

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zvedací zařízení na motocykl

Lifting Equipment for Motorcycle

Student:

Radka Caisová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Radka Caisová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Zvedací zařízení na motocykl**
Lifting Equipment for Motorcycle
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši k dané problematice.
2. Zvolte vhodnou koncepci a navrhnete konstrukci zvedáku. Požadovaný zdvih je 200 mm, hmotnost motocyklu do 200 kg.
3. Navrhnete pneumatický obvod a specifikujte jeho prvky.
4. Vytvořte výkresovou dokumentaci (minimálně pneumatické schéma a výkres sestavy).

Seznam doporučené odborné literatury:

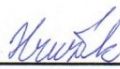
KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of fluid power: Part 2, Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.
Katalogy a podklady výrobců pneumatických prvků.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB–TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Radka Caisová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Závodí 1834, Frenštát p. R.,
74401

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CAISOVÁ, R. *Zvedací zařízení na motocykl: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2018, 46 s., Vedoucí práce: Dvořák, L.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem zvedacího zařízení pro motocykl. Součástí práce je rešerše zvedacích zařízení. V dalších kapitolách jsou navrženy možnosti pneumatických obvodů pro zvedák a také jeho konstrukční řešení. Konstrukční řešení je spočítáno. Je vyřešen jeden z návrhů, pro který jsou vybrány vhodné pneumatické komponenty. Řešení je doplněno o kontrolu průtokové propustnosti pneumatického systému, sestavným výkresem a schématem.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

CAISOVÁ, R. *Lifting equipment for Motorcycle: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydrodynamics and hydraulic Equipment, 2018, 46 p., Thesis head: Dvořák, L.

This bachelor thesis deals with design of lifting device for motorcycle. Part of the thesis is a survey of lifting equipment. In the next chapters the possibilities of the pneumatic circuits for the lifter and its design are suggested. The design solution is counted. One of the proposal is solved and suitable pneumatic components are selected. The solution is complemented by the flow permeability of the pneumatic system, the drawing documentation and the scheme of pneumatic circuit.

Seznam použitých značek.....	8
Úvod	9
1. Rozbor zdvihacích strojů	10
1.1 Jeřáby	10
1.2 Výtahy	11
1.3 Kladkostroj	11
1.4 Navijáky	11
1.5 Ručně poháněné zvedáky	11
1.6 Strojně poháněné zvedáky	13
2. Zvedáky motocyklů	13
3. Pneumatické mechanismy.....	15
3.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu	15
3.2 Pneumatický obvod	17
3.3 Pneumatické pohony.....	19
3.3.1 Porovnání pneumatických, elektrických a hydraulických pohonů.....	19
3.3.2 Pneumatické válce	21
3.3.3 Pneumatické rozváděče	22
3.3.4 Pneumatické ventily	23
4. Varianty provedení pneumatického zvedáku	24
4.1 Jednočinný válec.....	24
4.2 Dvojčinný válec se zámkem proti zasunutí	25
4.3 Dvojčinný pneumatický válec s brzdou	25
4.4 Dvojčinný válec s jednosměrnou brzdou	26
4.5 Dvojčinný válec s aretací pomocí stopperu	27
4.6 Dvojčinný válec se zámkem v koncových polohách.....	28
5. Varianty mechanické části zvedáku.....	28
5.1 Zvedání přímo válcem.....	28
5.2 Kyvné uložení	29
5.3 Nůžkový mechanismu	29
6. Řešení zvedáku	30

6.1	Výpočet.....	30
6.1.1	Výpočet sil.....	31
6.1.2	Výpočet válce.....	32
6.2	Pneumatické schéma a volba prvků.....	33
6.3	Výpočet průtokové propustnosti.....	36
6.4	Alternativní možnosti.....	37
6.5	Cenový návrh pneumatických prvků.....	38
7.	Závěr.....	39
	Literatura.....	41
	Seznam obrázků.....	43
	Seznam příloh.....	45

Seznam použitých značek

Značka	Název veličiny	Jednotka
D_1, D_2, D_3	Vnější průměr hadice	[mm]
F_1	Síla při vysouvání pístnice	[N]
F_2	Síla při zasouvání pístnice	[N]
F_g	Tíhová síla	[N]
F_r	Síla působící v rameni	[N]
F_v	Síla působící na válec	[N]
Q	Průtok	[l·min ⁻¹ (ANR)]
Q_{ekv}	Ekvivalentní průtok	[l·min ⁻¹ (ANR)]
S_1	Plocha pístu	[m ²]
S_2	Plocha mezikruží pístu	[m ²]
d	Průměr pístu	[m]
d_1, d_2, d_3	Vnitřní průměr hadice	[mm]
d_p	Průměr pístnice	[m]
h	Výška zdvihu	[m]
l_1, l_2, l_3	Délka hadice	[m]
m	Hmotnost	[kg]
p	Tlak	[Pa]
p_a	Absolutní tlak	[MPa]
p_n	Normální tlak	[MPa]
v	Rychlost	[m·s ⁻¹]
α	Úhel ramene	[°]

Úvod

Zvedáky jsou používány v mnoha oblastech lidské činnosti, může se jednat o stavebnictví, lodní přepravu, automobilový průmysl a mnoho dalších odvětví. Neméně důležité jsou i zvedáky pro motocykly. Při opravách je nutné motocykly pevně ustavit, a to za přední nebo zadní vidlici, případně za střední část rámu.

Tato bakalářská práce se soustředí na zvedací zařízení pro enduro motocykly, konkrétně zvedání pomocí stlačeného vzduchu. Na zvedáky obecně je zpracována rešerše, kde jsou uvedeny různé druhy, mechanismy a principy zvedání. Taktéž jsou zpracovány možnosti pneumatického obvodu pro zvedání a konstrukční provedení zvedáku, jejich výhody a nevýhody.

V praktické části je řešen konkrétní návrh zvedáku pro enduro motocykl. Z navržených variant v teoretické části je vybrán vhodný pneumatický obvod z hlediska funkčnosti i bezpečnosti a konstrukční řešení, k němuž je spočítán silový rozbor. Jsou navoleny vhodné komponenty, ke kterým je spočítána kontrola průtokové propustnosti a také jejich cenový návrh.

1. Rozbor zdvihacích strojů

Zvedací zařízení jsou nezbytná pro zvedání těles. Tělesa mívají různé rozměry a hmotnost, což jsou rozhodující veličiny při výběru vhodného zvedacího zařízení a jeho konstrukci. Důležitou roli hraje i výška zdvihu a jeho směr. Základními parametry zvedáku jsou tedy nosnost a zdvih.

Zvedáky můžeme rozdělit podle typu pohonu (např.: ruční, elektrický, hydraulický, pneumaticky, se spalovacím motorem), podle způsobu vykonávané práce (např.: nepojízdné, pojízdné, otočné), podle pracovního nasazení (např.: montážní, dílenské, stavební, přístavní).

Nejčastější rozdělení podle způsobu přenosu síly: mechanické, hydraulické, pneumatické a kombinované.

V následujícím textu jsou popsány různé varianty, jejich výhody a nevýhody.

1.1 Jeřáby

Jeřáby můžeme podle jejich konstrukce rozdělit na jeřáby mostové, portálové a poloportálové, sloupové a věžové, konzolové, silniční a kolejové, plovoucí a lanové jeřáby. Používáme je především v montážních halách těžkých strojů, hutních provozech, na stavbách. V přístavech se nečastěji setkáme s mostovými jeřáby pro vykládku a nakládku kontejnerů.



Obrázek 1 - portálový jeřáb²⁰

1.2 Výtahy

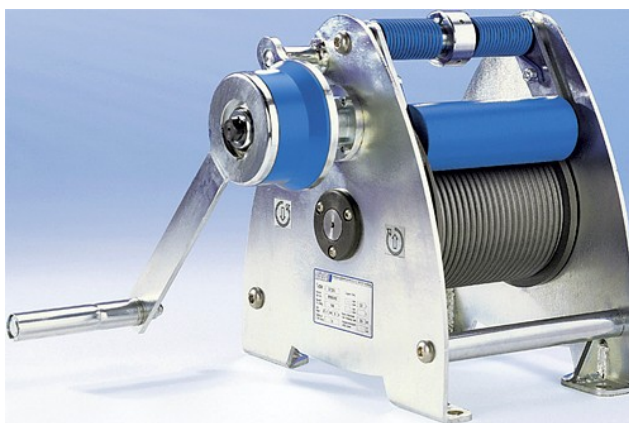
Výtahy neslouží jen k dopravě osob, ale používají se ve stavebnictví pro přepravu materiálu. Konstrukčně dělíme na klecové a plošinové. Návrh výtahu je náročný ze všech hledisek – technického, ekonomického a bezpečnostního

1.3 Kladkostroj

Kladkostroje dělíme na lanové a řetězové. Jedná se o mobilní a kompaktní řešení při manipulaci s drobnějšími břemeny v dílnách nebo při domácím použití v garáži. Kladkostroje se liší počtem kladek (jednoduché a násobné). V případě, že kladkostroj není přichycen pevně, ale může pojíždět, jedná se o tzv. kočku. Kočku můžeme zavěsit do I nebo H profilu.



Obrázek 2 – Řetězový kladkostroj ¹⁷



Obrázek 3 – Naviják ¹⁴

1.4 Navijáky

Lano popřípadě řetěz je navíjen na buben, ten je poháněn ručně nebo motorem. Dosahujeme velkých zdvihů, až několik desítek metrů. Naviják můžeme využít i pro vodorovný a šikmý pohyb (tažení břemene).

1.5 Ručně poháněné zvedáky

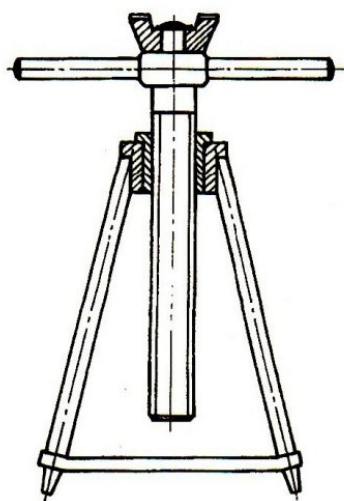
Vyznačují se jednoduchou konstrukcí, jsou lehce přemístitelné. Mají kratší zdvih a používají se spíše jako zvedáky v nouzi.

Šroubový zvedák (obr. 4) – Zde využíváme principu šroubového mechanismu, kde je matice pevně upevněna na konstrukci zvedáku. Otáčením šroubu se šroub vysouvá v matici a zvedá břemeno. Můžeme tedy využít ke zvedání, spouštění a držení břemene.

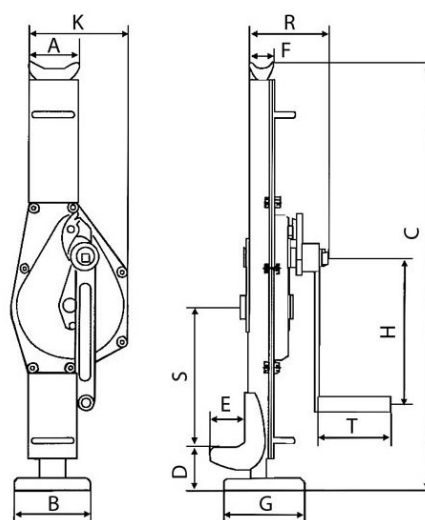
Matice má lichoběžníkový samosvorný závit. Zdvih do 300mm, nosnost 2-30t, malá účinnost.

