Návrh a konstrukce ukládacího stolu

Tomáš Zádilský

Bakalářská práce
2013

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Tomáš ZÁDILSKÝ**
Osobní číslo:	**T10119**
Studijní program:	**B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Forma studia:	**kombinovaná**
Téma práce:	**Návrh a konstrukce ukládacího stolu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte ukládací stůl pro lisovací linku na plechové díly pro automobilový průmysl.
3. Ukládací stůl musí umožňovat automatické ukládání do plastových krabic po 300 kusech, přičemž plánovaný interval výměny krabic operátorem je 30 minut.
4. Takt lisovací linky je 30 zdvihů, přičemž nástroj je dvojnásobný.
5. Proveďte zhodnocení a ověřte funkčnost zařízení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. David Sámek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

L.S.

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Zádilský Tomáš Obor: Technologická zařízení

P R O H L Á Š E N Í

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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 právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby [1)];
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 [2)];
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

[1] *zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:*

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

[2] *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

[3] *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a zkonstruováním ukládacího stolu.

Úvodní část práce je věnována rešerši, kde jsou vypsány výhody a nevýhody stlačeného vzduchu, dále pak vlastnosti a úprava stlačeného vzduchu a na závěr jsou popsány jednotlivé pneumatické prvky a senzory.

Praktická část se věnuje volbě uspořádání stolu. Jsou navrženy různé varianty stolu. Poté je vybrán konečný návrh, který je ještě dále detailněji rozpracován. Praktická část se dále věnuje popisu jednotlivých prvků použitých v zařízení, analýze konstrukce stolu a pneumatickému zapojení.

Klíčová slova: Konstrukce, pneumatický válec, senzor, stlačený vzduch

ABSTRACT

The thesis describes the design and constructing of palletizing table.

The beginning of the thesis contains survey, where are mentioned advantages and disadvantages of compressed air. The following part is focused on the features and adjusting of compressed air, description of the individual pneumatic components and sensors.

The practical part of the thesis is aimed to the choice of table layout. The thesis describes various designs proposal of the table. In the following part the final design in selected. The next part introduces the specification of the parts used in the machine, design analysis of the table and pneumatic connections.

Keywords: Design, pneumatic cylinder, sensor, compressed air

Děkuji mému vedoucímu Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za pomoc a konzultace při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Radkovi Eidlichovi za odbornou pomoc při realizaci této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD **10**

