo v odděleném prostoru. Nachází-li se pod závažím místnosti, musí mít závaží nainstalováno zachytávače. Na konci dráhy se nachází pevná narážka pro případné dosednutí závaží nebo nárazník. [1]

Závaží je vyrobeno z litinových nebo betonových kvádrů, které jsou staženy ocelovými táhly, jejichž prostřednictvím jsou kvádry zavěšeny na příčniku se závěsem závaží. [1]

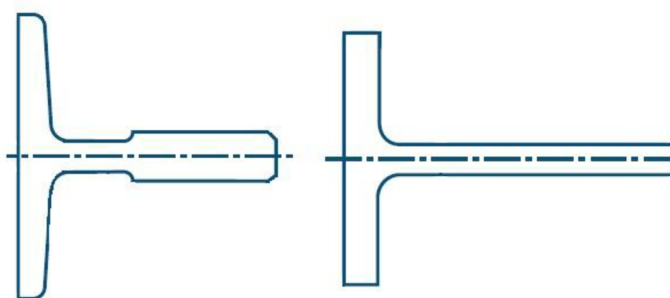
Vodička vyvažovacího závaží mají nejčastěji stejný průřez jako použitá vodička klece. Vodička mají nejčastěji průřez obdélníku nebo kruhu (závaží není vybaveno zachycovači). [1]



2.5 VODÍTKA KLECE A VYVAŽOVACÍHO ZÁVAŽÍ

Klec výtahu a vyvažovací závaží jsou vedeny pomocí ocelových vodítek, které se nacházejí ve výtahové šachtě. Vodítka nám musí zabránit kývání klece (vyvažovacího závaží). Vodítka musí být tak dlouhá, aby je klec výtahu ani vyvažovací závaží nemohly nikdy opustit. Pevné uložení vodítek je možné pouze u ocelové konstrukce šachty. U zděných a betonových šachet se dělají pohyblivá vodítka, která mají možnost se posouvat ve svislém směru. [4]

Vodítka mají v průřezu tvar speciálně upraveného T-profilu. Vodítka jsou vyrobena z oceli s minimální pevností 370 MPa. Dále jsou vodítka různě upravována, kdy jsou vodítka s T-profilem vyztužena U-profilem pro lepší pevnost. [4]



Obr. 20 Tvary vodítek [28]

U vodítek je důležité dodržet, aby byla dokonale rovná a jejich vzájemná vzdálenost byla po celé délce zdvihu dodržena s maximálně možnou přesností. Nerovná vodítka způsobená nepřesnou montáží a drsným povrchem aktivních částí mají za následek neklidný chod a vibrace klece (vyvažovacího závaží). Dochází ke vzniku dynamických sil během zdvihu, které zatěžují hnací elektromotor. Tyto faktory nám dále působí na všechny pohyblivé části výtahů, které díky tomu mají kratší životnost. U kluzného vedení klece se musí vodítka dobře mazat, aby odpor proti pohybu a opotřebení součástí byl co nejmenší a tím byla zvýšena životnost všech součástí. [4]

2.6 ZACHYCOVAČE

Zachycovače jsou mechanická zařízení, která jsou upevněna k ocelové konstrukci klece nebo vyvažovacího závaží. Slouží k zachycení klece (vyvažovacího závaží), dojde-li k přetržení nosných orgánů nebo k překročení dopravní rychlosti přes mez při pohybu kabiny výtahu směrem dolů. Zachycovače musí být namontovány ve všech výtazích pro dopravu osob a jsou zavěšeny na nosných orgánech z lan nebo kloubových řetězů. Zachycovače musí začít působit ihned po přetržení všech nosných orgánů. [1]

Zachycovače se na výtahu nachází pod rámem podlahy klece. Jsou navrženy tak, aby působily zároveň na obě vodítka. Zachycovače musí být dobře přístupné, aby se u nich mohla provádět jejich kontrola a případná údržba. [1]

Existují dvě velké skupiny zachycovačů. První skupinou jsou zachycovače samosvorné (klínové, výstředníkové a válečkové), které zastaví klec (závaží) na velmi krátké dráze pomocí klínů, výstředníků nebo válečků na vodítkách. Dojde k tomu, že kinetická energie klece (závaží) se zčásti mění na teplo v důsledku tření zachycovačů na vodítkách a zčásti na deformační práci v důsledku pružné deformace vodítek a ocelové konstrukce klece (závaží).



Druhou skupinou jsou zachycovače klouzavé (různých typů), které zastaví klec (závaží) na delší dráze vlivem tření o vodítka. Tyto klouzavé zachycovače používáme u výtahů pro jmenovitou dopravní rychlost nad $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zachycovače můžeme také rozdělit na obousměrné a jednosměrné (pouze u hydraulických výtahů s lanovým převodem). [1] [29]



Obr. 21 Jedsměrný válečkový zachycovač [29]

2.7 NÁRAZNÍKY

Nárazníky se nachází ve spodní části šachty pod klecí (vyvažovacím závažím). Zde se nachází většinou jen jeden nárazník s osou rovnoběžnou se směrem pohybu. Volba nárazníku je závislá na jmenovité dopravní rychlosti výtahu. Do rychlosti $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se používají pevné (polyuretanové) nárazníky, které jsou ze dřeva nebo gumy. [5]



Obr. 22 Pevný nárazník [30]

Pružinové nárazníky používáme do maximální rychlosti do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro jmenovité rychlosti nad $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ používáme nárazníky hydraulické. [5]



Obr. 23 Hydraulický nárazník [31]