Hřebenový zvedák (obr. 5) – Zde je rotační pohyb kliky převáděn na pohyb posuvný díky ozubenému kolu a hřebenu. Rohatka se západkou zajišťují fixaci břemene v požadované poloze.

Hydraulický zvedák (obr. 6) – Využíváme principu Pascalova zákona, ten nám říká, že tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalinu v uzavřené nádobě je ve všech místech kapaliny stejný. Zvedák obsahuje dva písty, břemeno je zvedáno větším z nich. Polohu břemene zajišťuje výtlačný ventil. Břemeno se spustí povolením přepouštěcího ventilu. Hydraulický zvedákem zvedáme vysoké hmotnosti, zdvih však nebývá příliš velký.



Obrázek 4 – Šroubový zvedák 12



Obrázek 5 – Hřebenový zvedák 27



Obrázek 6 – Ruční hydraulický zvedák 9

1.6 Strojně poháněné zvedáky

Jsou poháněny například elektromotorem. Převádějí točivý moment motoru na posuvný (zdvihový) pohyb zvedáku.

Šroubový zvedák (obr. 7) – podobně jako ručně ovládaný, ale místo vlastní síly rukou použijeme elektromotor s převodovkou, kterou zredukujeme otáčky.

Hydraulický zvedák (obr. 8) – Elektromotorem poháněné například zubové čerpadlo dodá potřebný tlak do přímočarého hydromotoru. Často použito v kombinaci s nůžkovým mechanismem.



Obrázek 7 – Šroubový zvedák poháněný elektromotorem¹⁸



Obrázek 8 – Hydraulický zvedák s nůžkovým mechanismem¹³

2. Zvedáky motocyklů

U většiny motocyklů je standardní sklopný stojan, který je připevněný na spodní část rámu motocyklu. Jeho použití je limitované pouze povrchem a náklonem terénu. Běžně se využívá na zpevněných površích, jako jsou pozemní komunikace, parkoviště, garáže. Pokud ale je nutné zvednout motocykl na nezpevněném povrchu, tak může nastat situace, kdy vlivem měkkého povrchu dojde k naklonění motocyklu a případně k jeho pádu. U sportovních závodních nebo enduro motocyklů je stojan namontovaný na rámu nežádoucí. Ten se může při kontaktu s povrchem uvolnit a zapříčinit tak pád nebo zranění. V těchto případech je vhodné použití externího zvedacího stojanu, který bude vyroben na míru daného motocyklu a bude zohledňovat způsob jeho použití. Jinak bude navržen stojan pro zvednutí závodního cestovního motocyklu, který bude používán výhradně na zpevněném povrchu. Může být osazen pojízdnými kolečky pro jednodušší manipulaci s motocyklem. Samotné zvedání bude realizované za přední nebo zadní

vidlici. U motocyklů určených pro enduro závody nebo motokros je nutné především hledět na stabilitu stojanu na nezpevněném povrchu.

Další varianta zvedáku pro motocykly je pro montážní a servisní práce. Jeho využití je hlavně v garážích a servisech, kde je zpevněná plocha. Tento zvedák musí být dostatečně stabilní pro práce na motocyklu. Také musí být univerzální nebo mít jednoduše výměnné adaptéry pro různé druhy motocyklů. Jeho technické řešení by mělo umožnit zvednutí lehkého malého motocyklu, ale i těžkého cestovního stroje o hmotnosti kolem 300kg. Způsob zvedání motocyklu u těchto zvedáků může mít několik variant.

Mechanické řešení zdvihu, kde ke zdvižení dojde překlopením páky. Takové řešení má výhodu, že nepotřebuje žádné připojení např. kabelem. Zvedák je možné umístit kdekoliv v garáži nebo servisu. Jeho nevýhoda je v páce, která musí být dostatečně dlouhá, aby bylo možné zvednout i těžší motocykl. Tuto páku je vhodné mít demontovatelnou, aby nepřekážela v pohybu a manipulaci kolem opravovaného motocyklu.



Obrázek 9 - Zvedák s pákou²⁴

Další varianta mechanického ručního zdvihu je pomocí lichoběžníkového šroubu a matice. Zde je ale nutné pro zdvih použít kliku, která by opět měla být odnímatelná. Nicméně řešení zvedání otáčením kliky není nejvhodnější pro servisní práce.

Variantu s lichoběžníkovým šroubem je možné rozšířit o elektropohon s převodovkou. Jedná se o elegantní řešení, ovšem hmotnost elektromotoru a převodovky bude ztěžovat manipulaci se zvedákem uvnitř objektu. Takové řešení zvedáku je vhodné jako pevně připevněné k podlaze. Jde i o přípojný kabel, který se může poškodit manipulací uvnitř garáže. Kabel je vhodné umístit do drážky v podlaze, kde nebude hrozit jeho poškození. Bez kabelové provedení by bylo možné s využitím stejnosměrného elektromotoru. Místo připojení kabelem by se použila baterie. Baterií je několik variant, olověné, Ni-Mh. Nevýhoda provedení s baterií je další rozměrové zvětšení a ještě vyšší hmotnost.

Dobíjení akumulátoru by mohlo probíhat dle potřeby a míry jeho vybití. Výhoda řešení pomocí lichoběžníkového šroubu je možnost zastavení zvedáku v libovolné poloze.

Jednou z variant je použití hydrauliky. Ta má velkou výhodu v možnostech zastavení v požadované poloze. Ale je zde opět nutnost připojení na elektrický rozvod a celé řešení hydraulického obvodu se zdrojem je pro aplikaci zvedáku motocyklů nejméně vhodný.

Zvedání pomocí pneumatického válce. U této varianty je možné využít pneumatického pohonu, který je svou konstrukcí podstatně lehčí a menší než elektromotor s převodovkou. Pneumatické válce jsou ideální na pohyb od jedné koncové polohy do druhé. Také toto řešení musí mít připojení, ale tentokrát na rozvod stlačeného vzduchu ne na elektrickou síť. Z hlediska bezpečnosti je nutné vyřešit zajištění v horní poloze. Jedna z možností je zajištění v horní poloze pomocí západky, která by byla ovládaná jednočinným pneumatickým válcem s pružinou vysunutý. Další možnost je pneumatický válec s brzdou. U takového provedení by byla možnost zastavení v libovolné poloze. Existují ještě pneumatické válce se zajištěním proti zpětnému pohybu. Je to jednodušší varianta válce s brzdou, pouze brání zasunutí nebo vysunutí pístnice bez přivedení ovládacího tlaku vzduchu na válec. Odstranění přívodu stlačeného vzduchu je možné pokud se použije vhodná velikost vzdušníku. Z něj by se odebíral přes regulátor stlačený vzduch pro pohyb pneumatického válce. Regulátorem by se také snížil potřebný tlak pro spuštění zvedáku do základní polohy. Tím by došlo k úspoře stlačeného vzduchu.

3. Pneumatické mechanismy

Fyzická síla člověka začíná být z důvodu automatizace nahrazována. K tomu se využívají různé druhy energie a jednou z těchto energií je stlačený vzduch. Nejedná se sice o nejlevnější formu energie, ale přináší řadu výhod. Největším nevýhodou jsou náklady na výrobu energie a její akumulace, následuje rozvod k zařízení. Počáteční náklady se můžou zdát vysoké, ale při bližší kalkulaci, kde zahrneme mzdu, nejsou náklady příliš vysoké. Musíme však zajistit absolutní těsnost rozvodu.

3.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu

- Vzduch, který je vhodný ke stlačení je všude kolem v neomezeném množství.
- Energii dopravíme pomocí potrubí, hadic na místo určené beze ztrát, přičemž nemusíme řešit zpětné vedení jako u hydraulických systémů.
- Je možno používat v prostředí, kde hrozí požár nebo výbuch.
- Velkým plusem je čistota. Při výrobě a spotřebě stlačeného vzduchu nedochází k znečišťování okolního prostředí. Můžeme tedy využít ve farmacii a potravinářství.
- Další výhodou je rychlost. Dosahujeme rychlostí až 3m/s.
- Vzhledem k výkonu jsou pneumatické motory poměrně robustní.

Stlačený vzduch má i své nevýhody jako je například hlučnost. Hlučnost způsobuje jak výroba energie (kompresor), tak i odfuk do atmosféry, ten je možné řešit přidáním tlumiče hluku. Další nevýhodou je nutná úprava vzduchu, podobně jako u ostatních medií. Je třeba odstranit pevné částice a nečistoty, taktéž i vlhkost. Tak zabráníme brzkému opotřebení pneumatických prvků. V případě existence olejové mlhy, zatěžujeme okolí vypouštěním do ovzduší. Ve srovnání s hydraulickým systémem nedosahujeme velkých sil, jelikož jsme omezeni tlakem 1MPa (10bar). Jednou z nevýhod můžou být i pořizovací náklady nebo náklady na výrobu stlačeného vzduchu.

Pro stlačení vzduchu jsou nejčastěji používány kompresory. Ty stlačují atmosférický vzduch na námi požadovaný tlak, vzduch je nasáván přes sací filtr, ten oddělí pevné částice. Častou variantou je centrální výroba stlačeného vzduchu, který se pak rozvádí k jednotlivým zařízením. V tomto případě již nemusíme provádět výpočet a navrhovat výrobu stlačeného vzduchu. Je možné využít i mobilních kompresorů. V případě výpočtu vždy uvažujeme nad budoucím pořízením dalších pneumatických zařízení, abychom poté nezjistili, že výroba stlačeného vzduchu není dostatečná, raději tedy předimenzujeme.



Obrázek 10 - Přenosný kompresor²⁵



Obrázek 11 – Vzdušník¹⁹

Důležitým faktorem je i zajištění čistoty vzduchu, tím zajistíme dlouhou životnost pneumatických komponentů. Volíme tedy správnou úpravnu vzduchu (FRL jednotku).



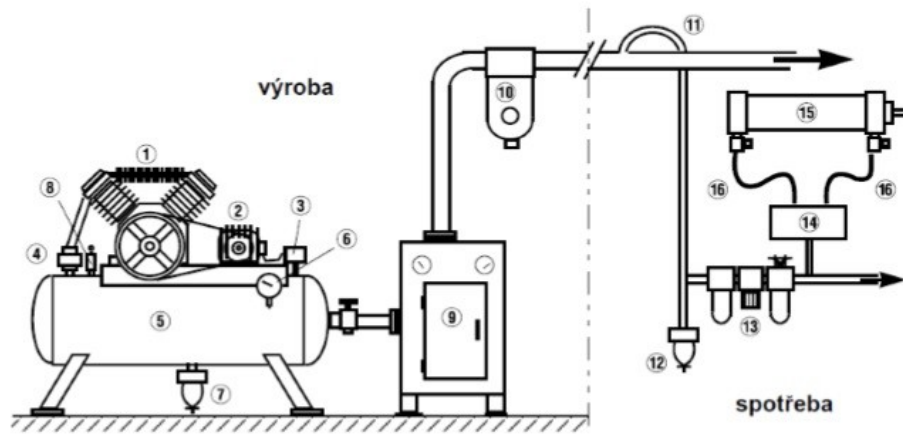
Obrázek 12 - Úpravna vzduchu ⁵

Vzduch můžeme akumulovat v zásobníku stlačeného vzduchu, který zaručuje plynulou dodávku energie při kolísání nebo jiném výpadku. Objem akumulátoru volíme podle spotřeby stlačeného vzduchu. Akumulátor musí být opatřen bezpečnostním přetlakovým ventilem.

