



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Přehled a trendy ve vývoji pohonu vysokozdvížných vozíků

**Literature Survey and Trends in the Development of Drivetrain of
Fork-Lift Trucks**

Bakalářská práce

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství
Studijní obor: bez oboru

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Jiří Schmidt

Anotace:

Tato práce se zabývá rešerší pohonných ústrojí vysokozdvížných vozíků. Nalezená řešení jsou demonstrována schématem pohonu. Práce se zaměřuje zejména na hnací ústrojí vozíků se spalovacím motorem. Dalším cílem je zpracovat návrh hnacího ústrojí a jeho kinematickou charakteristiku.

Klíčová slova:

vysokozdvížený vozík, hnací ústrojí, spalovací motor

Anotation:

This thesis deals with the summary of driveline of forklifts. Found solutions are demonstrated by the power scheme. The paper focuses mainly on the powertrain trucks combustion engine. Another aim is to prepare a proposal of drivetrain and its kinematic characteristics.

Key words:

forklift, drivetrain, combustion engine

Bibliografická citace:

Schmidt, J. *Přehled a trendy ve vývoji pohonu vysokozdvížných vozíků*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, fakulta strojní, 2015. 29 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Čestné prohlášení:

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

Jiří Schmidt

V Praze, dne 30. 6. 2015

Poděkování:

V této části bych rád poděkoval vedoucí předkládané bakalářské práce doc. Dr. Ing. Gabriele Achtenové za její rady a pomoc v průběhu mé práce.

Obsah

Úvod.....	1
1. Historie.....	2
2. Koncepce vozíku.....	4
2.1. Těžiště.....	4
2.2. Pozice nákladu.....	7
2.3. Popis vozíku.....	8
2.4. Hydraulika.....	9
3. Rozdělení vozíků.....	11
3.1. Rozdělení vysokozdvizných vozíků podle ČSN.....	11
3.2. Rozdělení vozíků podle ITA.....	11
3.3. Rozdělení vozíků podle pozice obsluhy.....	12
3.3.1. Obsluha za vozíkem.....	12
3.3.2. Sedící obsluha.....	13
4. Elektro vozíky.....	15
5. Vozíky se spalovacím motorem.....	16
5.1. Modely od společnosti DESTA.....	16
5.2. Modely od společnosti YALE.....	18
6. Návrh hnacího ústrojí.....	20
6.1. Známé hodnoty.....	20
6.2. Návrh spojky.....	21
6.3. Návrh zpřevodování.....	21

6.4. Pilový diagram.....	23
Závěr.....	24
Použité značky.....	25
Použité zdroje.....	26

Úvod

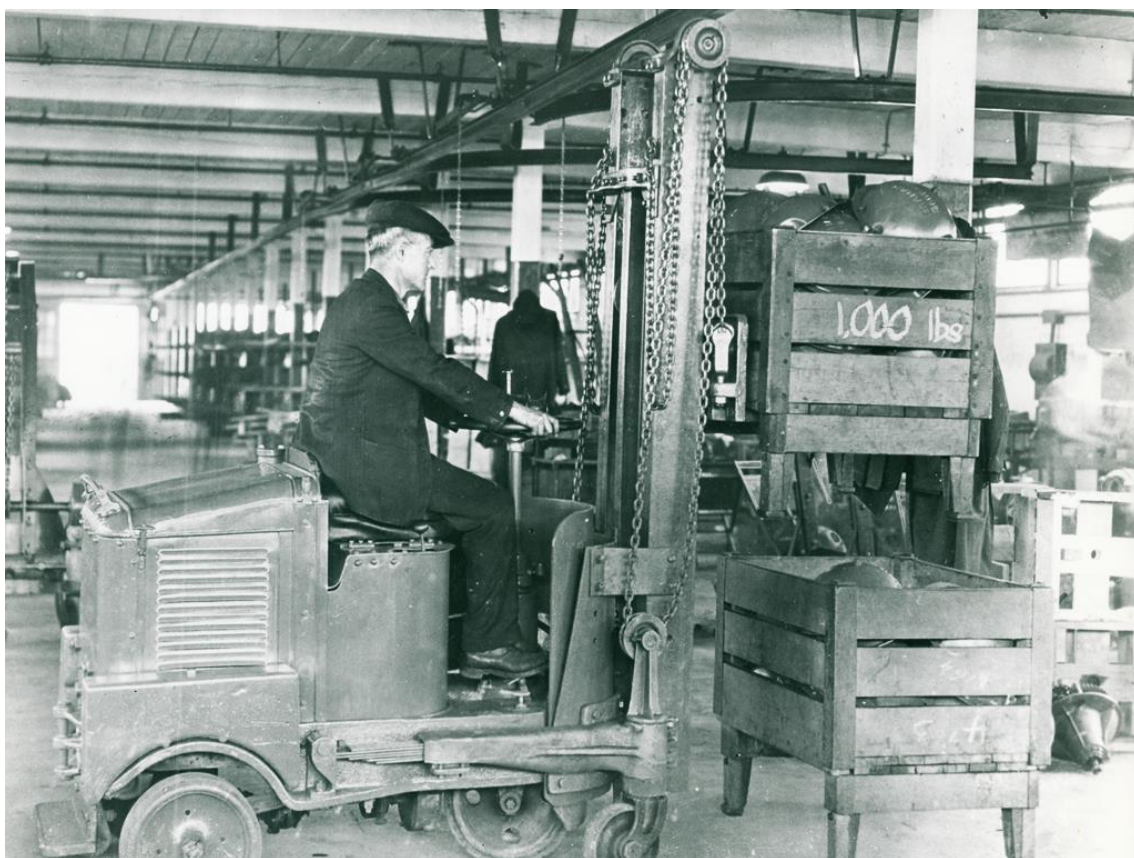
Jsou tu s námi již nějakých 150 let. V současnosti je na trhu široká škála variací vysokozdvížných vozíků a orientace na tomto trhu nemusí být pro každého snadná a proto jsem sepsal tuto práci, která má za cíl prezentovat vysokozdvížné vozíky, jejich koncepci, možnosti a v neposlední řadě také jejich historii.

Nejprve jsem se zaměřil právě na historii, která je sice poměrně dlouhá, ale i v dnešní době jde vývoj rychle dál a vozíky mají ještě velký potenciál, který jistě v nedaleké budoucnosti ukáží. To ale není námětem této práce. Hlavní částí práce je analýza současného stavu a rešerše pohonných ústrojí.

V závěru navrhnu pohonné ústrojí pro vysokozdvížný vozík. Nejprve spojku, pak zpřevodování. Jako základ použiji jedno z nalezených řešení a pro stejný motor a vozík navrhnu ono ústrojí.