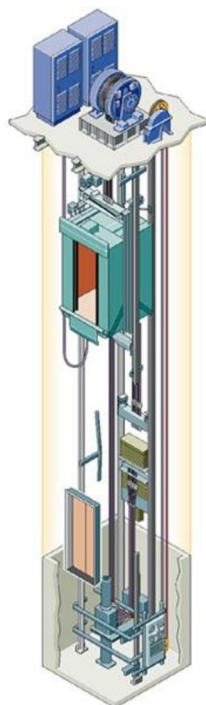
3 POHONY VÝTAHŮ

3.1 TRAKČNÍ POHON

Jedná se o skupinu výtahů, kdy pohon spočívá v tření mezi nosnými ocelovými lany a drážkami třecího kotouče výtahového stroje. Přenos hnací obvodové síly z kotouče na nosná lana je uskutečněn výhradně třením. Strojovna se u těchto výtahů může nacházet v samostatně odděleném prostoru (klasická uzavřená strojovna) nebo je součástí jednoho prostoru s výtahovou šachtou – a to nad nebo pod či vedle šachty. U trakčních pohonů existují převodové i bezpřevodové pohony. [3]

Mezi výhody těchto pohonů patří výborný poměr spotřebované energie k nosnosti klece, pohon vykazuje nízké provozní náklady na provoz i servis. Trakční pohon také má vysokou životnost. Nevýhodou těchto pohonů je potřeba vyvažovací závaží, které nám zabírá prostor ve výtahové šachtě. Z tohoto důvodu musíme pro tyto výtahy šachty vyrábět o větších rozměrech. U těchto výtahů dochází k prokluzu, takže lana se opotřebovávají otěrem. [3] [11]

V současné době je nejpoužívanějším způsobem trakčních pohonů ten bezpřevodový. U něho je hlavní výhodou to, že tyto výtahy spotřebovávají málo elektrické energie, je u nich velmi tichý provoz a při výstavbě nového výtahu není potřeba budovat strojovnu výtahu. Navíc výtahy s velkým maximálním zdvihem dosahují velmi vysoké rychlosti, takže kabina se ve vysokých budovách (mrakodrapech) pohybuje rychle a efektivně. [3]



Obr. 24 Trakční výtah se strojovnou nahoře [32]

3.2 BUBNOVÝ POHON

U bubnového pohonu se nejčastěji využívá lanového bubnu. Při použití lanového bubnu jsou jedny konce nosných a vyvažovacích závaží kotveny na bubnu a druhé v závěsu klece, respektive ve vyvažovacím závaží. Při návinu jedné soustavy na buben dochází k navíjení soustavy v jednom smyslu otáčení. Druhá soustava se pak navíjí v opačném smyslu otáčení.



Navíjí-li se jedna soustava na buben, zároveň dochází k odvíjení druhé soustavy. Buben musí mít drážkování po svém obvodu s ohledem na samotnou životnost lana a jeho vedení na bubnu. Při pohybu je lano navíjeno pouze v jedné vrstvě do drážek na bubnu. Tvar drážek je půlkruhový a jejich poloměr je dán velikostí lana. Drážky jsou na bubnu vysoustruženy v jednom smyslu stoupání drážky po celé délce bubnu. Rozměry drážkované části bubnu jsou normalizovány dle tabulek. Plášť bubnu je namáhán ohybem, krutem a vnějším přetlakem. [4] [16]



Obr. 25 Buben s navíjeným lanem [33]

Hlavní nevýhodou tohoto pohonu je to, že délka lanového bubnu roste s rostoucím zdvihem. V praxi se používá tento pohon do zdvihu asi 30 metrů. Délka bubnu je také přímo úměrná počtu nosných lan, proto se bubnový pohon nepoužívá u příliš velkých zatížení. Délka bubnu se dá podstatně zkrátit tím, že kotvení lan je výhodné provést na konci bubnu, aby obě soustavy lan byly navíjeny do stejných drážek. Pohon se používá maximálně pro tři nosná lana. Proti trakčnímu pohonu mají tyto výtahy nárůst spotřeby energie asi o 40%, navíc jsou hlučnější. [4] [15]

Výtahy s bubnovým pohonem jsou vhodné spíše do starých zástaveb, kde šachty nedovolují instalaci dostatečně velké kabiny pro kočárky a invalidní vozíky. Kvůli malým zdvihům jsou vhodné také do panelových domů o menším počtu podlaží. [15]

U bubnového pohonu je umístění výtahového stroje nad výtahovou šachtou nevýhodné. Při použití vyvažovacího závaží díky axiálnímu posuvu na lanovém bubnu při navíjení vzniká boční síla při vedení klece. Proto je výhodnější používat vodící kladky, které musí mít větší rozteč mezi bubnem a kladkou. Z tohoto důvodu je nejvýhodnější umístění výtahového stroje v dolní poloze. [4]

3.3 ŘETĚZOVÝ POHON

Řetězový pohon se uskutečňuje záběrem zubů hnací kladky a čepy řetězu. Řetězové kladky pro menší řetězy bývají nejčastěji vyrobeny z litiny (422424), a pro větší řetězy z lité oceli. Důležitým rozměrem řetězové kladky je roztečný průměr řetězky. [1]

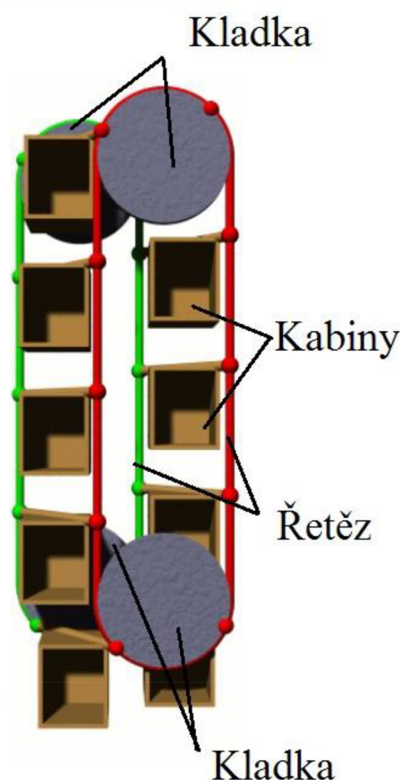
Hnací řetězku je nutno konstruovat tak, aby její počet zubů byl co největší, aby dynamická síla v řetězu rezultující ze změny okamžité rychlosti řetězu při přechodu přes hnací řetězku, byla co nejmenší a aby byl největší počet zubů v záběru. Tento požadavek je však hodně



složité splnit, protože s rostoucím počtem zubů rychle vzrůstá průměr hnací řetězky a převod. Minimální počet zubů u řetězky je 7. [1]