Od kompresoru rozvádíme energii pomocí tlakových hadic a potrubím. V této síti by tlaková ztráta neměla přesáhnout 0,1 MPa. V případě netěsnosti v rozvodné síti čelíme velkým průtokovým ztrátám a navýšením nákladů na provoz.

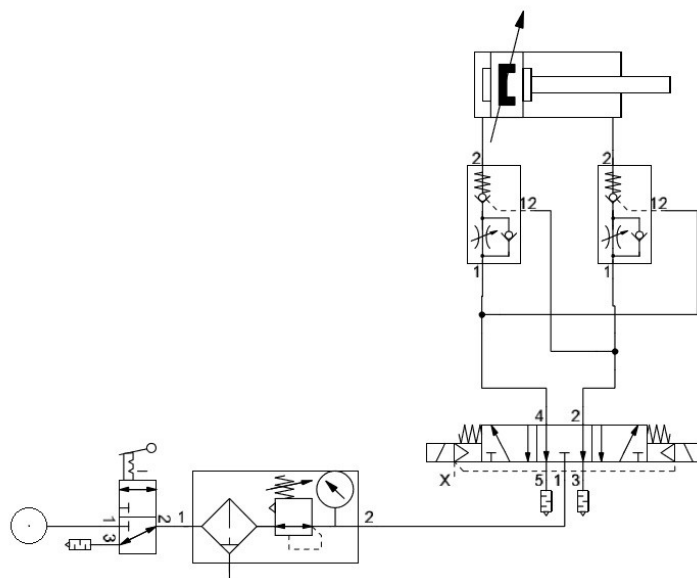
3.2 Pneumatický obvod

V pneumatických obvodech měníme energii stlačeného vzduchu na energii mechanickou. Pro přeměnu jsou využívány nejrůznější komponenty, jako například lineární a rotační pneumatické pohony a úchopné hlavice. Tyto pohony jsou řízeny pomocí série dalších pneumatických prvků, například rozváděči, které určují směr proudění média a tím i směr pohybu pohonu. Škrticími ventily můžeme regulovat rychlost vysouvání nebo zasouvání pohonu. Skladba celého pneumatického systému je uvedena na obrázku 13 a příklad pneumatického schémata je na obrázku 14.



- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 – kompresor | 9 – vysoušení vymrazováním |
| 2 – elektromotor | 10 – filtr hlavní větve |
| 3 – tlakový spínač | 11 – odbočka z hlavní větve |
| 4 – zpětný ventil | 12 – vypouštění kondenzátu |
| 5 – vzdušník | 13 – úpravna stlačeného vzduchu |
| 6 – manometr | 14 – rozváděč |
| 7 – vypouštění kondenzátu | 15 – pneumatický pohon |
| 8 – přetlakový pojistný ventil | 16 – škrticí ventil |

Obrázek 13 - Pneumatický systém ²



Obrázek 14 - Pneumatický obvod

3.3 Pneumatické pohony

Před každým zřízením pneumatického systému je třeba uvážit jeho vhodnost pro daný proces. Jsou procesy, kde pneumatické motory nacházejí větší uplatnění a naopak někde využijeme jinou alternativu. Pneumatiku vidíme nejčastěji na montážní nebo manipulační lince, a to hned z několika důvodů – lidská práce je příliš drahá, nutnost zrychlení montáže, výrobní linky, důvod může být i zlevňování pneumatických prvků a snížení pořizovacích nákladů, ty pak ve srovnání se mzdou pracovníka jsou podstatně nižší.

Pneumatický pohon můžeme nahradit buď pohonem elektrickým, pořizovací náklady jsou však velmi vysoké, nebo hydraulickým pohonem. Princip pneumatiky a hydrauliky je obdobný, liší se v hnacím médiu – kapalina (hydraulický olej) nebo vzduch. Přestože možnost aplikace kapaliny nebo vzduchu jsou takřka shodné, musíme brát v potaz několik rozhodujících faktorů.

3.3.1 Porovnání pneumatických, elektrických a hydraulických pohonů

Výhody hydraulického pohonu

- Vysoké tlaky
- Jelikož je kapalina nestlačitelná (0,5% při 7MPa), hydraulický pohon udrží sílu i při výpadku čerpadla.
- Vysoká tuhost
- Účinnost
- Plynulý chod, bez převodů

Nevýhody hydraulického pohonu

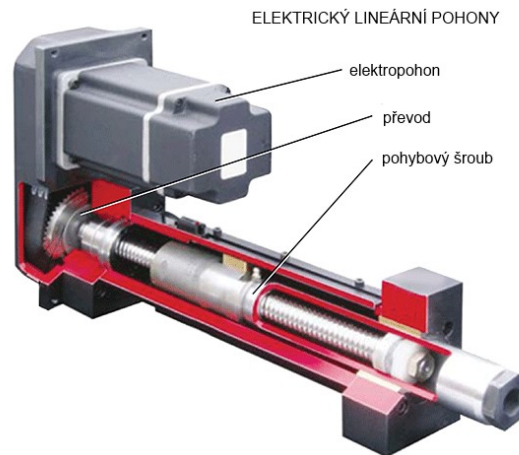
- Berme v potaz, jakou sílu potřebujeme, cenový rozdíl mezi hydraulikou a pneumatikou je značný, proto nás předimenzování může stát zbytečně více.
- Z důvodu menšího průtoku média nedosahujeme vysokých rychlostí Stejně jakou u pneumatiky, musíme dbát na těsnost rozvodu média
- Viskozita je závislá na teplotě, můžou se tak měnit tlakové poměry a z toho plynou i změny v rychlosti pohybu.
- V závislosti na médiu musíme dbát na tom, v jakém prostředí systém pracuje, ne všechny kapaliny jsou nehořlavé.
- Potřebujeme zdroj energie pro pohon čerpadla.
- V případě úniku kapaliny, může dojít k poškození, znečištění stroje.
- Hydraulické systémy jsou drahé, těžké a složité

Výhody elektrického pohonu

- Nejvyšší přesnost pro řízení polohy, vhodné i pro polohování mimo koncové polohy.
- Nehrozí únik kapaliny ani vzduchu

Nevýhody elektrického pohonu

- Výrazně vyšší pořizovací náklady než u pneumatiky
- V porovnání s pneumatikou omezený rozsah pracovní teploty



Obrázek 15 - Lineární elektrický pohon ¹⁰

Výhody pneumatického pohonu

- Čistota provozu
- Snadné připojení na centrální rozvod vzduchu.
- Rychlý pohyb
- Bezpečné pro použití v hořlavém, výbušném prostředí
- Obvod nemusí vracet vzduch zpět, odpadá nám tedy nutnost odpadní větve.
- Pohon může pracovat ve velkém rozmezí teplot, standardně -20 až 80°C, speciální provedení až do 250°C.
- Únik vzduchu není nebezpečný jako únik kapaliny u hydrauliky.
- Proti hydraulice nízká cena, hmotnost a minimální údržba.

Nevýhody pneumatických pohonů

- Cena výroby stlačeného vzduchu.
- Při malém zdvihu je regulace polohy velmi obtížná.
- Z důvodu stlačitelnosti vzduchu musíme počítat s pomalejší odezvou systému na regulaci.
- Při pomalé rychlosti bude pohyb nerovnoměrný, sekavý.

- Přesné ovládání pohonu vyžaduje proporcionální techniku, ta výrazně zvýší pořizovací náklady.

Z tohoto porovnání můžeme usoudit, že pneumtický pohon použijeme v případě potřeby nižšího výkonu, pro jednodušší obvody a tam, kde nám nevadí nerovnoměrný pohyb při nízké rychlosti.

3.3.2 Pneumatické válce

Transformuje dodanou energii stlačeného vzduchu na posuvný pohyb a dělí se na válce jednočinné a dvočinné. Tyto pohony se využívají ke zvedání, podávání, přemístění výrobků, nebo také k uchopení v případě úchopných hlavíc.

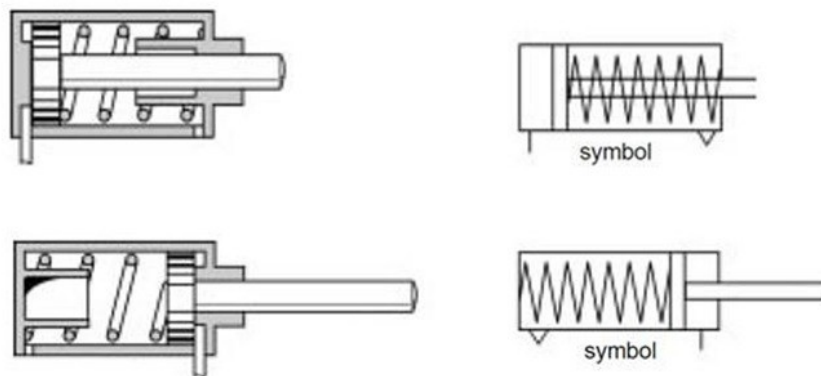


Obrázek 16 - Úchopová hlavice "gripper" ⁶



Obrázek 17 - Lineární pneumtický pohon ⁷

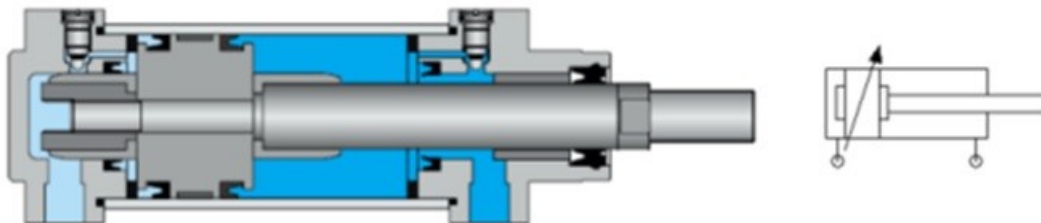
Jednočinný válec – vzduch je přiváděn z jedné strany, vratný pohyb koná pružina. Z toho vyplývá, že práce může být konána jen v jednom směru – odsun a následné vrácení do výchozí pozice nebo tzv. vyhazovač. Válce se vyrábějí ve variantě pružinou zasunutý i pružinou vysunutý.



Obrázek 18 - Jednočinný válec ²

Dvočinný válec – Vzduch je přiváděn do obou komor válce, takže práce může být konána v obou směrech. U této varianty dosahujeme vysokého zdvihu až 2 m. Můžeme

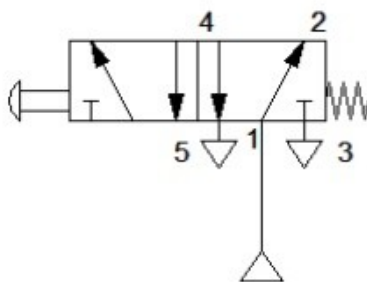
regulovat rychlost vysouvání i zasouvání pomocí škrticích ventilů na vstupu/výstupu z válce.



Obrázek 19 - Dvojitý válec²¹

3.3.3 Pneumatické rozváděče

Pomocí rozváděče řídíme rozběh (start), zastavení, směr proudění. Rozváděče někdy označované jako cestné ventily propojují jednotlivé cesty dle potřeby. Označení se řídí pravidlem- počet cest lomeno počet poloh (například páčky). Ve schématech je využíváno normalizovaných schematických značek. Počet poloh je dán počtem čtverců, šipky ve čtverci znázorňují směr pohybu vzduchu. Vstupy a výstupy se značí číslicemi.