1. Historie¹

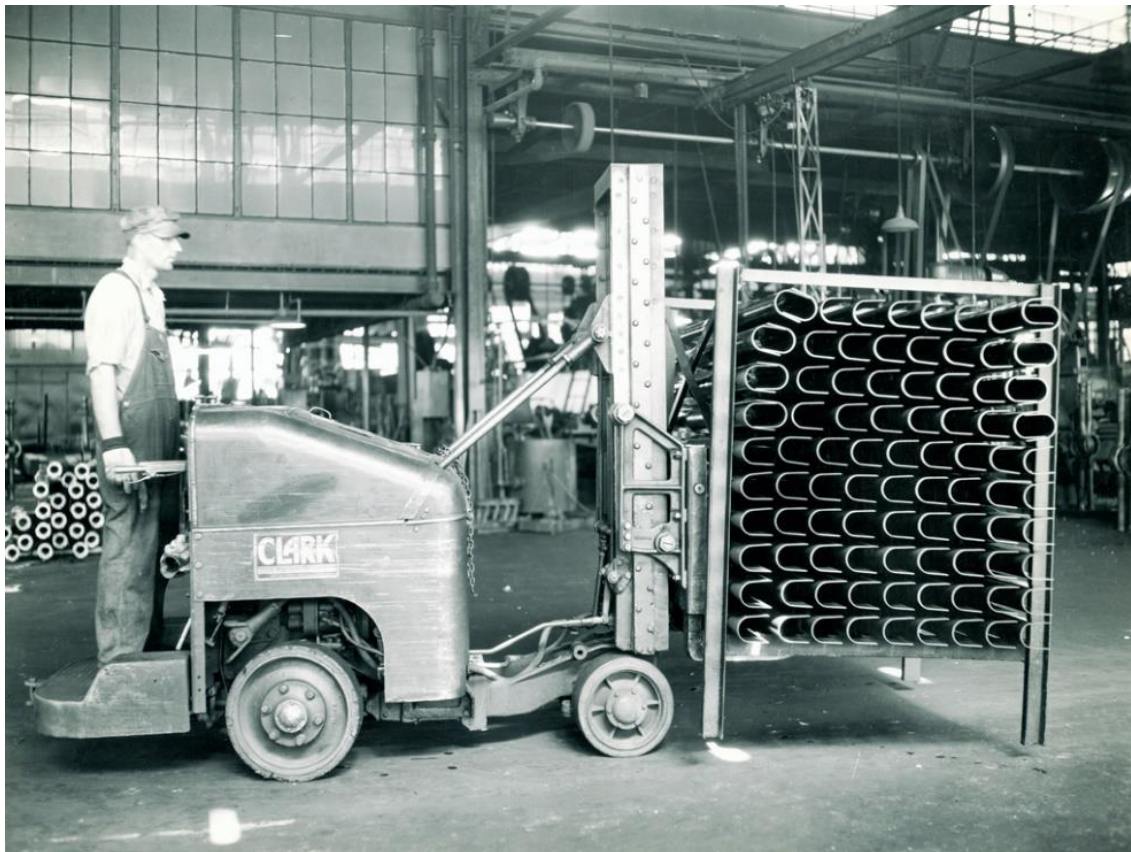
S prvními předchůdci vysokozdvížných vozíků se setkáváme již na konci devatenáctého a na počátku dvacátého století. Prvním impulsem pro rychlejší vývoj byla První světová válka, kdy bylo třeba často manipulovat s těžkými břemeny. Ve dvacátých letech dvacátého století se již objevují první stroje, které se svým tvarem, konceptem a využitím podobají dnešním vysokozdvížným vozíkům. Mezi největší hráče v počátcích vysokozdvížných vozíků patřil původně závod na výrobu převodovek CLARK a manufaktura na výrobu kladkostrojů Yale & Towne Manufacturing. První vysokozdvížný vozík se spalovacím motorem byl uveden roku 1924. Jednalo se o Clark Duat.



Obrázek 1 Clark Duat 1924

¹ Není-li uvedeno jinak čerpáno z historie Clark, dostupné na <http://www.clarktheforklift.com>

1928 Clark Tructier první vysokozdvížný vozík se spalovacím motorem a hydraulickým zdvihem.



Obrázek 2 Clark Tructier 1928

Další velký nárůst popularity zaznamenaly na konci třicátých let, v důsledku příchodu standardizovaných palet. Za zmínku stojí další počín společnosti Clark, konkrétně Clark Carloader z roku 1938. Tento model je považován za první moderní vysokozdvizný vozík. Těšil se velké oblibě a ve výrobě zůstal až do roku 1964.



Obrázek 3 Clark Carloader

Podobně jako První světová válka, tak i Druhá světová válka posunula vývoj dál. Požadavky na vysokozdvizné vozíky byly větší, vozíky se staly ovladatelnějšími a dokázaly dostat náklad výš. V padesátých a šedesátých letech se objevily obavy o bezpečnost způsobené narůstající výškou zdvihu a hmotností zvedaných břemen. Tyto obavy měly za následek vznik prvních vozíků s klecí kolem řidiče a navýšení hmotnosti pomocí závaží umístěného co možná nejvíce vzadu pro udržení těžiště mezi nápravami.

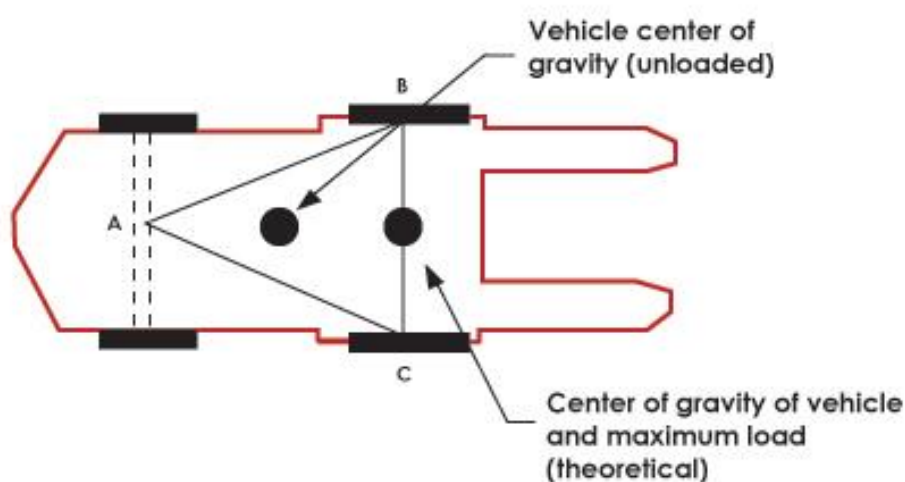
V devadesátých letech začíná být kladen důraz na ekologii a ekonomii provozu vozíků. Vznikají emisní normy a uplatňují se jiné druhy pohonu než pomocí spalovacího motoru. Například vozíky s elektromotorem na střídavé napětí poháněný palivovými články.

2. Koncepce vozíků:

2.1. Těžiště

Většina vysokozdvížných vozíků má poháněnou přední nápravu a zadní slouží k řízení. Řízení zadní nápravou zvyšuje manévrovatelnost, ale zároveň klade vyšší nároky na obsluhu.

Velmi důležité je rozložení hmotnosti. Těžiště by mělo být co nejbližší přední nápravě, ale musí být vždy před ní (z pohledu řidiče).



NOTES:

1. When the vehicle is loaded, the combined center of gravity (CG) shifts toward line B-C. Theoretically the maximum load will result in the CG at the line B-C. In actual practice, the combined CG should never be at line B-C.

2. The addition of more counterweight will cause the truck CG to shift toward point A and result in a truck that is less stable laterally.