Řetězový pohon u výtahů používáme pro malé zdvihy a dopravní rychlosti. [15]

Hlavním příkladem výtahu s řetězovým pohonem je oběžný výtah zvaný páternoster. Tento oběžný výtah slouží ke kontinuální dopravě osob převážně v budovách, kde je velký pohyb osob. Výtah je složen z řady kabin, které jsou ve dvou místech kyvně spojeny kloubovými řetězy, které zde tvoří nosné orgány výtahu. Kabiny mají mezi sebou určité rozestupy. K pohonu používáme trojfázový asynchronní elektromotor, který přes převodovou skříň a pastorek pohání uložené hnací řetězové kladky. Ve spodní části šachty musí dojít k napínání nosných řetězů. Rychlost tohoto výtahu je poměrně nízká, z tohoto důvodu je jízdni čas cestujících dlouhý, ale vzhledem k tomu, že výtah funguje nepřetržitě, tak dochází k převozu velkého množství osob. Použití tohoto výtahu je vhodné tam, kde se pohybuje dost lidí (např. úřady, pošty). V tomto výtahu je zakázáno převážet kočárky, [7]



Obr. 26 Schéma principu páternoteru [2]

3.4 HYDRAULICKÝ POHON

Výtahy s hydraulickým pohonem byly na přelomu 19. století nejrozšířenějším typem výtahů. Pracovním médiem těchto výtahů byla tlaková voda. Po vynalezení trakčního pohonu jsou stále více a více tyto výtahy vytlačovány výtahy s trakčním pohonem. Kolem poloviny 20. století se znovu hydraulické výtahy objevují. Jejich hlavní užití je pro vertikální dopravu osob v budovách o dvou až šesti podlažích. Jako pracovní kapalina se používá olej. [5]



Hydraulické výtahy mají mnoho výhod. Největší předností je možnost plynulé regulace rychlosti a přesný dojezd kabiny do podlaží bez ohledu na zatížení kabiny výtahu. Mezi další výhody tohoto výtahu je možno zařadit i to, že výtahová šachta má menší půdorysné rozměry z toho důvodu, že se tady nevyskytuje vyvažovací závaží. Při přímém pohonu kabiny pístem je nutno používat zachycovače. [5]

Hlavní nevýhodou tohoto výtahu je to, že se nesmí výtahy používat v drsných podmínkách, a to v prašném a agresivním prostředí v tepelných elektrárnách, chemických závodech nebo v průmyslu stavebních hmot. Navíc nelze tyto výtahy použít pro velké zdvihy (maximální zdvih do 30 metrů). Také rychlost u těchto výtahů není nijak závratná (max. $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). [5] [18]

Hydraulické výtahy oproti trakčním výtahům mají nižší náklady na instalaci, větší flexibilitu v poloze strojovny (může být v kterémkoliv patře, u některých typů není vůbec), mají větší nosnost, nejsou hlučné, protože hydraulická jednotka pracuje pouze při pohybu vzhůru. Navíc mají menší poruchovost z důvodu, že mají méně elektronických součástí. [17]



Obr. 27 Hydraulický výtah [34]

3.4.1 PŘÍMÝ POHON KABINY PLUNŽREM

Přímý pohon kabiny plunžrem je konstrukčně nejjednodušší a nejčastěji používaný typ výtahu s hydraulickým pohonem. Hydraulický válec je zapuštěn do dna šachty do hloubky, která odpovídá výšce zdvihu. Válec je vyroben z trubky, kdy je jeden konec válce zavařen a druhý konec je opatřen víkem s vedením pro plunžr. Válec je potřeba dobře izolovat proti vlhkosti a uložit ho na dně šachty tak, aby při případném úniku oleje z hydraulického válce bylo



zabráněno k jeho prosakování do půdy. Při uložení je nutno dbát na to, aby bylo možno při revizi válec vyjmout. [5]

System přímého pohonu vznikl v USA, kde se využilo dokonalé vrtné soupravy pro hloubení otvoru pro válec. [5]

3.4.2 PŘÍMÝ POHON S POUŽITÍM TELESKOPICKÉ PÍSTNICE

Použití teleskopické pístnice umožňuje podstatně menší hloubku otvoru vrtaného do dna šachty pro uložení válce, případně umožňuje uložit válec na dně šachty. Pístnice s postupným vysouváním jednotlivých sekcí různými rychlostmi není pro použití u výtahů moc vhodná, protože při přechodech dochází k rázům, které kromě špatného vlivu na převážené osoby mají vliv i na mechanické poškození zařízení výtahu. Celkově je však možné konstatovat, že válce s teleskopickými pístnicemi jsou mnohem dražší než v předchozím případě a dokonalé utěsnění systému představuje dost obtížný problém. Proto se tento typ výtahu na trhu moc neujal a už se spíše nepoužívá. Příkladem je hydraulický válec s dvoustupňovou pístnicí od německé firmy, který se používá u výtahů pro zdvih až 14 metrů. [5]

3.4.3 PŘÍMÝ POHON KABINY PLUNŽREM S HYDRAULICKÝM VÁLCEM VEDLE KLECE

U tohoto pohonu je hlavní výhodou to, že montáž hydraulického válce probíhá přímo ve výtahové šachtě, proto nemusíme vrtat otvor pro válec. Občas se ale musí vyvrtat jen velmi mělký otvor. Z důvodu malého či žádného vrtání je tento systém dobré použít u starých dříve postavených budov, kde je nejasné podloží. Na horní straně klece dochází k připojení plunžru. [5]