Obrázek 20 - 5/2 ventil monostabilní, ovládaný tlačítkem, vratný pohyb koná pružina

5/2 ventil ovládaný tlačítkem, monostabilní

2/2 ventil se používá například pro odvzdušnění nebo uzavření.

3/2 ventil se používá k řízení jednočinného válce

4/2 a 5/2 ventily slouží k ovládání dvojitých válců

Ovládání rozváděčů

- ruční ovládání – tlačítko, páka, pedál
- mechanicky ovládané ventily – nájezdová kladka
- elektrické ovládání – elektromagnet
- pneumatické ovládání – ovládání pilotním signálem (přímé a nepřímé ovládání)
- výše uvedené možnosti jsou nejčastěji zkombinované



Obrázek 21 - Mechanicky ovládaný ventil⁸

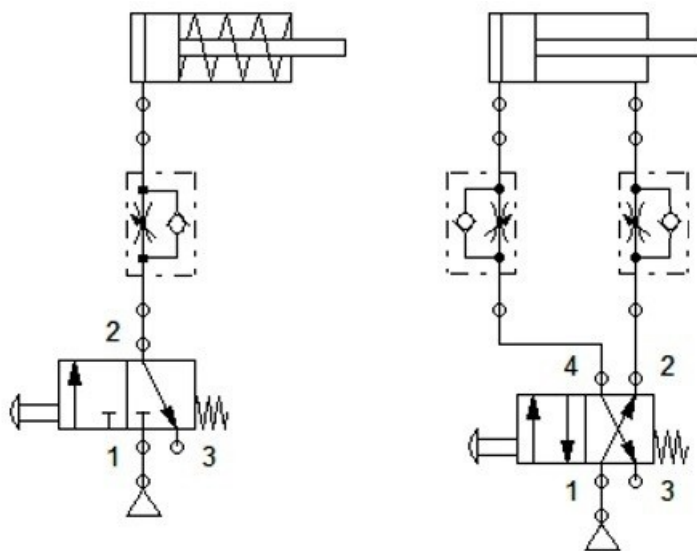
Konstrukce rozváděčů

- šoupátkové
- sedlové

3.3.4 Pneumatické ventily

Nedílnou součástí pneumatického systému jsou i ventily, které změnami průřezu mění průtok média – škrticí ventily, nebo blokují průtok v jednom směru – kombinované škrticí a jednosměrné ventily. Jsou konstrukčně jednoduché.

Pomocí škrticích ventilů řídíme rychlost zasouvání a vysouvání pístnice, přičemž v případě dvojčinného válce, rychlost vysunutí regulujeme na výstupu z válce a naopak.



Obrázek 22 - Použití škrticích ventilů v pneumatickém obvodu

4. Variety provedení pneumatického zvedáku

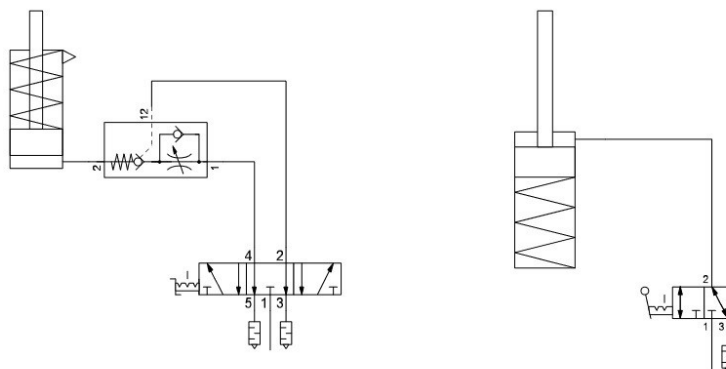
4.1 Jednočinný válec

Při použití jednočinného válce máme na vybranou ze dvou možností. Můžeme použít válec pružinou vysunutý nebo pružinou zasunutý. Na ovládání nám stačí jednoduchý 3/2 ventil, který při otevření pustí stlačený vzduch do válce a přetlačí pružinu. Tím dojde k vysunutí nebo zasunutí pístnice. Řešení s jednočinným pneumatickým válcem nám umožní pouze dvě krajní polohy zvedáku. Buď budeme v zasunuté poloze, nebo ve vysunuté poloze. Každá varianta jednočinného válce s pružinou má své výhody i nevýhody.

Jednočinný válec pružinou zasunutý nám umožní při odvzdušnění válce spuštění zvedáku do základní polohy. To je sice výhodné, ale při zvedání musíme nejenom zvedat hmotnost motocyklu, ale i přetlačit sílu pružiny. Také z hlediska bezpečnosti, když by došlo k poškození hadice u připojení k válci, tak by se nám zvedák okamžitě spustil dolů do základní polohy. Pro tento případ by bylo možné použít řízený zpětný ventil (ASP ventil od firmy SMC) na vstupu do válce a zároveň místo základního ručního 3/2 ventilu dát ručně ovládaný 5/3 ventil. Tímto 5/3 ventilem můžeme potom odvzdušnit jednočinný válec pod pístem a zároveň odemkneme zpětný ventil na vstupu do válce.

Jednočinný válec pružinou vysunutý. Toto řešení oproti předchozímu má výhodu, že nemůže dojít k samovolnému zasunutí válce a tím spuštění zvedáku do spodní polohy. Spuštění zvedáku provedeme přivedením stlačeného vzduch nad píst. Nicméně máme zde zásadní nevýhodu a to je, že síla pružiny nám nebude schopná zvednout motocykl.

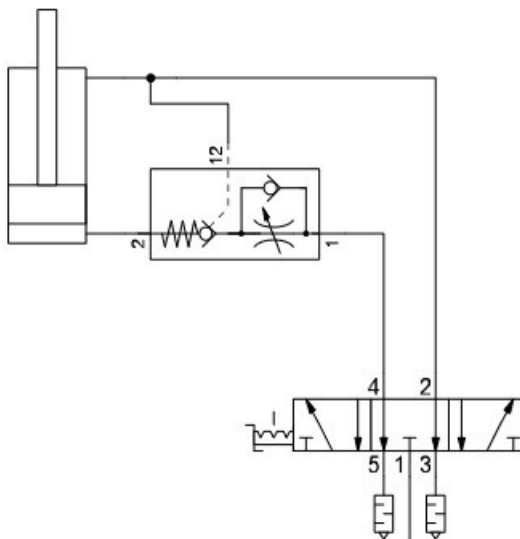
Ani jedna varianta použití jednočinného válce není optimální, vždy najdeme několik nevýhod.



Obrázek 23 - Použití jednočinného válce

4.2 Dvojitý válec se zámkem proti zasunutí

Varianta s dvojitým válcem a se zámkem proti spuštění. Jedná se o jednoduchou verzi, kde použijeme standardní dvojitý válec, do dolního připojení umístíme zámek. Tento zámek nám zajistí, že nedojde k samovolnému spuštění dolů, dokud nepřivedeme na vstup 12 zpětného ventilu stlačený vzduch. Pomocí ručního ovládacího ventilu 5/3 budeme ovládat jak vysunutí tak zasunutí válce. Nicméně tato varianta nám neumožní přesné zastavení v požadované poloze.



Obrázek 24 - Dvojitý válec se zámkem ASP

4.3 Dvojitý pneumatický válec s brzdou

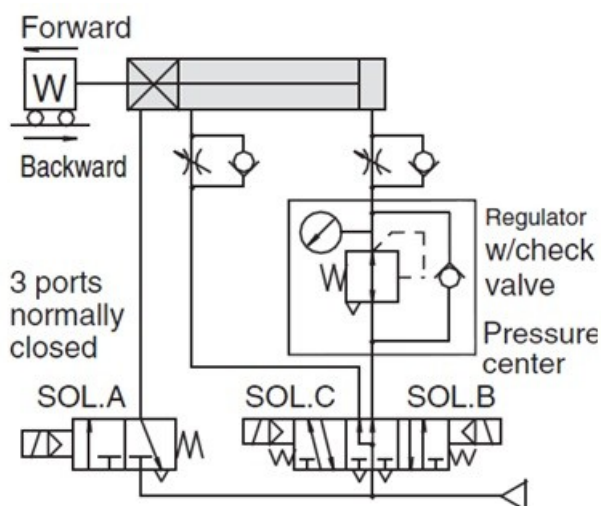
Zvedání pomocí pneumatického válce s brzdou. Pneumatický válec s brzdou řady CP95N je ISO válec, který má na pístnici brzdu. Brzda je pomocí pružin bez připojení stlačeného vzduchu v zabrzděném stavu. Teprve po přivedení stlačeného vzduchu na ovládání brzdy válce dojde k jejímu odbrzdění. Po odbrzdění je možné vysouvat nebo zasouvat (pohybovat pístnicí) jako standardní dvojitý válec. Brzda na válci nám umožní fixaci pístnice ve zvolené poloze a je schopná udržet dvojnásobek síly, kterou je možné vytvořit tlakem vzduchu na píst válce. Pro ovládání zdvihu je nejvhodnější 5/3 ventil se střední polohou zavzdušněnou. Tento ventil nám zajistí, aby obě komory zůstaly pod tlakem a v případě odbrzdění nedošlo k prudkému pohybu.

Výhoda takového řešení je v možnosti aretace (zabrzdění) pístnice v libovolné poloze. Nevýhoda je v nutnosti dvou ovládacích ventilů, jeden pro odbrzdění, druhý pro ovládání směru pohybu válce pro zvedání motocyklu. Rozměry pneumatického válce s brzdou jsou větší, než u válců bez brzdy. Je tedy nutné počítat s většími zástavbovými rozměry a také s větší hmotností. Větší rozměry nám komplikují konstrukční návrh samotného zvedáku,

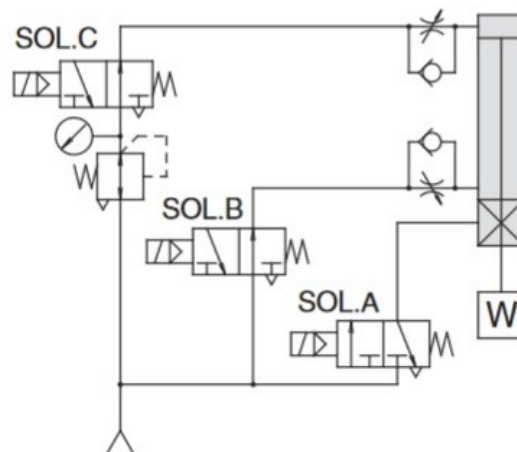
kde musíme vzít v potaz větší rozměry. Dále také válec s brzdou má větší hmotnost, plus větší hmotnost konstrukce z důvodů větších rozměrů válce s brzdou, nám zhorší manipulaci se zvedákem. Může také dojít i k některým omezením zdvihu, kdy bude problém navrhnout vhodnou konstrukci celého zvedáku.

Na ovládání brzdy válce použijeme ručně ovládaný 3/2 ventil s tlačítkem. Tlačítko zvolíme zapuštěné, aby nedošlo k jeho náhodnému stlačení a tím odbrzdění válce a nežádoucímu pohybu zvedáku. Pro pohyb samotného válce je nejvhodnější použití ručně ovládaného 5/3 nebo 4/3 ventilu. Pro zvednutí nebo zasunutí zvedáku musíme vždy brzdu odbrzdit. Je tedy nutné vždy stisknout tlačítko 3/2 ovládacího ventilu brzdy a zároveň pomocí ručního ventilu zvolit mezi zvedáním nebo spouštěním zvedáku.