Obrázek 4 Umístění těžiště při plném naložení se nachází na přední nápravě (limitní stav, kdy by nemělo dojít k překlopení) [10]

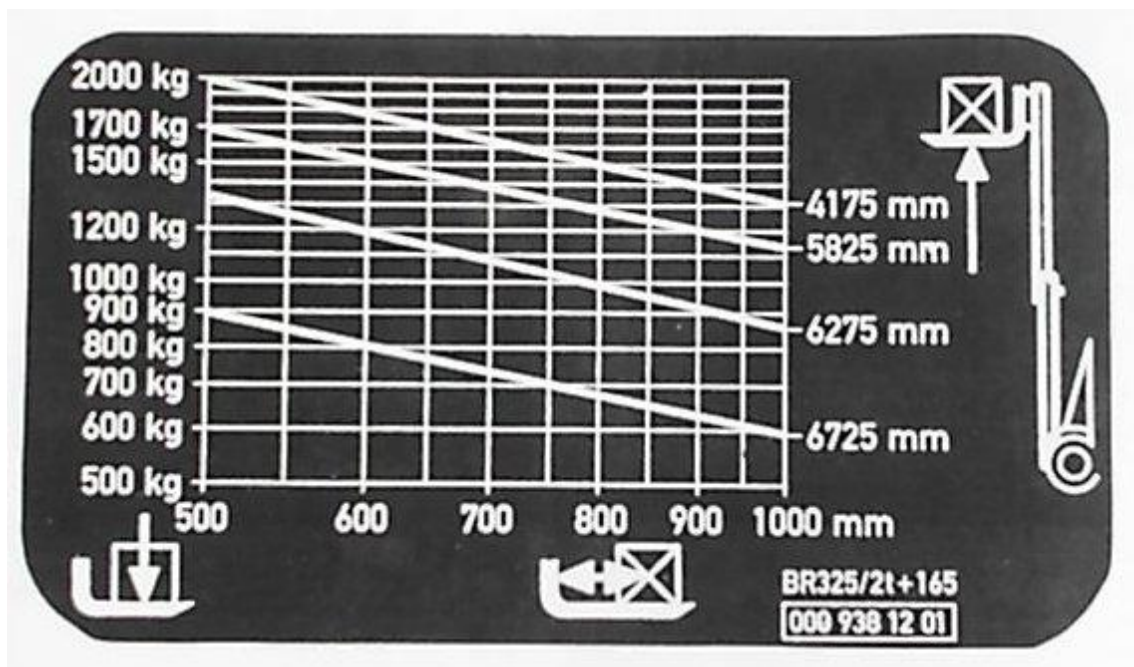
Z toho důvodu se převodovka a motor montují co nejvíce dozadu. Pro nastavení těžiště do požadovaného bodu lze použít protizávaží umístěné co nejvíce vzadu. Toto řešení sice zvyšuje hmotnost vozíku, což má za následek vyšší spotřebu, horší dynamiku a klade vyšší nároky na pohonnou jednotku, ale je nutné pokud chceme přepravovat těžká břemena.



Obrázek 5 Umístění protizávaží (Counterweight) [11]

2.2. Pozice nákladu

S vozíkem se nemůže jezdit se zvednutým nákladem. Kvůli setrvačným silám, které na náklad působí, by při brždění mohlo snadno dojít k překlopení vozíku. Hmotnost, pozice a zdvih břemene se dá vyčíst z diagramu, který je pro různé vysokozdvížné vozíky jiný a který je nedílnou součástí vozíku. Z diagramu na obrázku6 můžeme vyčíst, že maximální břemeno o hmotnosti 2000 kg, jehož těžiště leží 500 mm od konce ližin, můžeme zvednout do výšky 4175 mm. Další zajímavá hodnota, kterou lze vyčíst je nejnepříznivější stav, kdy potřebujeme zvedat do maximální výšky, v tomto případě 6725 mm a těžiště břemene se nalézá 1000 mm od konce ližin. Maximální hmotnost takového závaží je pouhých 600 kg.



Obrázek 6 Diagram znázorňující hmotnost, zdvih a pozici těžiště břemene [12]

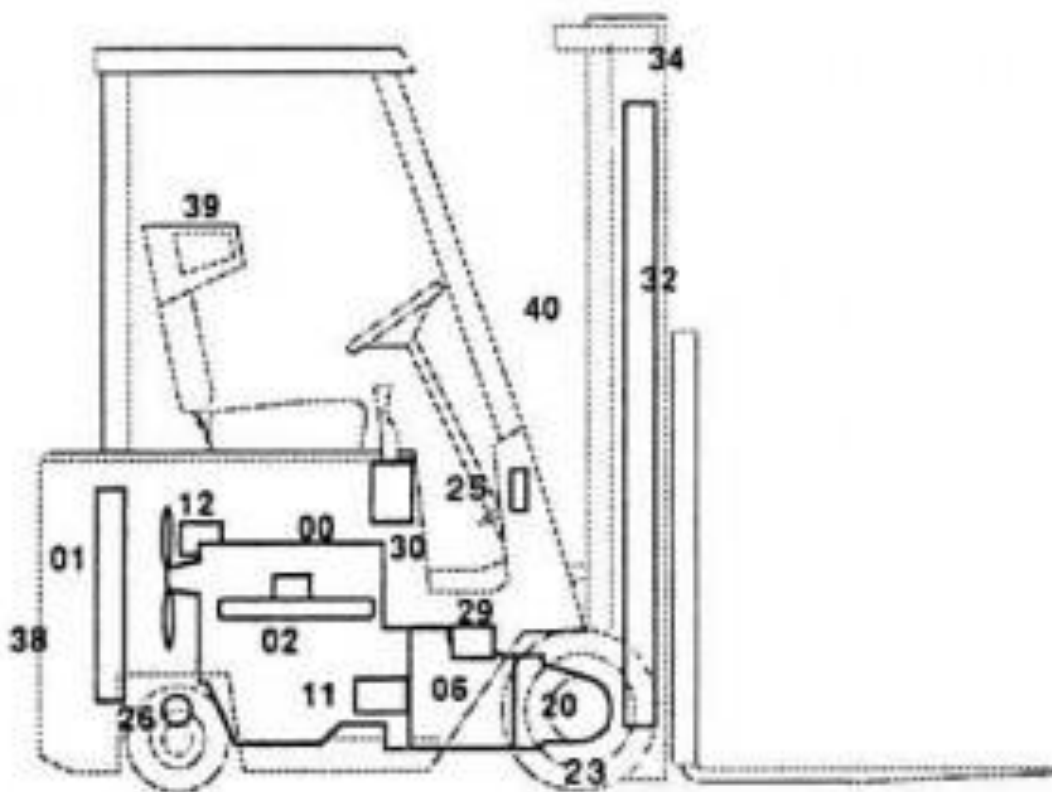
2.3. Popis vozíku

Tabulka [2]

00 Motor	25 Ovládání řízení
01 Chladicí systém	26 Řízená náprava
02 Palivový systém, karburátor a výfuk	29 Hydraulické čerpadlo a olejové vany
06 Převodovka	30 Ovládání hydraulického ventilu
11 Rozdělovač	32 Hydraulický válec
12 Alternátor, startér	34 Horní poloha
20 Hnací náprava	38 Protizávaží
23 Kola a pneumatiky	39 Rám
	40 Typové štítky a diagramy

Zdroj: převzato z *Clark Fork Lift Truck Basic Parts Diagram, 2015*, dostupné z:

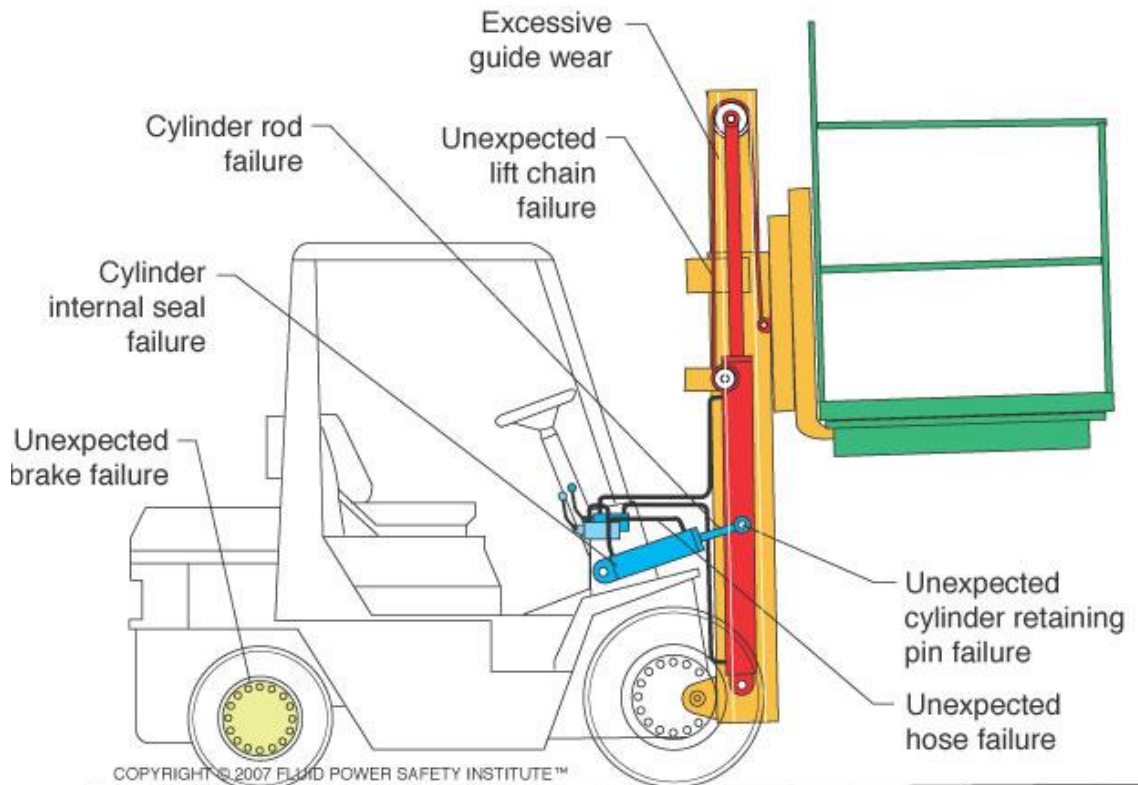
<http://www.nomenclaturo.com>



Obrázek 7 Pozice jednotlivých prvků ve vozíku [2]

2.4. Hydraulika

Zvedání a nakládění nákladu zajišťuje hydraulika. Konkrétně jak je vidět na obrázku dva hydraulické válce.



Obrázek 8 Hydraulika ve vozíku [13]

Hydraulický přenos výkonu můžeme rozdělit na dva druhy. Hydrostatický a hydrodynamický. Princip hydrostatického přenosu výkonu je ve statickém tlaku kapaliny v soustavě hydromotor-hydročerpadlo. Hydromotor stlačuje kapalinu, která svým tlakem roztáčí hydročerpadlo. Hydrodynamický přenos výkonu je tvořen hydrodynamickou převodovkou, která je sestavena z několika měničů. Měnič je sestaven z hydročerpadla, volnoběžného reaktoru a lopatkové turbíny. Lopatkové kolo hydročerpadla vrhá kapalinu na turbínu, která tedy využívá kinetické energie vrhané kapaliny.

Hydraulika je možno doplnit řetězem.

U.S. Patent

Apr. 6, 1999

Sheet 1 of 8

5,890,563

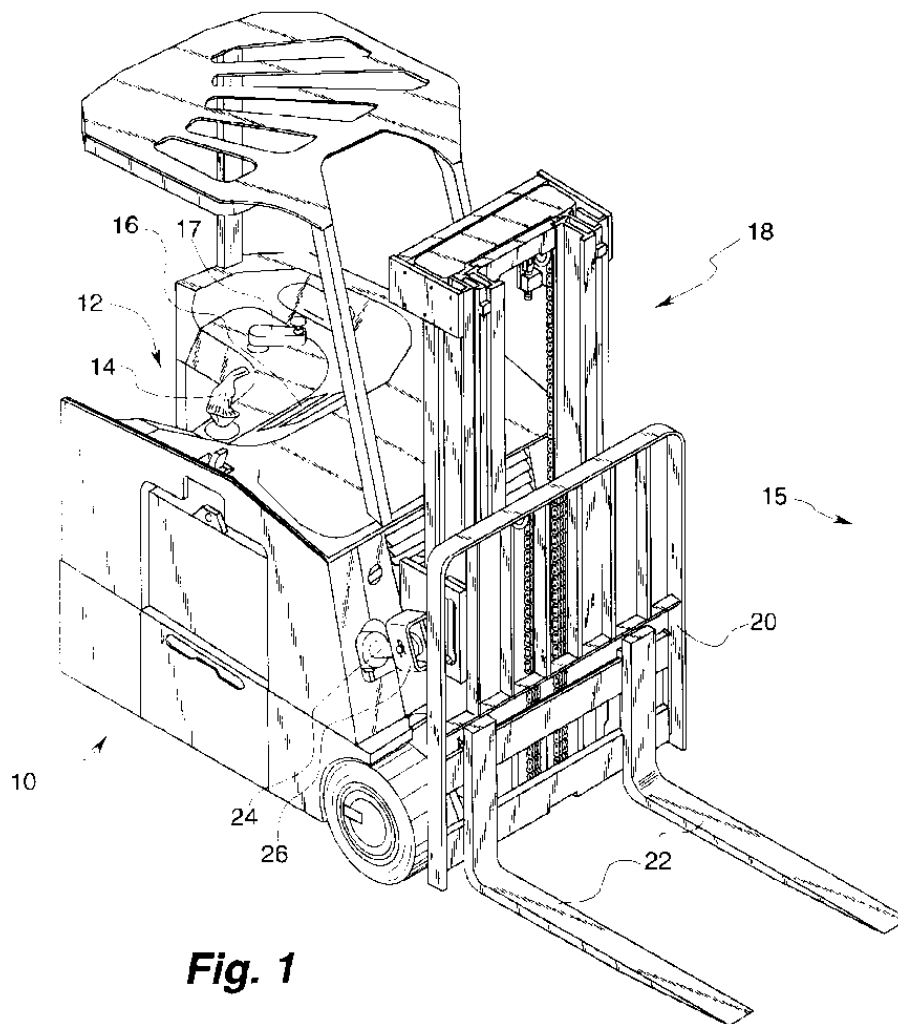


Fig. 1

Obrázek 9 Hydraulika doplněná řetězem [14]

3. Rozdělení vozíků

3.1. Rozdělení vysokozdvížných vozíků podle ČSN²

Rozdělení vozíků podle druhu energie dle ČSN ISO 5053 Motorové manipulační vozíky

1. vozík se spalovacím motorem
 - 1.1 vozík s benzinovým motorem
 - 1.2 vozík s motorem na zkapalněný uhlovodíkový plyn (LPG)
 - 1.3 vozík s kombinovaným motorem
 - 1.4 vozík s naftovým motorem
2. elektrovozík
 - 2.1 akumulátorový vozík
 - 2.2 vozík s vnějším druhem energie
 - 2.3 vozík se spalovacím motorem s elektrickým přenosem výkonu

3.2. Rozdělení vozíků podle ITA³

ITA je zkratka pro The Industrial Truck Association , což je společnost zaštiťující většinu společností na Americkém, Kanadském a Mexickém trhu s nákladní manipulační technikou.