Hlavní nevýhodou tohoto systému je to, že je ho možné použít pouze pro malé zdvihy – přibližně 2-3 podlaží a nutnost trvale zachycovat značný klopný moment břemene vodítka klece. Půdorysné rozměry výtahové šachty jsou o trochu větší než v předchozích případech. Pro výtahy o větší nosnosti se používá dvou hydraulických válců, aby došlo k eliminaci klopného momentu, který nám při práci výtahu vzniká. Také se snažíme tímto způsobem snížit jízdní odpor zmenšením smykového tření na vodítkách výtahu. [5]

3.4.4 NEPŘÍMÝ POHON S KOMBINACÍ HYDRAULICKÉHO VÁLCE A PŘEVODU

Jedno z možných uspořádání se skládá tak, že píst hydraulického válce, který je uložený ve vodorovné nebo svislé poloze, působí na kabinu prostřednictvím lanového systému. Přestože v USA se využívá jenom výjimečně (výtahy na lodích k dopravě letadel na palubu), tak v Evropě se tento typ značně rozšířil. Pro uložení válce v šachtě není potřeba hloubit otvor. Délka hydraulického válce odpovídá přibližně polovině výšky zdvihu. Vzniklý klopný moment musí být zachycen vodítky a účinek momentu musí být přenesen na budovu, kde výtah pracuje. Řetězy jsou zpravidla pouzdrové s větším počtem lamel (většinou 10) s bezpečností k mezi pevnosti 10. Tlak oleje se pohybuje do 7 MPa, obsah oleje je mnohem nižší než u systému s přímým pohonem kabiny plunžrem. Hlavní nevýhodou tohoto systému je použití zachycovače, při použití lan relativní tichost, při použití řetězů větší hlučnost. [5]

Nejčastěji se používají dva hydraulické válce umístěné na krajích kabiny ve vertikální poloze. U řetězového pohonu jsou plunžry opatřeny na horním konci řetězovými kladkami, přes které jsou vedeny řetězy k dolnímu závěsu kabiny. Druhé konce řetězů jsou upevněny na plášti válce. [5]

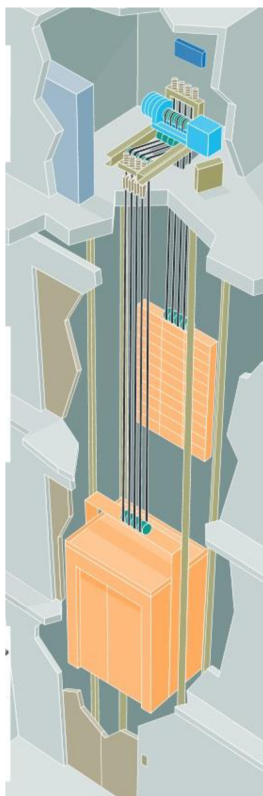


Dalším možným provedením je jeden hydraulický válec s plunžrem, který působí na vodorovnou traverzu se dvěma řetězovými kladkami, takže kabina visí na dvou řetězech. [5]

3.5 GEN2 POHON

Vynálezcem tohoto pohonu je firma Otis Elevator Company. Gen2 pohon se vyznačuje tím, že je vhodné ho použít tam, kde není možné ani účelné budovat strojovny. Tento pohon se liší od předchozích pohonů v tom, že je poháněn pomocí plochých lan v polyuretanovém pouzdře. Díky plochým lanům bylo možné implementovat úplně nový systém výtahového pohonu. Pohon je vyřešen jako kompletní bezpřevodový stroj s motorem s permanentními magnety. Pohon se nachází v horní části šachty a přistupuje se k němu ze stropu kabiny. [35]

Hlavní výhodou tohoto pohonu je to, že je mnohem energeticky účinnější než u výtahů s klasickým pohonem. Jelikož zde není použita žádná převodovka, nevzniká potřeba jakéhokoliv mazání. Je tedy i ekologický. Frekvenční měnič má významný vliv na vysoký komfort jízdy. Mezi další výhody patří tichý a plynulý chod způsobený použitím plochých lan. Navíc tyto výtahy je možno během krátké doby namontovat do objektů. [35] [36]



Obr. 28 Výtah s plochými lany [36]

Další vývojovou novinkou společnosti Otis Elevator Company je výtah Gen2 Switch, který se může za pár let značně rozšířit. Jedná se o výtah, který nepotřebuje trojfázový proud 400 V jako ostatní výtahy Gen2, ale stačí mu pouze jednofázový proud 230 V. Navíc tento výtah může být napájen pomocí solárních panelů. Je tedy hodně ekologický. Součástí výtahu je akumulátor (baterie), a proto při výpadku proudu je výtah schopen i nadále fungovat i bez zapojení do elektrické sítě. Je tak zabráněno nebezpečí uvíznutí ve výtahu způsobené výpadkem elektrického proudu. Tak jako ostatní výtahy Gen2 i tento výtah je poháněn pomocí plochých lan. [37]



Obr. 29 Gen2 Výtah na 230 V [37]



4 ANALÝZA ZDVIHOVÝCH MECHANISMŮ

4.1 POROVNÁNÍ TRAKČNÍHO POHONU S HYDRAULICKÝM POHONEM

V následující kapitole porovnávám trakční pohon s pohonem hydraulickým z hlediska několika aspektů.