Dále je vhodné umístit do obvodu redukční ventil, který zredukuje tlak pro spouštění. Ten se nastaví podle zatížení válce. Ručně ovládaný 5/3 nebo 4/3 ventil můžeme nahradit i dvěma 3/2 ventily, tak jako je vidět na obrázku č. 26, je zde i použití redukčního ventilu.



Obrázek 25 - Dvojitý válec s pneumaticky ovládanou brzdou²³



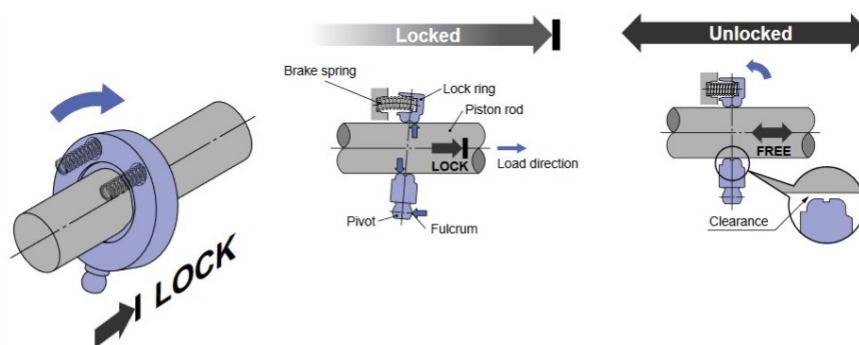
Obrázek 26 - Použití 3/2 ventilu²³

4.4 Dvojitý válec s jednosměrnou brzdou

Pneumatické válce řady CLQ mají jednodušší verzi brzdy. Jejich brzda je pouze jednosměrná, druhý směr válce umožňuje zasouvání nebo vysouvání (dle zvolené varianty) pístnice, aniž by bylo nutné odbrzdění brzdy válce. Pokud si zvolíme pro náš případ zvedáku variantu, která je zamčená proti zasunutí, tak můžeme vysouvat pístnici válce bez nutnosti stisknutí tlačítka brzy jako u předchozí varianty. Také zástavbové rozměry jsou menší a nejsme tak omezeni při mechanickém návrhu zvedáku při umístění válce. Princip válce CLQ je na obrázku č. 26. V podstatě se jedná o desku, která je kyvně uložena kolem pístnice. Pružiny ji vzpřídí na pístnici a znemožní tím pohyb pouze jedním směrem. Druhým se vždy při pohybu pístnice tato deska odlehčí a válec můžeme

vysouvat nebo zasouvat. Přivedením stlačeného vzduchu k ovládání brzdy dojde k narovnání desky a uvolnění pístnice.

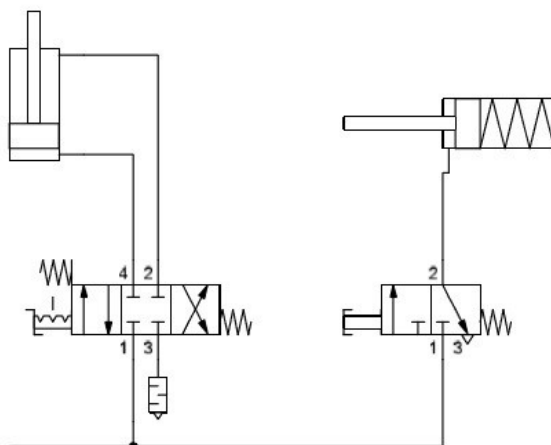
Výhoda tohoto řešení oproti předcházejícímu s válcem s brzdou řady CP95N je v ovládání zvedáku. Pro vysunutí stačí pouze přestavení ručního ovládacího 5/3 ventilu pro pohyb nahoru. V námi požadované poloze můžeme zastavit a nemusíme se zabývat odbrzděním a zabrzděním brzdy. Odbrzdít budeme potřebovat pouze pro spuštění zvedáku do základní polohy. To provedeme ručním 3/2 ventilem s tlačítkem. Pneumatické schéma zapojení je stejné jakou u varianty 4.3. Rychlost zvedání a spuštění nastavíme pomocí škrtícího ventilu.



Obrázek 27 - Princip CLQ ²²

4.5 Dvojčinný válec s aretací pomocí stopperu

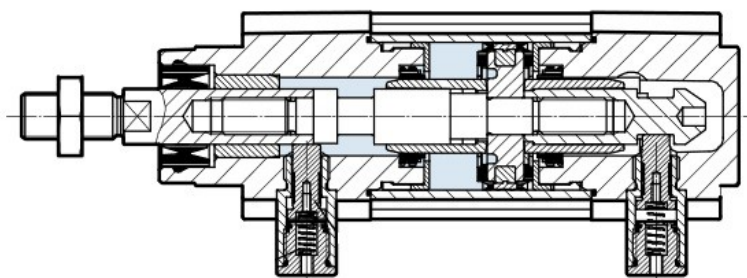
Další řešení je v použití dvou pneumatických válců. Jeden bude na zdvih a druhý bude ovládat západku. Na zdvih se použije dvojčinný válec a pro ovládání západky je vhodný jednočinný pružinou vysunutý. Ovládání by bylo shodné s variantou při použití válce CLQ. Můžeme vysouvat válec na zvedání zvedáku pouze pomocí ručně ovládaného 5/3 ventilu. Jednočinný válec pružinou vysunutý nám vždy zajistí zasunutí západky proti pohybu dolů. Nevýhoda tohoto řešení, je v předem pevně stanovených pozicích, ve kterých nám západka zaaretuje zvednutí zvedáku. Pro pohyb dolů uvolníme západku ručně ovládaným 3/2 ventilem s tlačítkem a nastavením hlavního ovládacího ventilu pro pohyb dolů. Konstrukčně má takové řešení několik nevýhod. První už byla zmíněná, že aretace výšky zvednutí je možná jen v předem daných pozicích. Další nevýhoda je v konstrukci, kdy jednočinný válec pružinou vysunutý musí být umístěn napříč než je hlavní zvedací válec. K tomu umístění se ještě přidá nutnost vhodného kluzného řešení a zároveň dostatečně pevného vedení západky. To nám rozměrově a hmotnostně nemusí vyhovovat při řešení zvedáku. Na obrázku je pneumatické schéma pomocí dvou válců.



Obrázek 28 - Dvojitý válec s aretací pomocí stoperu

4.6 Dvojitý válec se zámky v koncových polohách

Použití dvojitýho válce se zámky v koncových polohách řady DSBC - E1 je varianta, kde při dosažení krajní polohy dojde k automatickému uzamčení válce v této pozici. Pneumatický válec má pouze dva vstupy na stlačený vzduch. Odemčení zámku je provedeno připojením stlačeného vzduchu do válce pro požadovaný směr pohybu. Princip válce je vidět na obrázku č. 29. Takové řešení pneumatického obvodu je jednoduché, nepotřebujeme další ventil pro ovládání zámku, jako bylo u pneumatických válců s brzdou. Nevýhoda z mechanického hlediska je, že zvedák může pracovat pouze ve dvou polohách. Buď bude zvedák v dolní, nebo v horní poloze. Žádná další varianta mezipolohy není možná.



Obrázek 29 - Řez válcem FESTO typ DSBC - E1 ¹²

5. Variety mechanické části zvedáku

5.1 Zvedání přímo válcem

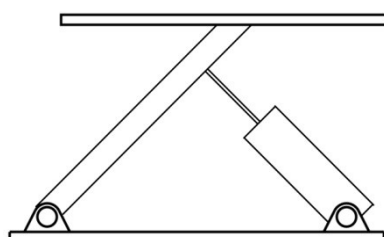
Přizvedání přímo válcem, přichází v úvahu velmi jednoduchá konstrukce pístového zvedáku. Můžeme použít standardní válec bez vedení, ten ale není příliš vhodný z důvodu namáhání pístnice na vzpěr a také z důvodu klopného momentu. Lepší variantou je válec s vedením a to buď s kluzným, nebo valivým. V případě valivého vedení uvažujeme větší

rychlost a přesnost, což u zvedáku na motocykl není potřeba. Vhodnějším by bylo kluzné vedení, které je levnější. Sice není tak přesné, ale pro podmínky zvedáku pro motocykl dostačující.

Tento typ zvedáku je spíše vhodný pro umístění do šachty, v tom případě by byl nenáročný na prostor. S tímto typem zvedáku se setkáme spíše ve variantě s přímočarým hydromotorem a s nájezdovou konstrukcí ve tvaru „H“ pro auta.

5.2 Kyvné uložení

V případě kyvného uložení se taktéž jedná o jednoduchou konstrukci. Nevýhodou však je posuv zvedané plochy nejen nahoru, ale i do strany.



Obrázek 30 - náčrt kyvného uložení

5.3 Nůžkový mechanismu

Jedna z variant nůžkového mechanismu se skládá z ramen, které jsou spojeny čepy. Na jedné straně je uložení otočné, na druhé je uložení posuvné v kolejnici nebo vodičí dráze. Mechanismus může být jedonůžkový i vícenůžkový, záleží na požadovaném zdvihu. Nůžkový mechanismus je jednoduchý vzhledem k rozsahu zdvihu a jeho zatížení.



Obrázek 31 – Jednonůžkový mechanismus¹⁵



Obrázek 32 – Zdvihový vozík s dvojitým nůžkovým mechanismem¹⁶

Druhá varianta nůžkového mechanismu je bez pojezdu. V případě pro pneumatický zvedák nahradíme horizontálně umístěný šroub pneumatickým válcem. Pneumatický válec můžeme umístit i vertikálně, ale v případě použití válce s brzdou narůstají rozměry

válce, zvedák se pak nevejde pod zvedané břemeno. Řešením by bylo zapuštění do šachty.



Obrázek 33 – Šroubový zvedák²⁶

6. Řešení zvedáku

Pro zvedák navrhují nůžkové konstrukční řešení bez pojezdu a lineární dvojčinný pneumatický válec. Ideální varianta umístění válce je vertikálně, kde by při vysouvání pístnice tlačila přímo na horní část zvedáku. Využilo by se efektivně celé délky jeho zdvihu. Původním plánem byl pneumatický válec od firmy SMC typ CLQ s brzdou jednoho směru pohybu, v tomto případě by se jednalo o brzdu proti vysunutí, ale z důvodu nízkého standardního zdvihu, pouze do 100mm, není válec vhodný. Proto byl vybrán válec taktéž od firmy SMC, a to standardní válec C55, doplněný a škrticí a zpětný ventil se zámkem typu ASP. Ten bude umístěn na vstupu i výstupu z válce.

Polohu válce ve zvedáku volím horizontální, a to z důvodu ověřené konstrukce se šroubem. Nevýhodou umístění horizontálně je, že musíme pro zvednutí zasouvat pístnici pneumatického válce a tlak tím bude přiváděn na menší plochu pístnice, to může způsobit, že bude potřeba válec většího průměru. Pro zjištění průměru pístu musím nejdříve spočítat, jaká síla bude na válec vyvíjena.