ITA rozděluje vozíky do sedmi tříd podle typů pohonu, dopadu provozu na životní prostředí, pozice pracovníka ovládající vozík a charakteru užívání.

1. třída – elektrické motorové vozíky s nízkotlakými plášti, nebo pneumatikami
2. třída – elektromotorové vozíky pro práci v úzkých uličkách s plnými pneumatikami
3. třída – elektrické ruční vozíky s pevnými pneumatikami
4. třída – vozíky s motorem s vnitřním spalováním se sedící obsluhou a nízkotlakými plášti vhodnými pro práci v halách na tvrdém povrchu
5. třída – vozíky s motorem s vnitřním spalováním se sedící obsluhou s pneumatikami vhodnými pro práci venku na neupraveném povrchu

² Citováno z ČSN ISO 5053

³ Převzato z <http://www.mmh.com>

6. třída – vozíky poháněné elektromotorem, nebo motorem s vnitřním spalováním se schopností vytažení nákladu o váze minimálně 1000 liber
7. třída – vozíky poháněné výhradně vznětovým motorem vhodné pro práci v extrémních podmínkách venku

3.3. Rozdělení vozíků podle pozice obsluhy

Vozíky lze rozdělit podle pracoviště obsluhy:

3.3.1. Obsluha za vozíkem – ruční vysokozdvizný vozík. Takovéto vozíky mají nízkou nosnost a používají se v menších provozech, nebo skladech

- **Ruční vysokozdvizný vozík** – nejjednodušší typ, bez jakéhokoliv pohonu. Veškerou práci zajišťuje obsluha. Příkladem je Vysokozdvizný vozík Eulift SDJ0516 s nosností 500 kg a maximálním zdvihem 1600 mm. [4]



Obrázek 10 Eulift SDJ0516

- **Ruční vysokozdvizný vozík s akumulátorem a elektromotorem** obstarávající zdvih. Příkladem je vozík CDD10B se zdvihem až 3000 mm a nosností 1000 kg. Výkon motoru zdvihu je 1,5 kW. [15]



Obrázek 11 CDD10B

- **Plně elektrický ruční vozík.** Obsluha pouze vede vozík. O pojezd a zdvih se starají elektromotory. Pojezdový má výkon 1,2kW a zdvihací 4,5kW. Příkladem je Hyundai 16MS(L)-7 AC se zdvihem 4855 mm a nosností 1600 kg. [5]



Obrázek 12 Hyundai 16MS(L)-7 AC

- **Plně elektrický ruční vozík s protizávažím.** O pojezd a zdvih se stará elektromotor. Příkladem je OMG 710FS se zdvihem až 4200 mm a nosností 1000 kg. [5]



Obrázek 13 OMG 710FS

3.3.2. Sedící obsluha – lze rozlišovat posed ve směru pohybu, nebo kolmo na směr pohybu vozíku.

- **Retraky** – neboli vozíky s výsuvným sloupem, jsou ideální do skladu. Jsou úzké, dobře ovladatelné a poskytují vysoký zdvih. Pozice obsluhy je oproti



Obrázek 14 Jungheinrich ETV 318

klasickým čelním vozíkům o 90° otočena. Pozice je tedy kolmo na směr pohybu vozíku, vozík je ale velmi krátký a tak ideální do malých uliček ve skladech. Nosnosti takovýchto vozíků jsou od jedné do tří tun. Dosahují zdvihu i přes deset metrů. [6]

Příkladem retraku je ETV 318 od společnosti Jungheinrich. Tento vozík poskytuje zdvih 4250 mm, zdvihne 1800 kg. O pohon se stará akumulátorem poháněný elektromotor.

- **Další typ skladového vozíku.**

Pozice obsluhy je opět kolmo ke směru jízdy, ale na rozdíl od retraků je náklad vysouván dopředu z pohledu řidiče, tedy o 90° pootočený než u konvenčních vozíků.

- příkladem je model od společnosti Jungheinrich EFX 410 o zdvihu 3000 mm a nosnosti 1000 kg. [6]



Obrázek 15 Jungheinrich EFX 410

- **Klasické čelní vozíky** – V současnosti najdeme na trhu širokou škálu těchto vozíků. Liší se jednak v maximálním zdvihu břemene a jeho hmotnosti. Dalším aspektem je pohon vozíku. V současné době jezdí na benzín, naftu, LPG, CNG a elektřinu. U vozíků s elektromotorem rozlišujeme akumulátorové a hybridní. U hybridních je elektrická energie vyráběna zpravidla vznětovým motorem. Akumulátorové vozíky se musí dobíjet. Moderní vozíky jsou schopny pracovat i dvě směny na jedno nabití akumulátoru.

4. Elektro vozíky

Modely společnosti Jungheinrich jsou tří nebo čtyř kolové. Vozíky mají nosnost od 1 do 5 tun. Maximální zdvih je u nejvyššího modelu 7,18 metrů. Elektromotory jsou integrovány do nábojů kol. Vozíky jsou vybaveny třemi bezúdržbovými brzdovými systémy. Jednak motorová brzda pro generátorické brždění bez opotřebení. Dále automatická parkovací brzda. A jako nouzové řešení kotoučová brzda. Bezúdržbové motory na střídavý proud mají krytí proti prachu a stříkající vodě IP 54. [7]



Obrázek 16 EFG 316 [7]

Schéma pohonu:



Obrázek 17 Schéma pohonu EFG 316

5. Vozíky se spalovacím motorem

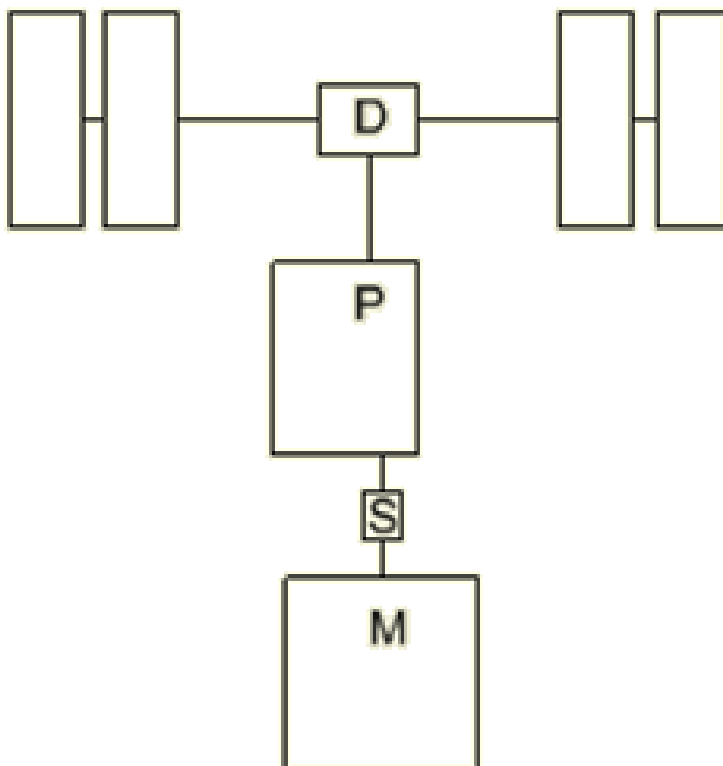
5.1. Modely od společnosti DESTA

DESTA v současné době nabízí čtyři modely se spalovacím motorem. Vozíky jsou určeny pro provoz v terénních podmínkách, kde nelze použít běžný vozík. Všechny modely jsou vybaveny stejným motorem ZETOR / Z 7701,14 o výkonu 39 kW při 1950 otáčkách za minutu. Mají čtyři kola vpředu, která jsou hnací a dvě vzadu, která slouží k manévrování a v případě modelů DV 35 T4 a DV 35 T4 K jsou také poháněná. Pohon hnací nápravy slouží jako vyprošťovací. [8]



Obrázek 18 DV 35 T4 K [8]

Schéma pohonu:



Obrázek 19 Schéma pohonu DV 35 T4

Popis: O pohon se stará vznětový naftový čtyřválec ZETOR Z 7701.14 o objemu 3595 cm³. Dosahuje výkonu 39kW při 1950 otáčkách za minutu. Spotřeba paliva dle VDI 2198 je 3,6 litrů za hodinu. Výkon jde z motoru přes spojku, která je druhu hydrodynamický měnič do převodovky. Převodovka umožňuje řadit 4 rychlosti vřed a 4 vzad. Výkon na kola je posléze distribuován před diferencíál na přední nápravu.

DVH 1622N⁴ – jedná se o starší model, pro který bude zpracován návrh hnacího ústrojí.

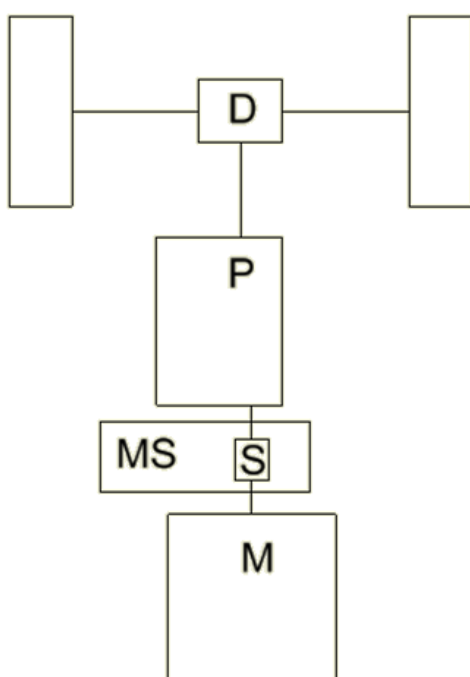
Hnací blok se skládá z motoru, meziskříně, převodovky a hnací nápravy

- motor – čtyřtákní dvouválec Zetor 2001 s výkonem 18,7kW při 2200 otáčkách za minutu, točivým momentem 95 Nm při 1500 min⁻¹
- meziskříně – obsahuje vypínací ústrojí pojezdové spojky a převody pro náhon čerpadel hydrauliky vozíku a posilovače řízení. Spojky jsou kotoučové třecí

⁴ Převzato z: návod k obsluze a údržbě vysokozdvizného vozíku s naftový motorem DVH 1622N

- převodovka – tři rychlosti v před a dvě vzad. Je ovládána dvěma pákami řídicí a směrovou.
- hnací náprava – má stálý převod kuželovým soukolím, diferenciálem a další předlohy mohutnými čelními soukolími. Polonápravy nesou hydraulické čelistové brzdy v obou hnacích kolech. Brzdové válečky seřizují automaticky vůli mezi obložením a brzdovým bubnem. Obložení čelistí je lepené a dovoluje využití až do úplného opotřebení.

Schéma pohonu:



Obrázek 20 Schéma pohonu DVH 1622N

5.2. Modely od společnosti YALE⁵

GP040-070VX – motor - PSI 2,0L LPG & Dual Fuel
 s výkonem 44koní,
 točivým momentem
 135Nm při 1300 otáčkách
 za minutu



Obrázek 21 YALE GP040-070VX

⁵ Převzato z csas, 2015, dostupné z <http://www.czas.cz/?PageId=20201>

- převodovka - Electronic Powershift - jedno rychlostní převodovka s elektronicky ovládaným pomalým posuvem, spojkou Heavy duty a elektronicky ovládaným posuvem
 - Tachtronix 100 všechny funkce Electronic Powershift, automatické zpomalování, kontrola převrácení
- hydraulika - Cowl Mounted Mechanical Levers
 - Accutouch Mini-lever Electro-Hydraulics

- GP040-070VX** – motor
- PSI 2,4L LPG & Dual Fuel s výkonem 59koní, točivým momentem 164Nm při 2000 otáčkách za minutu
 - Kubota 2,5L LPG s výkonem 59koní, točivým momentem 177Nm při 1000 otáčkách za minutu
 - Kubota 2,4L Turbo Diesel s výkonem 57 koní, točivým momentem 198Nm při 1500 otáčkách za minutu
- převodovka – Electronic Powershift – jedno rychlostní převodovka s elektronicky ovládaným pomalým posuvem, spojkou Heavy duty a elektronicky ovládaným posuvem
- Tachtronix 100 všechny funkce Electronic Powershift, automatické zpomalování, kontrola převrácení
- hydraulika - Cowl Mounted Mechanical Levers
- Accutouch Mini-lever Electro-Hydraulics
- brzdy - Drum
- Oil-Cooled Wet Disc Brakes

- GP080-120VX** – motor
- Kubota 3,8L LPG s výkonem 91koní, točivým momentem 300Nm při 1000 otáčkách za minutu
 - Kubota 3,8L Diesel s výkonem 74 koní, točivým momentem 309Nm při 1400 otáčkách za minutu
- převodovka – Electronic Powershift – dodávaná s jednou nebo dvěma rychlostmi dopředu s elektronicky ovládaným pomalým

posuvem, spojkou Heavy duty a elektronicky ovládaným posuvem

- Tachtronix 100 všechny funkce Electronic Powershift, automatické zpomalování, kontrola převrácení, s jednou, nebo dvěma rychlostmi dopředu
- hydraulika - Cowl Mounted Mechanical Levers
 - Accutouch Mini-lever Electro-Hydraulics