Trakční pohon [3] [11] [29]:

- Má nízké provozní a servisní náklady
- Používáme vyvažovací závaží a tím dochází ke zmenšení prostoru v šachtě
- Dopravní rychlost je $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a vyšší
- Používáme pro malé i vyšší zdvihací výšky s různým počtem podlaží
- Účinnost záleží na typu výtahového stroje – pohybuje se mezi 50-65 %
- Některé výtahy mají strojovnu (v hlavně, patě nebo nad šachtou), jiné nemají (bezpřevodové výtahy)
- Nosnost výtahů je nižší než u hydraulických
- Výborný poměr spotřebované energie
- Poruchovost je vyšší, objevuje se zde více elektronických součástek
- Konstrukce pohonu je komplikovanější, je složen z mnoha dílů, navíc se zde vyskytují rotující části
- Dochází k prokluzu lan
- Použití v obytných domech, školách, moderních budovách, obchodních centrech a mrakodrapech

Hydraulický pohon [5] [7] [18] [38]:

- Vysoké náklady na provoz (provozní kapalina) a servis
- Velká spotřeba energie (spotřeba energie při cestě nahoru, tak i dolů)
- Nemají vyvažovací závaží (menší šachta)
- Dopravní rychlost se pohybuje od $0,1 - 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (většinou je rychlost okolo $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- Můžeme plynule regulovat rychlost
- Používáme pro menší zdvihací výšky (zdvih max. 22 metrů), vhodné pro 2-8 podlaží
- Účinnost se pohybuje okolo 60 %
- Výtahy mají malý požadavek na prostor, protože nemají strojovnu, píst je zabudován ve dně šachty, stačí najít místo u výtahu na provozní kapalinu
- Nosnost je poměrně vysoká
- Poruchovost výtahů je nižší, protože nemají elektronické součástky
- Konstrukce je jednoduchá, skládá se pouze z několika dílů
- Používají se jak v rodinných, tak i v bytových domech nebo ve veřejných budovách

Z předchozích bodů je patrné, že účinnosti trakčního a hydraulického stroje jsou přibližně stejné. Nejmenší účinnost se pohybuje u klasického trakčního výtahu (50%), u bezpřevodových strojů lze dosáhnout účinnosti až 65%.

Za prostorově úspornější výtahy se dají považovat hydraulické, protože se u nich nevyskytuje žádné vyvažovací závaží. Tedy při stejně velké kabině u trakčního a hydraulického výtahu



můžeme mít u hydraulického výtahu mnohem menší šachtu. Navíc u některých typů výtahu s trakčním pohonem potřebujeme najít místo na strojovnu (ať nahoře nebo dole). U hydraulických výtahů strojovna není, stačí nám najít malé místo na provozní kapalinu v kterémkoliv podlaží.

Z hlediska efektivity se spíše hodí trakční pohony, protože mají dopravní rychlost rapidně vyšší a tím přepraví osoby mnohem rychleji. Trakční pohony se používají jak pro menší stavby, tak i pro stavby o vyšším počtu podlaží (záleží na typu trakčního výtahu). U hydraulických výtahů jsme omezeni délkou pístu, takže zdvih může být maximálně do 22 metrů.

Ze srovnání vyplývá, že náklady na provoz a údržbu jsou u hydraulických pohonů vyšší, než u trakčních, jelikož je potřeba doplňovat provozní kapaliny, avšak trakční pohony jsou složeny z více elektronických součástí, proto jsou více poruchové.

4.2 POROVNÁNÍ RŮZNÝCH TYPŮ TRAKČNÍHO POHONU

V následujících odstavcích budu porovnávat trakční pohony různých konstrukcí. V porovnávání se zaměřím na klasický převodový stroj složený z motoru a šnekové převodovky, na výtahový stroj s navíjecím bubnem a na výtahový stroj uvnitř šachty.

Klasický převodový stroj [5] [38]:

- Jeho pořizovací cena je nízká
- Stroj má vyšší spotřebu elektrické energie
- U těchto strojů je nutné mít vyvažovací závaží
- Dochází k vyšší hlučnosti při záběru kol
- Frekvenční měniče u těchto motorů nepoužíváme
- Tyto typy výtahů mají strojovnu
- Dopravní rychlost je nižší (do $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- Z důvodu nutného použití vyvažovacího závaží musíme mít větší rozměr šachty
- Motor a převodovka nezabírají mnoho místa
- Účinnost těchto výtahových strojů se pohybuje okolo 50-55%
- Používají se u panelových nebo bytových domů s nižším počtem podlaží, mají také uplatnění v průmyslu

Stroj s navíjecím bubnem [4] [15] [16] [29] [38]:

- U těchto strojů je větší spotřeba energie
- Tyto výtahy nevyžadují vyvažovací závaží, protože nosný orgán (lano) se navíjí na buben
- Při chodu stroje je vyšší hlučnost během točení bubnu a navíjení nosného orgánu
- Součástí motoru je frekvenční měnič, který zaručí plynulý chod a kvalitní rozjezd a dojezd kabiny výtahu
- Mají strojovnu
- Dopravní rychlost je vyšší
- Podle velikosti bubnu se odvíjí, jak jsou prostorné, navíc potřebují strojovnu
- Účinnost výtahových strojů je okolo 60%
- Používají se pouze pro nižší budovy a malé nosnosti



- Nižší provozní náklady u výtahů do 320 kg, u výtahů s vyšší nosností rapidně stoupají náklady

Výtahový stroj uvnitř šachty [5] [15] [29] [33]:

- Nižší spotřeba energie (snížení záběrových proudů)
- U výtahů se vyskytuje vyvažovací závaží
- Výtahové stroje mají tišší chod motoru
- Mají frekvenční měniče, které způsobují plynulý chod, kvalitní rozjezd a dojezd kabiny výtahu
- Nemají strojovnu
- Dopravní rychlosti jsou vyšší (nad $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- Zabírají méně místa, protože se výtahové stroje nacházejí uvnitř šachty, a tedy nemusíme stavět strojovnu
- Účinnost se pohybuje mezi 60-65%
- Typické použití pro 4, 6 a 8 osob, ideální použití pro menší domy nebo v obchodních centrech
- Nižší provozní náklady z důvodu malé spotřeby energie

Při srovnání různých typů výtahových strojů s trakčním pohonem z hlediska účinnosti jsem došel k závěru, že mají účinnost přibližně stejnou. Nejmenší účinnost se pohybuje u klasického výtahového stroje, kde se používá šneková převodovka, která má špatný vliv na účinnost – 50-55%. Zato u výtahových strojů uvnitř šachty se pohybuje účinnost mezi 60-65%. Je to způsobeno tím, že jsou to bezpřevodové stroje, které nemají převodovku.