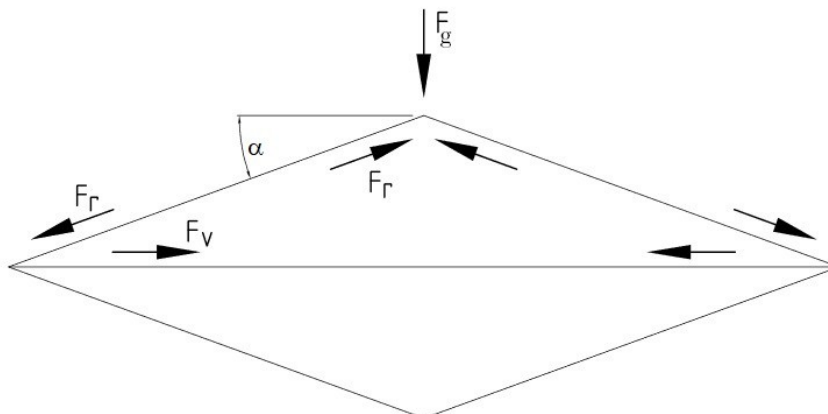
6.1 Výpočet

Navrhují zvedák, který má nosnost $m = 200$ kg, zdvih $h = 0,2$ m, výška zvedáku ve spodní poloze nesmí přesáhnout 0,35 m. Nejprve musím vypočítat silový rozklad v nůžkovém zvedáku, poté potřebný průměr a zdvih pneumatického válce. Pro výpočet síly působící na válec počítám několik poloh zvedáku.

Síla působící na zvedák:

$$F_g = m \cdot g = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ N} \quad (1)$$

kde g je tíhové zrychlení Země $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



Obrázek 34 - Rozklad sil

6.1.1 Výpočet sil

Vypočítám sílu F_r , která bude působit v rameni. Úhel α ve výpočtu volím 30° .

$$F_r = \frac{F_g}{2 \cdot \sin(\alpha)} = \frac{1962}{2 \cdot \sin(30^\circ)} = 1962 \text{ N} \quad (2)$$

Vypočítám sílu F_v , která bude působit na válec.

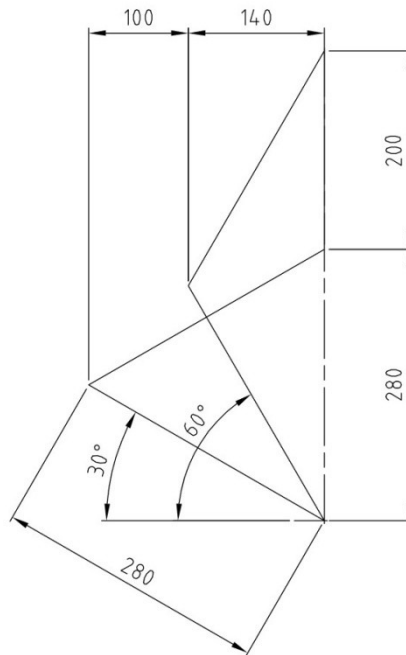
$$F_v = 2 \cdot F_r \cdot \cos(\alpha) = 2 \cdot 1962 \cdot \cos(30^\circ) = 3398 \text{ N} \quad (3)$$

Sestavila jsem tabulku pro různé úhly, pro zvolení vhodného počátečního a koncového úhlu zvedáku.

úhel	[°]	10	20	30	40	45	50	60	70	80
F_r	[N]	5 649	2 868	1 962	1 526	1 387	1 281	1 133	1 044	996
F_v	[N]	11 127	5 391	3 398	2 338	1 962	1 646	1 133	714	346

Tab. č. 1 – Sílu působící v ramenech

Počáteční úhel volím 30° . Nižší úhel by vyžadoval větší sílu a větší průměr pístu. Koncový úhel volím 60° . Z náčrtu na obrázku č. 34 je zřejmé, že pro zdvih 200 mm je úhel 60° vyhovující. Zároveň vyhovuje výška počáteční polohy pro zasunutí zvedáku pod motocykl.



Obrázek 35 - Náčrt konstrukce

6.1.2 Výpočet válce

Z výpočtu vychází, že při úhlu 30° je síla působící na válec $F_v = 3398$ N, která působí na mezikruží ve válci.

Tlak p v obvodu volím $8 \cdot 10^5$ Pa.

Výpočet pro válec o standardním průměru $d = 0,063$ m

- Síla při vysouvání pístnice

$$p = \frac{F_1}{S_1} \rightarrow F_1 = p \cdot S_1 = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 8 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 2493,8 \text{ N} \quad (4)$$

- Síla při zasouvání pístnice

Průměr pístnice $d_p = 0,02$ m

$$\text{Plocha mezikruží} \quad S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} = 2,803 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (5)$$

$$p = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = p \cdot S_2 = 8 \cdot 10^5 \cdot 2,803 \cdot 10^{-3} = 2242,4 \text{ N} \quad (6)$$

Z výpočtů je zřejmé že válec o průměru $d = 0,063$ m nespĺňuje požadavky, $2242,4 < 3398$. Volím tedy nejbližší vyšší, tedy $d = 0,08$ m.

Výpočet pro válec o standardním průměru $d = 0,08 \text{ m}$

- Síla při vysouvání pístnice

$$p = \frac{F_1}{S_1} \rightarrow F_1 = p \cdot S_1 = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 8 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 4021,2 \text{ N} \quad (6)$$

- Síla při zasouvání pístnice

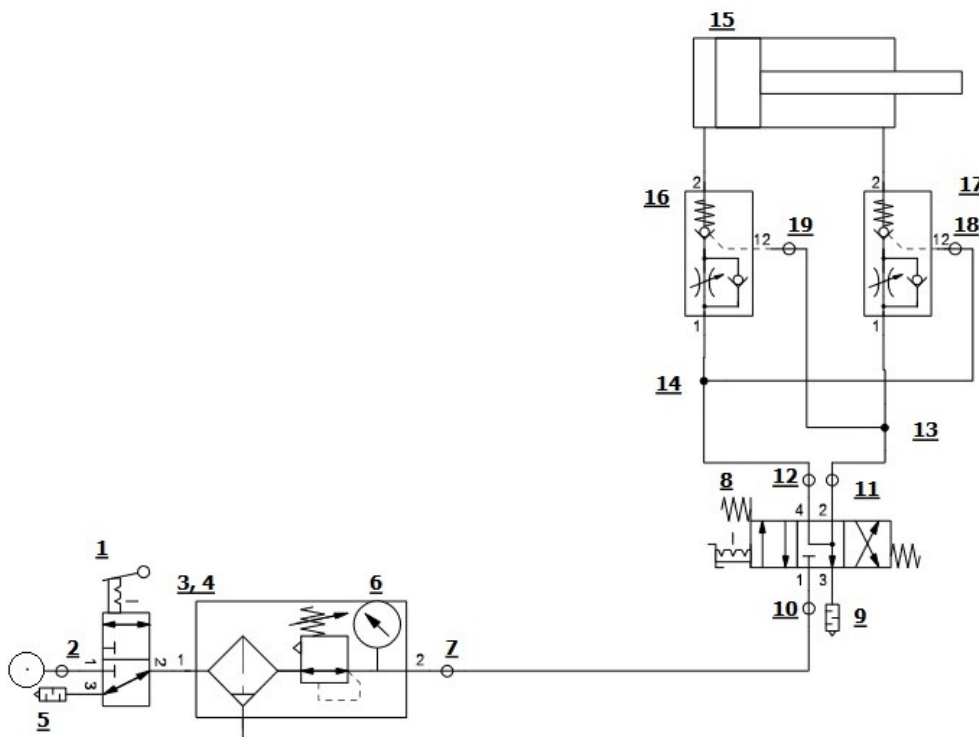
Průměr pístnice $d_p = 0,025 \text{ m}$

Plocha mezikruží $S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 4,5357 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (7)$

$$p = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = p \cdot S_2 = 8 \cdot 10^5 \cdot 4,5357 \cdot 10^{-3} = 3628,56 \text{ N} \quad (8)$$

$3628,56 > 3398 \rightarrow$ Válec o průměru $d = 0,08 \text{ m}$ vyhovuje.

6.2 Pneumatické schéma a volba prvků



Obrázek 36 – Schéma

Rychlost zvedání a spouštění seřídíme pomocí škrticích ventilů, jelikož rychlost pohybu je závislá na průtoku vzduchu přes škrticí ventily. Ve většině případů se umístí škrticí ventil přímo na pneumatický válec. Pro plynulý pohyb pístu a seřízení jeho rychlosti, se škrťí na výstupu vzduchu z pneumatického válce. V případě tohoto zvedáku

by bylo vhodné umístění škrticích ventilů v kombinaci s tlumičem hluku na výstup z ručně ovládaného ventilu, ale ventily ASP jsou již osazené škrticím ventilem, takže zůstaneme u seřizování na válci.

Optimální čas zvedání pro zdvih zvedáku $h = 0,02$ m je do 5 s z jedné krajní polohy do druhé. Volím tedy čas $t = 4$ s.

$$v = \frac{h}{t} = \frac{0,02}{4} = 0,005 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (9)$$

Pro volbu prvků musím spočítat průtok Q .

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} \cdot 0,005 \cdot \frac{0,9}{0,1} = 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (10)$$

$$= 135,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

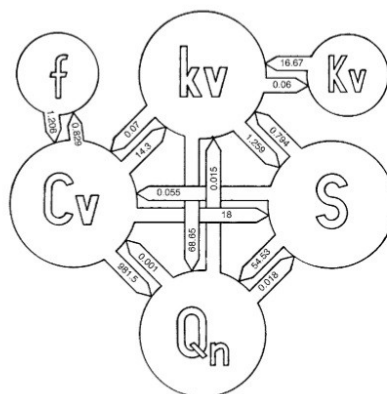
kde $p_n = \text{normální tlak} = 0,1 \text{ MPa}$ a $p_a = p + p_n$.

Pozice č. 1 a 4

Úpravna vzduchu je složená ze dvou prvků. Na vstupu je ručně ovládaný 3/2 ventil, za ním je potom filtr-regulátor v jednom prvku. Filtr-regulátor nám umožní jak filtraci stlačeného vzduchu, tak i jeho regulaci na požadovaný tlak, který je v mém případě 0,8MPa. Dle požadavků se může doplnit o bezpečnostní ventily, náběhové ventily nebo tlakové snímače. Úpravna vzduchu může být pro každé zařízení zvlášť, ale pokud máme například oplocené robotizované pracoviště, tak bude na jednu úpravnu vzduchu připojený robot, stopery na dopravníku, výtahy dopravníku.

Volím filtr-regulátor od firmy SMC řady AW20-B, který má regulovatelný rozsah dle katalogu 0,05 - 0,85 MPa a průtok $Q = 850 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (ANR). Filtrační schopnost je 5 mikrometrů. Ručně ovládaný uzamykatelný 3/2 ventil VHS20-B, u něž firma SMC uvádí poměrný průřez $S_p = 16 \text{ mm}^2$. Pro vypočítání průtoku Q potřebuji znát násobný koeficient pro jednotky průtoku, kterým vynásobím poměrný průřez, ten zjistím z obrázku č. 37. Z obrázku vidím, že pro převod z plochy na průtok je koeficient $k = 54,53$. Zvolený 3/2 ventil má tedy průtok $Q = 872,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (ANR).

Filtr-regulátor a 3/2 ventil jsou spolu spojeny upevňovacím úhelníkem viz. pozice č. 4, ten bude v případě tohoto zvedáku upevněn na zdi, naskýtá se tak možnost připojení dalšího zvedáku nebo dalšího pneumatického zařízení na tuto úpravnu vzduch. Záleželo by však na celkovém průtoku, popřípadě by se mohla zvolit úpravna vzduchu řady AW30 nebo AW40. Manometr je přímo našroubovaný na filtr-regulátor (pozice č.6)



Obrázek 37 – Násobné koeficienty pro jednotky průtoku ²

Pozice č. 5 a 9

V obvodu jsem použila i tlumiče hluku, které snižují hlučnost při vyfukování vzduchu z pneumatického ventilu nebo rozváděče.