- GP135-155VX** – motor
- Kubota 4,3L LPG GM Vortec s výkonem 101koní, točivým momentem 305Nm při 2400 otáčkách za minutu
 - Kubota 3,8L EPA s výkonem 94 koní, točivým momentem 373Nm při 1400 otáčkách za minutu
 - převodovka – Electronic Powershift – dvě rychlosti vpřed a dvě vzad s elektronicky ovládaným pomalým posuvem, spojkou Heavy duty a elektronicky ovládaným posuvem
 - Tachtronix 332 tři rychlosti dopředu a dvě dozadu, automatické zpomalování, kontrola převrácení, s jednou, nebo dvěma rychlostmi dopředu
 - hydraulika - Cowl Mounted Mechanical Levers
 - Accutouch Mini-lever Electro-Hydraulics Controls

Modely pro manipulaci s 30 000 až 36 000 librami – modely **GP300-360EC**

- Motor – QSB 6,7 Diesel Engine se 155konmi při 2300 otáčkách a točivým momentem 600Nm při 1500 otáčkách za minutu

6. Návrh hnacího ústrojí

6.1. Znamé hodnoty:

Pro návrh použiji motor, kterým je poháněna DVH 1622N . Jedná se o čtyřtákní dvouválec Zetor 2001 s výkonem 18,7kW při 2200 otáčkách za minutu, točivým momentem 95 Nm při 1500 min⁻¹. Požadovaná maximální rychlost bez nákladu je 16,5

km/h. Rychlost s nákladem je 15,5 km/h. Rychlosti jsou malé, a proto zanedbávám odpor vzduchu. Průměr předního kola je 640 mm. Hmotnost na přední nápravu při plně naloženém vozíku je 4000 kg. Hmotnost na přední nápravu bez nákladu je 1000 kg.

6.2. Návrh spojky:

Moment, který je třeba přenést

$$M = M_{motoru} \cdot \beta = 98 \cdot \beta = 98 \cdot 2 = 196 \text{ Nm}$$

$$p = \frac{F_A}{S} = \frac{F_A}{\pi \cdot (R_e^2 - R_i^2)} \leq p_D = 2 \text{ MPa}$$

$$\delta = \frac{R_i}{R_e} \approx 0,7 \rightarrow R_i = 0,7 \cdot R_e$$

$$F_{A \max} = p_D \cdot \pi \cdot (R_e^2 - R_i^2) = 2 \cdot \pi \cdot 0,51 R_e^2 = 1,02 \cdot \pi \cdot R_e^2$$

Maximální přenesený moment $M = \mu \cdot F_{A \max} \cdot \frac{R_e + R_i}{2} \cdot n = \mu \cdot 0,867 \cdot R_e^3 \cdot \pi \cdot n$

$$R_e = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 1000}{\mu \cdot 0,867 \cdot \pi \cdot n}} = \sqrt[3]{\frac{196000}{0,2 \cdot 0,867 \cdot \pi \cdot 2}} = 56,45 \text{ mm}$$

$$R_i = \delta \cdot R_e = 0,7 \cdot 56,45 = 39,52 \text{ mm}$$

6.3. Návrh převodování:

Obvodová rychlost na kole:

$$v_k = r_k \cdot \omega_k$$

$$\omega_k = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{\pi \cdot n_m}{i_c \cdot 30}$$

Návrh prvního stupně z kinematicky

$$i_{c1} = \frac{r_k \cdot \pi \cdot n_m}{30 \cdot v_k} = \frac{0,32 \cdot \pi \cdot 1500}{30 \cdot 1,2} = 41,9$$

Návrh třetího stupně ze zatížení

$$i_{c3} = \frac{m \cdot g \cdot f \cdot r_k}{M_{motoru} \cdot \eta} = \frac{6100 \cdot 9,81 \cdot 0,04 \cdot 0,32}{98 \cdot 0,9604} = 8,1$$

Návrh třetího stupně z kinematiky

$$i_{c3} = \frac{r_k \cdot \pi \cdot n_{mmax}}{30 \cdot v_k} = \frac{0,32 \cdot \pi \cdot 2100}{30 \cdot 4,3} = 16,4$$

Jedná se o přímou tříhřídelovou převodovku, $i_3=1$. Převod diferenciálu proto bude $i_d=16,4$.

První stupeň převodovky:

$$i_1 = \frac{i_{c1}}{i_d} = \frac{41,9}{16,4} = 2,5$$

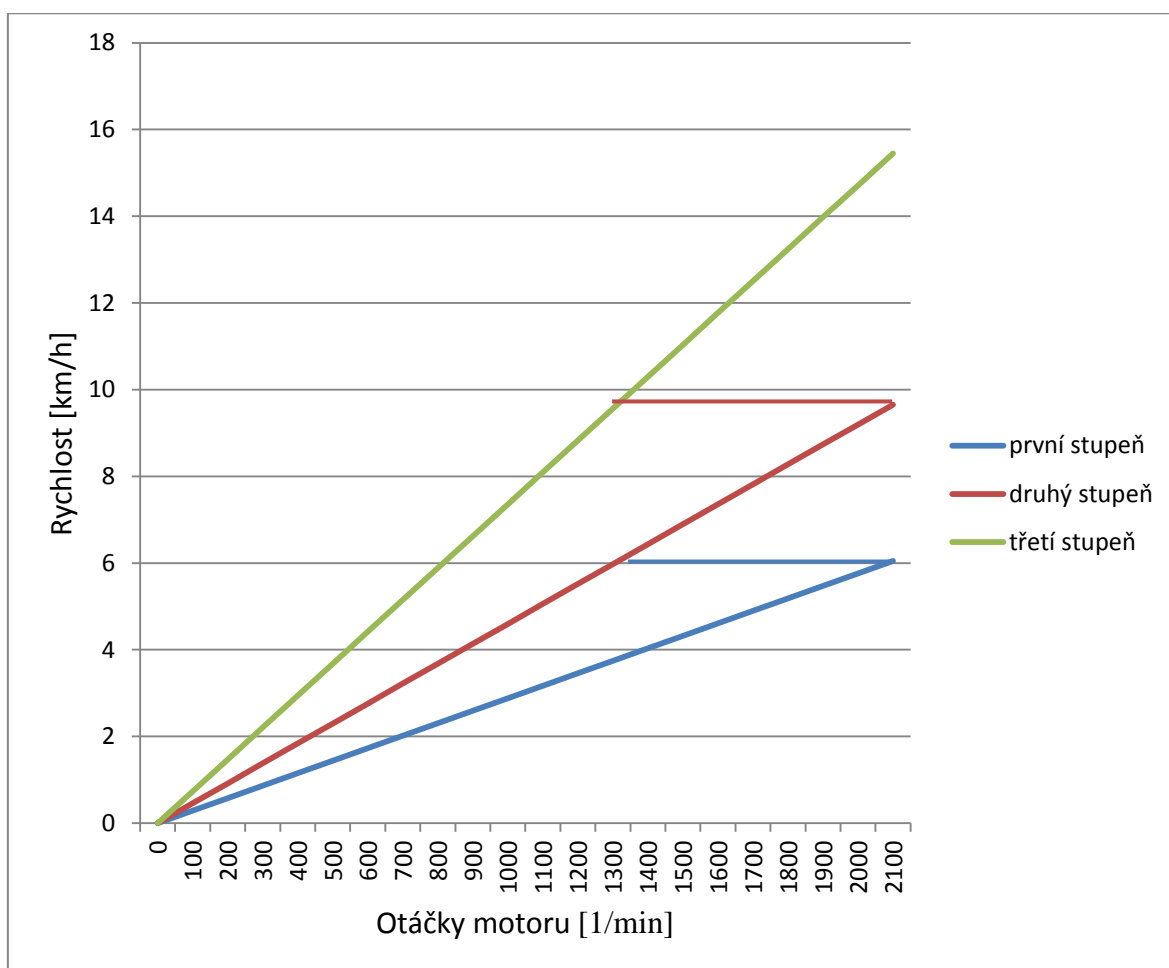
Odstupňování:

$$\delta = \sqrt{i_1} = \sqrt{2,5} = 1,6$$

Druhý stupeň převodovky:

$$i_2 = \delta = 1,6$$

6.4. Pilový diagram:



Závěr:

V závěru bych rád shrnul průběh a výsledky mé práce. Nejprve jsem se zabýval historií vozíků a vytáhl nejdůležitější milníky v jejich historii.