Za prostorově neúspěšnější výtahové stroje se dají nazvat ty uvnitř šachty, protože stroje se nachází v dolní nebo horní části šachty. Tím nám nezabírají místo nikde v obytné části. Výtahové stroje s navijecím bubnem jsou přesným protikladem. U těchto typů výtahů potřebujeme strojovnu, což nám zabírá hodně místa. A navíc pro kabiny o větším počtu přepravovaných osob musíme mít velký navijecí buben, který může být větší než půl metru.

Výtahové stroje uvnitř šachty jsou pravděpodobně nejefektivnější, neboť dosahují vyšší dopravní rychlosti (více než $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Navíc mají nízké provozní náklady z důvodu snížení záběrových proudů. U těchto výtahů se budují kabiny pro přepravu 4-8 osob, proto i přeprava v budovách s menším počtem podlaží je rychlejší a efektivnější.

4.3 POROVNÁNÍ KLASICKÉHO TRAKČNÍHO POHONU S POHONEM GEN2

Pro další porovnávání jsem si vybral klasický trakční pohon používaný ve všech starších typech výtahů, s novým pohonem Gen2, který teprve před 10 lety byl zkonstruován firmou Otis Elevator Company.

Klasický trakční pohon [5] [38]:

- Nižší pořizovací cena
- Jako nosný orgán je ocelové lano
- Nosný orgán je levnější, potřebuje ale mazivo (olej), je mnohem těžší a hlučnější při záběru
- Nutnost strojovny
- Ocelová kladka vyžaduje velký průměr kladky (50-80 cm), což způsobuje robustnost stroje



- Nutnost zavolání pověřené osoby, která provede revizi stavu
- Používají reléový rozvaděč, takže tyto výtahy při výpadku elektřiny způsobují uvíznutí ve výtahu
- Účinnost je 50-55%
- Kabina výtahů nemá moc velkou přesnost zastavení (okolo 1,5 cm)
- Při záběru kol ve výtahovém stroji dochází k velkému hluku
- Spotřebovávají hodně elektrické energie
- Dopravní rychlost je do $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Gen2 pohon [35] [36] [37]:

- Pořizovací cena je vyšší, ale zase nespotebovává mazivo
- Jako nosný orgán používáme polyuretanový pás (ploché lano)
- Nosný orgán je dražší, ale nepotřebuje mazání, navíc je o 20% lehčí než ocelové lano a jeho životnost je 3x delší, než u ocelového lana
- Nepotřebují strojovnu
- Kompaktní kladka má průměr do 10 cm, stroje jsou potom několikanásobně menší než klasické stroje
- Permanentní monitorovací systém má neustálý dohled na „kvalitu“ nosných orgánů
- Při vypnutí elektřiny výtah dál funguje, protože je zde mikroprocesorový rozvaděč, který zaveze kabinu do podlaží
- Účinnost těchto výtahů je vysoká oproti klasickým
- Přesnost zastavení je vysoká (až 3 mm)
- Zdvih výtahů je i 100 metrů
- Výtahový stroj je velmi tichý
- Nízké provozní náklady tohoto stroje
- Dopravní rychlost $1-4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Z hlediska účinnosti jsou klasické trakční pohony horší díky málo účinné šnekové převodovce a asynchronním motorům. Gen2 pohony jsou 2-3x účinnější než klasické pohony, jelikož pracují se synchronním motorem. Předpokládá se, že klasické výtahy budou postupně nahrazeny touto technologií. Tyto moderní výtahy spotřebovávají několikrát méně energie, než klasické trakční výtahy, dovedou samy vyrábět energii pro pohon stroje. Jsou ekologické, neboť jsou schopné být napájeny solárními panely či přes akumulátor. Dokonce je můžeme napájet pomocí 230 V.

Pohony Gen2 jsou prostorově úspornější, jelikož u nich nepotřebujeme strojovnu a kompaktní kladka má průměr do 10 cm. Ocelová kladka u klasických pohonů je 5-8x větší než u pohonů Gen2. Navíc je zde potřebná strojovna pro uložení pohonu.

Pohony Gen2 jsou efektivnější, protože kabina výtahu se dokáže pohybovat podstatně rychleji, než u klasických výtahů. Výtahový stroj je velmi tichý, lze tento výtah použít i v nemocnicích, kde se vyžaduje klid.



5 STANOVENÍ PŘEDPOKLÁDANÉ VÝVOJOVÉ TENDENCE

Cílem následujících pár let je rekonstrukce či modernizace osobních výtahů. Starší modely výtahů by měly být nahrazeny těmi novějšími, které splňují požadované normy, jsou bezpečnější, energeticky úspornější a mají vysokou spolehlivost. Navíc u starších výtahů se součástky rychleji opotřebovávají a z tohoto důvodu se u nich provádí častější opravy, revize a zkoušky.

U stávajících výtahů totiž chybí kabinové dveře, a tak hrozí kontakt cestujícího s pohybující se částí výtahu. Rám kabiny je většinou z kovu, ale materiál samotné kabiny je dřevěný, což může způsobit snadný požár. U většiny starých výtahů je absence hlasové komunikace s centrálou pro případ, že by došlo k nějaké poruše výtahu či uvíznutí osoby uvnitř kabiny. Dále jsou u výtahů nevyhovující brzdy pohonů, úzká kabina, nepřesné zastavování klece ve stanicích, rychlost klece je pomalejší a navíc výtah má vysoké provozní náklady. Ani interiér výtahu už nepůsobí nijak moderně.