Pozice č. 8

Ručně ovládaný 4/3 ventil s pákou. Na ovládání pneumatického válce je použitý ventil od firmy SMC řady VH211. Jeho střední poloha je odvzdušněná. Je to z důvodu použití vzduchem ovládaných zpětných ventilů na pneumatickém válci. Těleso ventilu je uzpůsobeno na připevnění buď do panelu, nebo na desku. Pomocí páky můžeme plynule regulovat průtok stlačeného vzduchu přes ventil a tím si ovládat rychlost vysouvání nebo zasouvání pneumatického válce. Ventil bude umístěn na panelu pod zvedákem mimo jeho vnější obrys, tak aby nedošlo o zavazení o páčku při pohybu kolem motocyklu.

Pozice č. 15

Pro zvedání je použit dvojčinný pneumatický kompaktní válec dle normy ISO 21287. Protože je podle normy, je možné jej pořídit od kteréhokoliv výrobce, všechny upevňovací rozměry se budou shodovat. Od dvou největších firem se jedná o tyto řady pneumatických válců, SMC má řadu C55 a Festo výrobní řadu ADN.

Pozice č. 16 a 17

Pneumaticky ovládaný zpětný ventil se škrticím a zpětným ventilem řady ASP od firmy SMC. Tento ventil se montuje přímo na pneumatický válec. Můžeme u něj nastavit na škrticím ventilu rychlost průtoku vzduchu a zároveň z druhé větve pneumatického obvodu ovládat zpětný ventil. Bez přivedení stlačeného vzduchu na ovládání zpětné klapky nedojde k jeho uvolnění a tím máme umožněno zastavení pneumatického válce v mezipoloze a i zajištění proti samovolnému spuštění válce při případném poškození hadice mezi ventilem a válcem.

Pozice č. 20 a 21

Pro obvod volím polyuretanové hadice. Na pozici č. 20 je hadice o vnějším průměru $D_1 = 12 \text{ mm}$, světlosti $d_1 = 8 \text{ mm}$ a délce $l_1 = 10 \text{ m}$. Tato hadice může být spirálová. Na pozici 21 volím hadici o vnějším průměru $D_2 = 8 \text{ mm}$, světlosti $d_2 = 6 \text{ mm}$ a délce $l_2 = 1 \text{ m}$. V obvodu se nachází i hadice o vnějším průměru $D_3 = 6 \text{ mm}$ a světlosti $d_3 = 4 \text{ mm}$. Jedná se o hadici pro ovládání ASP ventilu, řídicí signál nepotřebuje velký průměr hadice a hadice je zároveň vizuálně odlišena pro případnou údržbu.

Součástí obvodu jsou i šroubení, která jsou volena podle závitů na jednotlivých komponentech.

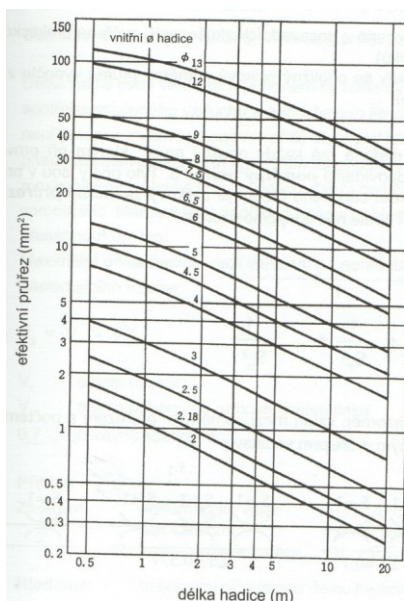
6.3 Výpočet průtokové propustnosti

Výpočet slouží ke kontrole správnosti navolených komponentů. V katalogu je u každého prvku uveden přímo průtok komponentu Q , nebo je uveden poměrný průřez. Ten přepočítáme na průtok pomocí koeficientu, který je pro převod z plochy na průtok 54,53.

Kontrolu provedu pro prvky:

- 3/2 uzamykatelný ventil
- Filtr-regulátor
- 4/3 ruční ventil
- Škrticí a zpětný ventil se zámkem
- hadice o světlosti $d_1 = 8 \text{ mm}$ a délce $l_1 = 10 \text{ m}$
- hadice o světlosti $d_2 = 6 \text{ mm}$ a délce $l_2 = 1 \text{ m}$

Pro zjištění propustnosti hadice využiji obrázek č. 38. Z něj vyčtu efektivní průřezy pro mnou zvolené průměry a délky a vynásobím koeficientem $k = 54,53$.



Obrázek 38 - Efektivní průřez hadic v závislosti na jejich délce ²

Prvek	Typ	Propustnost [$l \cdot min^{-1}(ANR)$]
3/2 uzamykatelný ventil	VHS20-F02B	872
Filtr-regulátor	AW20-F02H-B	850
4/3 ruční ventil	VH211-F02	409
Škrticí a zpětný ventil se zámkem	ASP330F-01-08S	180
Hadice pr. 8mm, délka 10m	-	818
Hadice pr. 6mm, délka 1m	-	982

Tab. č. 2 – seznam počítaných prvků

Spočítaný průtok $Q = 182 l \cdot min^{-1}$ musí být menší než spočítaný Q_{ekv} .

Průtokovou propustnost vypočítám ze vzorce:

$$Q_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{872^2} + \frac{1}{850^2} + \frac{1}{409^2} + \frac{1}{180^2} + \frac{1}{818^2} + \frac{1}{982^2}}} \quad (11)$$

$$= 154,2 l \cdot min^{-1}(ANR)$$

(12)

$$Q_{ekv} > Q$$

$$154,1 > 135,7$$

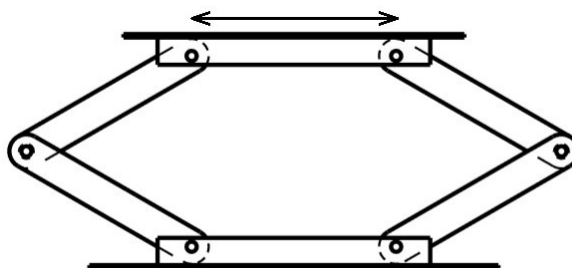
Podmínka správné volby prvků je tedy splněna.

6.4 Alternativní možnosti

Alternativní řešení je v možném zdvojení pneumatických válců do tandemu. Buď můžeme použít dva menší válce o stejné délce zdvihu. Dva menší válce vedle sebe se v konstrukci dají umístit, ale cenově se posuneme podstatně výš. Nejedná se jen o cenu za dva pneumatické válce, ale i o použité šroubení.

Snížením úhlu ramene zvedáku v dolní poloze na 20° , potřebujeme sílu, dle tabulky č. 1, 5391 N. To znamená použití pneumatického válce o průměru 125 mm, ale při zvedání zvedáku se nám potřebná síla snižuje. Což je nevýhodné zbytečně plýtvat stlačeným vzduchem pro pohon v celém rozsahu zdvihu. Řešením by bylo ponechání původního horizontálně upevněného pneumatického válce, který doplníme vertikálně umístěným válcem o menším zdvihu. Tento pneumatický válec by nám pomohl v první fázi zvedání zvýšit sílu potřebnou pro překonání úhlu ramen zvedáku. Jeho pístnice by nebyla pevně spojená s konstrukcí, pouze by pomohla zatlačit na konstrukci a pak zůstala vysunutá. Nevýhoda takového řešení je v synchronizaci při spouštění zvedáku. Došlo by nám k zasunutí pístnice pomocného pneumatického válce dřív, než by se o něj opřela konstrukce.

Naskýtá se možnost použití válce s brzdou pro oba směry pohybu, a to v případě oddálení ramen nůžkového zvedáku, náčrt konstrukce na obr. č. 39. To proto, že válec s brzdou má velké zástavbové rozměry a jeho umístění do konstrukce by jinak nebylo možné. Bohužel i toto řešení má nevýhodu, a to v umístění pod motocykl. Pod motocyklem mám k dispozici 800 mm, a to nemusí stačit pro konstrukci zvedáku při jeho dolní poloze. Zvedák sice můžeme pod motorkou otočit o 90°, ale toto řešení je nešikovné, kvůli pohybu kolem motocyklu.



Obrázek 39 - Náčrt alternativy

6.5 Cenový návrh pneumatických prvků

Cena se samozřejmě odvíjí od počtu vyráběných kusů. V tabulce jsou uvedeny doporučené ceny pneumatických prvků od firmy SMC.

SMC kód	počet kusů	CZK/ks	CZK celkem
VHS20-F02B	1	638 Kč	638 Kč
KQ2L12-02AS	3	173 Kč	519 Kč
AW20-F02H-B	1	758 Kč	758 Kč
Y200T-A	1	94 Kč	94 Kč
AN10-01	1	84 Kč	84 Kč
G36-10-01-L	1	291 Kč	291 Kč
VH211-F02	1	2 055 Kč	2 055 Kč
AN15-02	1	91 Kč	91 Kč
KQ2L08-02AS	2	100 Kč	200 Kč
KQ2T08-06A	2	122 Kč	244 Kč
C55B80-20M	1	3 359 Kč	3 359 Kč
ASP330F-01-08S	2	935 Kč	1 870 Kč
KQ2H06-M5A	2	62 Kč	125 Kč
			10 329 Kč

Tab. č. 3 – Cenový návrh

7. Závěr

Práce se zabývá návrhem pneumatického zvedáku motocyklů. Je zde navržený celý pneumatický obvod a mechanické konstrukční řešení zvedáku. Jako mechanické řešení zvedáku byla zvolena nůžková konstrukce. Tato konstrukce zvedáku s pohonem pomocí šroubu je lety ověřená a používá se na zvedání v automobilovém průmyslu i jako zvedák pro výměnu náhradního kola u osobních automobilů. Šroub je umístěn horizontálně a v mém návrhu jsem jej nahradila pneumatickým válcem. Vzhledem k silovým poměrům u nůžkového zvedáku, jsem musela spočítat vhodné úhly pro dolní a horní polohu zvedáku. Musela jsem vycházet z možné síly pneumatického válce, který je v mém případě umístěn horizontálně a zasouváním pístnice zvedá zvedák do horní polohy. Jelikož je plocha pístu, na kterou působí tlak stlačeného vzduchu pro zasouvání zmenšená o plochu pístnice, než když se u pneumatického válce vysouvá pístnice ven z válce, nedá se tak využít největší síla válce, která je při vysouvání pístnice.

Výpočtem rozkladu sil v jednotlivých ramenech zvedáku jsem určila úhel 30° od základny v dolní poloze pro zvedák. Menší úhel by podstatně zvětšoval potřebnou sílu, kterou by musel působit pneumatický válec na zvedák. Zde se projevuje nevýhoda v horizontálním umístění pneumatického válce v zvedáku. Dá se to řešit zvětšením průměru pneumatického válce, a tím získat větší plochu, na kterou bude působit stlačený vzduch. Zvětšením pneumatického válce se získá větší síla, může se následně zmenšit úhel zvedáku pro dolní polohu. Pro zdvih zvedáku o 200 mm by také mohl být použit i menší zdvih pneumatického válce.