Následovala rešerše pohonných ústrojí, která byla komplikována nedostatkem informačních zdrojů, ale nakonec se mi podařilo shrnout to nejdůležitější z daného problému.

Pro model DESTA DVH 1622N jsem navrhl pohonné ústrojí. Nejprve jsem napočítal spojku a posléze zpřevodování vozíku. Pro návrh prvního i třetího rychlostního stupně jsem použil kinematické rovnice. Při návrhu třetího stupně ze zatížení vyházely velké skoky mezi jednotlivými stupni při řazení. Jako kinematický výstup jsem zpracoval pilový diagram.

Téma je to zajímavé a zůstává mnoho nezodpovězených otázek, na které jsem narazil v průběhu práce. Asi nejzajímavější by byla budoucnost vozíků. Převážně alternativy ke spalovacímu motoru, nebo automatizace řízení vozíku v halách.

Doufám, že práce bude přínosná nejen pro mne, ale i pro další, jež se rozhodnou zabývat vysokozdvížnými vozíky.

Seznam použitých značek

f	[-]	součinitel odporu valení
F_A	[N]	axiální síla ve spojce
F_{Amax}	[N]	maximální axiální síla ve spojce
g	[m.s ⁻¹]	tíhové zrychlení
i_1	[-]	převod prvního stupně
i_2	[-]	převod druhého stupně
i_3	[-]	převod třetího stupně
i_d	[-]	převod diferenciálu
i_{c1}	[-]	celkový převod na první rychlostní stupeň
i_{c3}	[-]	celkový převod na třetí rychlostní stupeň
m	[kg]	hmotnost vozíku
M	[Nm]	momentová kapacita spojky
M_{motoru}	[Nm]	moment na výstupu z motoru
n	[-]	počet ploch spojky
n_m	[min ⁻¹]	otáčky motoru
n_{mmax}	[min ⁻¹]	otáčky motoru při maximálním výkonu
P	[W]	výkon motoru
p	[Pa]	tlak mezi čelistmi spojky
p_D	[Pa]	dovolený tlak mezi čelistmi spojky
R_e	[mm]	vnější poloměr spojky
R_i	[mm]	vnitřní poloměr spojky
r_k	[m]	poloměr kola
S	[mm ²]	plocha spojky
v_k	[m.s ⁻¹]	obvodová rychlost kola
β	[-]	součinitel bezpečnosti
δ	[-]	poměr vnějšího a vnitřního poloměru spojky
η	[-]	účinnost převodů
μ	[-]	součinitel tření
ω_k	[s ⁻¹]	úhlová rychlost kola

Použité Zdroje

[1] History of clark. [online]. Clark history. [vid. 20.5.2015]. Dostupné

z: <http://www.clarktheforklift.com/history/history.asp>

[2] Clark forklifts truck basic parts diagram. [online]. Nomenclaturo. [vid. 26.5.2015].

Dostupné z: <http://www.nomenclaturo.com/clark-fork-lift-truck-basic-parts-diagram.html>

[3] Top 20 lift truck suppliers 2014. [online]. nmh. [vid. 30.5.2015]. Dostupné z:

http://www.mmh.com/article/top_20_lift_truck_suppliers_2014

[4] katalog Eurlift SDJ0516. [online]. Zeman-servis. [vid. 12.5.2015]. Dostupné

z: <http://www.zeman-servis.cz/zemanservis/eshop/2-1-Vysokozdvizne-voziky-rucni/0/5/202-Vysokozdvizny-vozik-Eulift-SDJ0516>

[5] vysokozdvížené vozíky ručně vedenné. [online]. matl-bula. [vid. 20.5.2015]. Dostupné

z: <http://www.matl-bula.cz/vysokozdvizne-voziky-rucne-vedene>

[6] retraky. [online]. jungheinrich. [vid. 29.4.2015]. Dostupné

z: <http://www.jungheinrich.cz/produkty/retrak/>

[7] katalog vozíků. [online]. jungheinrich. [vid. 2.5.2015]. Dostupné

z: <http://www.jungheinrich.cz/produkty/elektricky-vysokozdvizny-vozik/>

[8] YALE internal combustion diesel forklifts models. [online]. yale. [vid. 10.5.2015].

Dostupné z: <http://www.yale.com/north-america/en-us/product-overview/ice-pneumatic-tire-trucks/>

[9] katalog vozíků. [online]. DESTA. [vid. 13.5.2015]. Dostupné

z: <http://www.czas.cz/?PageId=20201>

[10] forklift operator safety training. [online]. masco. [vid. 3.6.2015]. Dostupné

z: http://www.masco.net/safety/forklift_safety/forklift_training_web_section1.html

[11] counterweight. [online]. 1.bo.blogspot. [vid. 5.6.2015]. Dostupné

z: <http://1.bp.blogspot.com/>

[puTHQg1aUCo/T1ubFHIgSII/AAAAAAAAADQ/5mJ8hHujBWk/s1600/bagian-forklift.jpg](http://1.bp.blogspot.com/puTHQg1aUCo/T1ubFHIgSII/AAAAAAAAADQ/5mJ8hHujBWk/s1600/bagian-forklift.jpg)

- [12] diagram zatížení. [online]. wikimedia. [vid. 14.6.2015]. Dostupné z:<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Plaque-de-charge-Chariot.jpg>
- [13] Is a forklift a safe substitute for an aerial platform?. [online]. fluidpowersafety. [vid. 8.5.2015]. Dostupné z:http://www.fluidpowersafety.com/fpsi_alert-39.html
- [14] lift truck mast hose reeving systém with chain guideway. [online]. google. [vid. 26.4.2015]. Dostupné z:https://www.google.cz/patents/US5890563?dq=forklift+chain&hl=cs&sa=X&ei=J_ULVYr_aJOTqyQPhrIGQDw&ved=0CEMQ6wEwBDgK
- [15] katalog semi-electric stacker. [online]. xilin. [vid. 21.5.2015]. Dostupné z:<http://www.xilin.com/semi-electric-stacker-cdd10b-iii15b-iii/>
- [16] návod k obsluze a údržbě vysokozdvížného vozíku s naftový motorem DVH 1622N
- [17] Doc. Ing. Vladimír Moravec, CSc. Mechanické a hydraulické převody. Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-807-0
- [18] Doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová, Ing. Jan Baněček, Ph.D., doc. Ing. Josef Kolář, CSc. Převodová ústrojí vozidel. Návrh odstupňování převodovek. Praha, 2014. ISBN 978-80-01-0557-1