Po rekonstrukci či modernizaci osobních výtahů nastává mnohem větší bezpečí pro cestující ve výtazích. Bezpečnost je hlavně zaručena instalací kabinových dveří. Kabina je také vyrobena z nehořlavých materiálů. Dochází k instalaci silnějších motorů a tím se snižuje čas strávený ve výtahu. Rychlost výtahu je tedy vyšší. Silnější a modernější synchronní motory mají vliv i na úsporu energie a celkovou úsporu peněz. Moderní kabina působí esteticky, splňuje vyšší komfort jízdy cestujících a díky větší kabině se lépe cestuje cestujícím s kočárkem a osobám se sníženou pohyblivostí. Kabina je také lépe odhlučněná, takže motory a nosné orgány není téměř slyšet. Probíhá plynulý rozjezd a zastavení kabiny pomocí frekvenčního měniče a tím se zvyšuje jízdní komfort cestujících.

V několika málo letech by také mohlo dojít k masivnímu rozšíření výtahů, které budou poháněny pohony s plochými lany. Tyto řemeny vynalezla firma Otis Elevator Company před 10 lety. Ploché řemeny mají speciální konstrukci. Vnitřek lana tvoří ocelová konstrukce a na povrchu se nachází polyuretanový povlak. Plochá lana oproti lanům ocelovým mají mnoho výhod. Hlavní výhodou je to, že jsou mnohem lehčí než běžná lana, zabírají menší prostor, a proto je možné rapidně zmenšit výtahový stroj. Navíc také jsou ohleduplná k životnímu prostředí, protože nevyžadují žádné mazání olejem. [12]

V loňském roce firma Otis Elevator Company představila výtah Gen2, který je také poháněn plochými lany, ale k napájení je používána elektrická energie ze sítě na 230 V. V budoucnu by mohlo dojít k rozšíření používání těchto výtahů, protože jsou mnohem ekologičtější, než stávající výtahy. Nevýhodou však mohou být rostoucí ceny elektrické energie. Navíc díky pohonu plochými lany mají již zmiňované výhody. [12] [37]



ZÁVĚR

Ve své práci jsem využil veškeré dostupné literatury týkající se stavby výtahů a jejich součástí, která ovšem pochází ze 70-tých let minulého století. Abych dokázal naplnit všechny cíle mé bakalářské práce, prostudoval jsem si katalogy a webové stránky nejznámějších výrobců a dodavatelů výtahů.

V první a druhé části jsem se zabýval jednotlivými součástmi výtahu. Podrobně jsem zde popsal, jak součástky vypadají, z jakých materiálů jsou zhotoveny a jakou plní funkci ve výtahu.

Jádrem mé práce je přehled nejčastěji používaných pohonů výtahových strojů. Nejstarším a nepoužívanějším mezi všemi pohony výtahů je klasický trakční pohon. Trakční pohon je kompaktní v tom, že dokáže mít dobré dopravní rychlosti a velmi vysoké zdvihy. Lze ho tedy využít jak v budovách s méně podlažími, tak i v mrakodrapech. Je tedy využíván po celém světě.

Samotným cílem mé práce bylo analyzovat různé typy zdvihových mechanismů z hlediska pohonů. Porovnával jsem nejprve trakční pohon s pohonem hydraulickým. Z této analýzy opět lépe vyšel trakční pohon. I když má přibližně stejnou účinnost jako hydraulický pohon, tak z důvodu jeho vyšší rychlosti je i efektivita vyšší. Dále jsem se zaměřil na jednotlivé typy trakčních pohonů. Srovnával jsem mezi sebou klasické trakční pohony, stroje s navíjecím bubnem a stroje uvnitř šachty. Nejvýhodnější jsou stroje uvnitř šachty, protože mají nejlepší účinnost, ze srovnávaných strojů nejvyšší rychlost a prostorově jsou nejméně náročné. Při posledním srovnávání jsem hledal výhody a nevýhody klasických trakčních pohonů a nových, dosud nejmodernějších pohonů Gen2. Ze všech analýz je patrné, že nejefektivnější a nejekologičtější jsou výtahy s pohonem Gen2. Tyto výtahy nejsou příliš rozšířené mezi veřejností. Firma Otis Elevator Company neustále tuto technologii vyvíjí a hledá další možnosti pro zvýšení úspory energie, snížení hmotnosti výtahu a využití nových materiálů pro výrobu prvků výtahu.

V závěrečné části jsem nastínil budoucí vývoj výtahů. Dochází k vývoji nejen výtahových strojů, ale hlavně designu kabin. Výtahové stroje se neustále zmenšují při zvyšování výkonnosti, a proto zůstává dostatečný prostor pro větší kabinu, která usnadňuje vyšší komfort při cestování i osobám s pohybovým handicapem a osobám s kočárkem.

V této moderní době se život neustále zrychluje, stavějí se velmi vysoké budovy, lidé jsou stále pohodlnější, a proto si život bez výtahu třeba i v budově s jedním podlažím téměř nikdo už nedokáže představit.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JANOVSKEÝ, Lubomír. *Výtahy a eskalátory I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1971. 210 s.
- [2] JANOVSKEÝ, Lubomír. *Výtahy a eskalátory II*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1974. 170 s.
- [3] JANOVSKEÝ, Lubomír. *Systémy a strojní zařízení pro vertikální dopravu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1991. 139 s.
- [4] JANOVSKEÝ, Lubomír a Josef DOLEŽAL. *Výtahy a eskalátory*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1980. 696 s.
- [5] JANOVSKEÝ, Lubomír. *Systémy a prostředky vertikální dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1978. 352 s.
- [6] Portál veřejné správy České republiky: 27/2003 Sb. *Technické požadavky na výtahy – Základní ustanovení* [online]. 2003. Praha: 2003. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=27/2003&PC_8411_p=1&PC_8411_l=27/2003&PC_8411_ps=10
- [7] ŠVÁSTA, Michal. TZB-info [online]. 10. 11. 2004. *Výtahy – současné normy a bezpečnostní předpisy*. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2230-vytahy-soucasne-normy-a-bezpecnostni-predpisy>
- [8] Výtah. In Wikipedia: *the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 18. 4. 2005, last modified on 22. 3. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDtah>
- [9] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <https://csnonline.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=94558>
- [10] KOSTELECKÝ, Jiří. TZB-info [online]. 9. 10. 2006. *Synchronní výtahové motory*. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3575-synchronni-vytahove-motory>
- [11] Klub architektů. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://cs.archi-club.net/clanek/stroje-a-zarizeni-ve-stavebnictvi-69>
- [12] VANĚK, Václav. TZB-info [online]. 18. 4. 2006. *Nový výtah s pohonem plochými řemeny*. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3224-novy-vytah-s-pohonem-plochymi-remeny>
- [13] MONTECO vázací prostředky, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.monteco.cz/ocelova-lana-metraz-ocelova-lana-nerezova.php#výtahy>
- [14] Výtahy Pardubice, a. s.. [online]. [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.vytahy-pce.cz/rekonstrukce-vytahu/>