Navržený nůžkový zvedák je poháněn kompaktním pneumatickým válcem dle normy ISO 21287. Tento válec má stejné upevňovací rozměry, ať jej dodá kterýkoliv výrobce. V případě nutnosti výměny pneumatického válce by uživatel nebyl nucený shánět válec od stejného výrobce, který bude namontován na zvedáku. K ovládání vysouvání nebo zasouvání pneumatického válce je použit ruční 4/3 ventil s pákou řady VH211 od firmy SMC. Tento ventil má výhodu v možnosti regulace průtoku stlačeného vzduchu přes ventil v závislosti na úhlu otočení ovládací páky ventilu. Můžeme tedy řídit rychlost pohybu pístu přímo tímto ručním ventilem. Další možnost seřízení rychlosti průtoku stlačeného vzduchu a tím i rychlosti pohybu pístnice je na ventilech řady ASP od firmy SMC. Na škrticím ventilu, který je na výstupu vzduchu z válce nastavíme škrtení tak, aby nám vyhovovala rychlost pohybu pístnice pneumatického válce. Výpočtem je ověřené, že jsou všechny prvky navrženy tak, aby se zvedák z dolní polohy do horní polohy dostal za čas 4 s. To je rychlost $0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, která je ještě z pohledu pohybu motocyklu umístěného na zvedáku dostatečně bezpečná. Při

rychlejším zdvihu by mohlo dojít k nestabilitě motocyklu, případně k jeho naklonění a pádu. Ventil ASP nám zároveň umožňuje zastavení pneumatického válce v mezipoloze, kdy nemusíme dojet do koncové polohy pneumatického válce.

Úpravna vzduchu je umístěna mimo konstrukci zvedáku. Ideální je její připevnění na zdi, odkud může být připojeno více zařízení. Navržená velikost jednotky je velikost 20 s průtokem $850 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (ANR). Můžeme tedy na tuto úpravnu vzduchu připojit i více zvedáků. Také se dá počítat s tím, že současně nebude potřeba zvedat motocykl na všech zvedácích najednou. V případě připojení pneumatického utahováku, už by ale bylo vhodné volit větší úpravnu vzduchu s větším průtokem. Zároveň je nutné pro pneumatické nářadí vložit do úpravny vzduchu maznici pro přimazávání olejem. Přimazávání je zase nevýhodné pro pneumatické válce a ventily, kde nám dodaný olej do systému vymyje jejich původní mazivo z výroby. To potom musíme už stále přimazávat, aby nedošlo k zadření komponent. Takže pro pneumatické nářadí je lepší dát zvláštní úpravnu vzduchu s přimazáváním a s velkým průtokem vzduchu.

Původní záměr byl v použití pneumatického válce s brzdou, kde by se brzda na válci ovládala ručním 3/2 ventilem se zapuštěným tlačítkem. Bylo by to bezpečnější pro manipulaci a proti náhodnému spuštění zvedáku dolů. Válce s brzdou mají ale podstatně větší zástavbové rozměry a musel by se hledat vhodný mechanický návrh zvedáku. Jedna z možností je v posunutí nůžek zvedáku dál od sebe, ale zvětšil by se tím rozměr zvedáku hlavně v jeho dolní poloze, proto v návrhu není použit pneumatický válec s brzdou.

Také varianta vertikálního umístění pneumatického válce není ideální z pohledu mechanické konstrukce a výšky zdvihu zvedáku. Působit pneumatickým válcem při vysouvání pístnice přímo na zvedák by bylo nejvýhodnější. Nedošlo by ke ztrátě v síly v konstrukci zvedáku vlivem jejího rozložení v jeho ramenech. Nicméně rozměry pneumatického válce se zasunutou pístnicí pro zdvih 200 mm jsou v tomto případě větší, než by byla výška zvedáku pro jeho dolní polohu. Použití válce s brzdou vertikálně je vyloučené. Řešit by to šlo například zapojením dvou pneumatických válců o zdvihu 100 mm do tandemu. Takové řešení je ale náročnější jak na mechanickou konstrukci, tak i na zvýšení počtu a duplikování pneumatických prvků. Zvýšila by se i celková cena takového zvedáku.

Literatura

[1] BEATER, Peter. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. London: Springer, 2007. ISBN isbn978-3-540-69470-0.

[2] KOLEKTIV AUTORŮ. [i]SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití.[/i] Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.

[3] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN isbn80-7078-306-0.

[4] MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of fluid power: Part 2, Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. ISBN 978-3-8440-3213-0.

Elektronické zdroje

[5] Assembled FRL, *Camozzi.com* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://catalogue.camozzi.com/CATALOGUES/CCC-GENCAT/00106/PDF/ENG.3.1.50.pdf>

[6] Parallel grippers, *Camozzi.com* [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://catalogue.camozzi.com/CATALOGUES/CCC-GENCAT/00106/PDF/ENG.1.7.15.pdf>

[7] ISO cylinders, *Camozzi.com* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://catalogue.camozzi.com/CATALOGUES/CCC-GENCAT/00106/PDF/ENG.1.1.28.pdf>

[8] Mechanically operated valves, *Camozzi.com* [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://catalogue.camozzi.com/CATALOGUES/CCC-GENCAT/00106/PDF/ENG.2.4.10.pdf>

[9] Hydraulický zvedák, *Digiboss.cz* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.digiboss.cz/hydraulicky-zvedak-panenka-32t/d70840>

[10] Elektrický lineární pohon, *e-konstrukter.cz* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/porovnani-pneumatickych-hydraulickych-a-elektrickych-linearnich-pohonu>

[11] Šroubový zvedák, *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1906>

[12] Válce dle norem DSBC, *FESTO.com* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_CS/PDF/CZ/DSBC_CZ.PDF

[13] Nůžkový hydraulický zvedák, *Golemtech.cz* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.golemtech.cz/nuzkove-zvedaky-hydraulicke/87-nuzkovy-zvedak-3200-kg-do-podlahy.html>

[14] Naviják, *Chatar-chalupar.cz* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/navijak-pro-dilnu-i-zahradu/>

[15] Nůžkový zvedací stůl, *Kwesto.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: https://www.kwesto.cz/zvedaci-zarizeni/zvedaci-stoly/nuzkovy-zvedaci-stul/p/M54720/?PC=1GOS&qclid=CjwKCAjww6XXBRByEiwAM-ZUIKrZB442rGtqromSgguStmSiSQiFZQi1lhtM_8LhoHy_qlf2cSVFCBoC7hUQAvD_BwE

[16] Zdvížený vozík s dvojitými nůžkami, *Kwesto.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.kwesto.cz/zvedaci-zarizeni/zvedaci-stoly/zdvizny-vozik-s-dvojitymi-nuzkami/p/M29155/>

[17] Řetězový kladkostroj, *Manutan.cz* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/cs/mcz/retezovy-kladkostroj-do-250-kg-mig2623807>

- [18] Šroubové zvedáky s vyrovnáváním vůle, *MMSpektrum.com* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/sroubove-zvedaky-s-vyrovnanim-vule.html>
- [19] Vzdušník, *Naradani-vzduch.cz* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.naradi-vzduch.cz/fotky17239/fotos/_vyr_1643710.jpg
- [20] Portálový jeřáb KP, *Prochazka-mp.cz* [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <http://www.prochazka-mp.cz/wp-content/uploads/2013/10/portalkP.jpg>
- [21] Pneumatické obvody, *Slideplayer.cz* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3113989/>
- [22] Compact Cylinder with Lock, *SMC.eu* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://content2.smcetech.com/pdf/CLQ-A_EU.pdf
- [23] Cylinder with Lock, *SMC.eu* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/CNS_EU.pdf
- [24] Zvedák na motorku, *Tipmoto.com* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.tipmoto.com/prislusenstvi/moto/stojany-zvedaky/6418-moto-professional-zvedak-na-motorku-enduro-motokros.html>
- [25] Kompresor odhlučňný, *Tlakovyvzduch.cz* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.tlakovyvzduch.cz/kompresor-odhlucneny-abac-ap50-9rm>
- [26] Nůžkový zvedák, *Vaseautodoplnky.cz* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.vaseautodoplnky.cz/nuzkovy-zvedak-1500kg-compass-09226/>
- [27] Hřebenový zvedák, *Znackove-naradi.eu* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.znackove-naradi.eu/hrebenovy-zvedak-sw-5-108128.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - portálový jeřáb ²⁰	10
Obrázek 2 – Řetězový kladkostroj ¹⁷	11
Obrázek 3 – Naviják ¹⁴	11
Obrázek 4 – Šroubový zvedák ¹²	12
Obrázek 5 – Hřebenový zvedák ²⁷	12
Obrázek 6 – Ruční hydraulický zvedák ⁹	12
Obrázek 7 – Šroubový zvedák poháněný elektromotorem ¹⁸	13
Obrázek 8 – Hydraulický zvedák s nůžkovým mechanismem ¹³	13
Obrázek 9 - Zvedák s pákou ²⁴	14
Obrázek 10 - Přenosný kompresor ²⁵	16
Obrázek 11 – Vzdušník ¹⁹	16
Obrázek 12 - Úpravna vzduchu ⁵	17
Obrázek 13 - Pneumatický systém ²	18
Obrázek 14 - Pneumatický obvod.....	18
Obrázek 15 - Lineární elektrický pohon ¹⁰	20
Obrázek 16 - Úchopová hlavice "gripper" ⁶	21
Obrázek 17 - Lineární pneumatický pohon ⁷	21
Obrázek 18 - Jednočinný válec ²	21
Obrázek 19 - Dvočinný válec ²¹	22
Obrázek 20 - 5/2 ventil monostabilní, ovládaný tlačítkem, vratný pohyb koná pružina	22
Obrázek 21 - Mechanicky ovládaný ventil ⁸	23
Obrázek 22 - Použití škrticího ventilu v pneumatickém obvodu	23
Obrázek 23 - Použití jednočinného válce	24
Obrázek 24 - Dvočinný válec se zámkem ASP	25
Obrázek 25 - Dvočinný válec s pneumaticky ovládanou brzdou ²³	26
Obrázek 26 - Použití 3/2 ventilu ²³	26
Obrázek 27 - Princip CLQ ²²	27
Obrázek 28 - Dvočinný válec s aretací pomocí stoperu	28
Obrázek 29 - Řez válcem FESTO typ DSBC - E1 ¹²	28
Obrázek 30 - náčrt kyvného uložení	29
Obrázek 31 – Jednonůžkový mechanismus ¹⁵	29
Obrázek 32 – Zdvižný vozík s dvojitým nůžkovým mechanismem ¹⁶	29
Obrázek 33 – Šroubový zvedák ²⁶	30
Obrázek 34 - Rozklad sil	31
Obrázek 35 - Náčrt konstrukce	32
Obrázek 36 – Schéma.....	33
Obrázek 37 – Násobné koeficienty pro jednotky průtoku ²	35

Obrázek 38 - Efektivní průřez hadic v závislosti na jejich délce ²	36
Obrázek 39 - Náčrt alternativy	38

Seznam příloh

Příloha A: Sestavný výkres zvedáku, číslo výkresu: BP_CAI0009-001

Příloha B: Kusovník sestavy BP_CAI0009-001

Příloha C: Schéma pneumatického zapojení

Příloha D: Kusovník pneumatického zapojení

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Lukáši Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a podnětné připomínky, které mi byly poskytnuty v průběhu tvorby bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svým nejbližším za podporu při studiu.