- [15] Ctibůrek výtahy, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://www.cvytahy.cz/cs/sluzby/nove-vytahy>
- [16] LIFT SERVIS, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.liftservis.eu/cz/produkty/komponenty/pohony/>
- [17] VÝTAHY, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.vytahy.com/cs/vyroba-a-modernizace-vytahu>
- [18] Výtahy Mühlbacher, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.vytahy-muehlbacher.cz/typy-vytahu/hydraulicke-vytahy-50/>
- [19] Agartha. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://agartha.cz/html/vytahy/historie/celkova.php>
- [20] Střední průmyslová škola stavební České Budějovice. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.spsstavcb.cz/download2/1538_1545_cs_vytahy.pdf
- [21] Výtahy Plzeň Elex, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.vytahyelex.cz/commonimages/fotogalerie/bezStrojovnyVytahy02.jpg>
- [22] CAG Electric Machinery, s. r. o. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.superto.cz/fotografie/277909/200/x/picture.png>
- [23] VUES Brno, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.vues.cz/file/436/CZ_SVM170____120530.PDF
- [24] DOMOVNÍ VÝTAHY, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.domovni-vytahy.cz/files/bezprevodove/5.bezprevodovy-pohon-italy.jpg>
- [25] WYKOV, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.wykov.cz/images/img_brzda.jpg
- [26] VÝTAHY KVADRO, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.vytahykvadro.cz/images/klece/klece_.jpg
- [27] Otis, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.otis.com/site/cz/OT_DL_Documents/OT_DL_DownloadCenter/Modernizace-%20katalogy%20produkt%C5%AF/OTIS%20GEN2%20MOD%2001.pdf
- [28] Global elevators, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: [http://www.globalelevators.cz/content/download/300/1437/file/super_alta\(3\).pdf](http://www.globalelevators.cz/content/download/300/1437/file/super_alta(3).pdf)
- [29] DELTA CVS, s. r. o. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.deltacvs.cz/vytahove-komponenty/ramy-kabin.html>
- [30] WEDISS TECH, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.wediss.com/image/narazniky.png>
- [31] WEDISS TECH, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.wediss.com/katalogy/WEDISS-narazniky-pro-vytahy.pdf>



- [32] QUIDO. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z:
http://www.quido.cz/objevy/h_gearls.jpg
- [33] MSV výtahy, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.msv-vytahy.cz/pohony-vytahu>
- [34] Výtahy VOTO Plzeň, s. r. o.. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z:
http://www.vytahy-voto.cz/galerie/big_view/2011145754-titul_obr_vyr_prog2.jpg
- [35] Otis, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z:
<http://www.otis.com/site/cz/pages/ProductDetail.aspx>
- [36] Otis, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z:
http://www.otis.com/site/cz/OT_DL_Documents/OT_DL_DownloadCenter/Modernizace-%20katalogy%20produkt%C5%AF/GeN2-NOVA_new.pdf
- [37] Otis, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z:
http://www.otis.com/_layouts/ProjectNewsPopup.aspx?ID=25&siteURL=http://www.otis.com/site/cz/Pages/OtisNews.aspx
- [38] LIFTCOMP, a. s.. [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z:
http://www.liftcomp.cz/uploads/foto_lide/Liftcomp_Katalog.pdf



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Hydraulický výtah [19]	14
Obr. 2	Osobní výtah se strojovnou umístěnou nahoře nad šachtou [20]	15
Obr. 3	Bezpřevodový výtahový stroj [21]	18
Obr. 4	Trojfázový asynchronní motor [22]	19
Obr. 5	Bezpřevodový synchronní motor [23]	20
Obr. 6	Šnekový převod (šnek a šnekové kolo) [4]	21
Obr. 7	Bezpřevodový výtahový stroj [24]	21
Obr. 8	Dvojitá čelistová brzda [25]	22
Obr. 9	Klínová drážka [5]	23
Obr. 10	Polokruhová drážka se zářezem [5]	23
Obr. 11	Druhy ocelových lan [13]	23
Obr. 12	Upevnění lana v lanové svorce [5]	24
Obr. 13	Ocelový pás s polyuretanovým opláštěním [12]	25
Obr. 14	Gallův řetěz [1]	25
Obr. 15	Pohled na výtahovou klec a dovnitř kabiny [26]	26
Obr. 16	Moderně vybavená kabina výtahu [27]	27
Obr. 17	Jednokřídlé otočné [4]	28
Obr. 18	Oboustranné čtyřdílné, posuvné [4]	28
Obr. 19	Vahadlový závěs pro 3 a 4 nosná lana [4]	29
Obr. 20	Tvary vodiček [28]	30
Obr. 21	Jednosměrný válečkový zachycovač [29]	31
Obr. 22	Pevný nárazník [30]	31
Obr. 23	Hydraulický nárazník [31]	31
Obr. 24	Trakční výtah se strojovnou nahoře [32]	32
Obr. 25	Buben s navíjeným lanem [33]	33
Obr. 26	Schéma principu páternoteru [2]	34
Obr. 27	Hydraulický výtah [34]	35
Obr. 28	Výtah s plochými lany [36]	37
Obr. 29	GeN2 Výtah na 230 V [37]	38