I TEORETICKÁ ČÁST **11**

1 PNEUMATICKÉ MECHANISMY **12**

1.1 VÝHODY A NEVÝHODY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ 13

1.2 VLASTNOSTI STLAČENÉHO VZDUCHU 13

1.3 ÚPRAVA STLAČENÉHO VZDUCHU 15

1.3.1 Adsorpční vysoušení 17

1.3.2 Absorpční vysoušení 17

1.3.3 Vysoušení ochlazováním 17

2 PNEUMATICKÉ PRACOVNÍ PRVKY **18**

2.1 PNEUMATICKÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY 19

2.1.1 Jednočinné pneumatické válce 20

2.1.2 Dvojčinné pneumatické válce 21

2.1.3 Speciální pneumatické válce 23

2.2 ŘÍDICÍ PRVKY 24

2.2.1 Prvky pro řízení směru průtoku 24

2.2.2 Prvky pro řízení tlaku 29

2.2.3 Prvky pro řízení průtoku 30

2.2.4 Proporcionální prvky 30

2.2.5 Servomechanismy 31

2.2.6 Vakuové pumpy 31

2.3 POMOCNÉ PRVKY 32

2.3.1 Zásobníky 32

2.3.2 Čističe tekutin 33

2.3.3 Maznice 33

2.3.4 Tlumiče hluku 33

2.3.5 Vedení tekutin a spojovací prvky 34

3 SENZORY **35**

3.1 INDUKČNÍ SENZORY 36

3.2 KAPACITNÍ SENZORY 37

3.3 MAGNETICKÉ SENZORY 38

3.4 OPTICKÉ SENZORY 39

II PRAKTICKÁ ČÁST **41**

4 POŽADAVKY **42**

5 VOLBA USPOŘÁDÁNÍ **44**

5.1 PRVNÍ NÁVRH 44
5.2 DRUHÝ NÁVRH 44
5.3 TŘETÍ NÁVRH 45
5.4 KONEČNÝ NÁVRH 46
6 ANALÝZA KONSTRUKCE STOLU 48
6.1 POPIS KONSTRUKCE STOLU 51
6.2 OVĚŘENÍ NOSNOSTI TENKOSTĚNNÉHO OCELOVÉHO PROFILU 52
7 PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ 55
7.1 ELEKTROMAGNETICKÝ VENTIL 5/3 SMC 55
7.2 PNEUMATICKÝ VÁLEC SMC 56
7.3 ÚHLOVÁ HLAVICE SMC MHY2-16D 58
8 ZHODNOCENÍ PRÁCE 59
8.1 RUČNÍ PROVOZ 59
8.2 AUTOMATICKÝ PROVOZ 60
ZÁVĚR 62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 66
SEZNAM OBRÁZKŮ 67
SEZNAM TABULEK 69
SEZNAM PŘÍLOH 70

ÚVOD

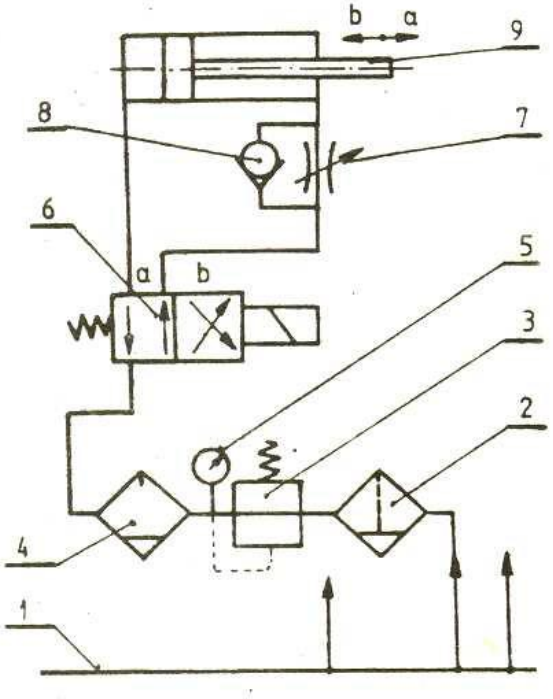
V dnešní době je vždy snaha usnadnit a urychlit práci dělníka pomocí modernizace pracovního zařízení, zrychlením výrobních postupů nebo nahrazení lidské síly strojem. Tato snaha souvisí s cílem co nejvíce zefektivnit celý výrobní proces a nahradit, popřípadě zefektivnit práci člověka a tím také celý výrobní proces zlevnit.

Tato práce se zabývá konstrukcí ukládacího stolu, který by umožnil nepřetržitý provoz lisovací linky. Cílem této práce je navrhnout a zkonstruovat stůl, který by umožnil automatické ukládání plechových výlisků do plastových krabic. Plánovaná výměna krabic operátorem je 30 minut. Dosud plechové výlisky volně padaly do plechových palet, kde se vešlo 5000 ks. Poté následovala další operace, kde dělník přeskládal výrobky do plastových krabic po 300 kusech a následně plné plastové krabice ukládal na kovovou paletu. Použitím ukládacího stolu by odpadly dodatečné operace a tím by se i zlevnila výroba, protože hned po vyrobení plechových výlisků by byly výrobky v plastových krabicích uloženy na kovovou paletu a připraveny k expedici.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PNEUMATICKÉ MECHANISMY

Pneumatický pohon je zpravidla zásobován stlačeným vzduchem z centrálního zdroje, na který navazuje skupina prvků tvořící zařízení na úpravu vzduchu (odlučovač vody s filtrem, redukční ventil, tlakoměr a maznice). Další část tvoří prvky (rozváděč, škrtící ventil a zpětný ventil) a vlastní pneumatický motor. Pracovní tlak se většinou pohybuje do 1 MPa. [2]



1 – centrální rozvod
2 – filtr s odlučovačem vody
3 – redukční ventil
4 – maznice
5 – manometr
6 – rozvaděč
7 – škrtící ventil
8 – zpětný ventil
9 – pneumatický motor

Obr. 1 Pneumatický obvod [1]

Pneumatické mechanismy se často používají k pohonům ručních nástrojů (brusek, vrtaček, utahováků), k pohonům důlních strojů a zařízení (pásové a hřeblové dopravníky, čerpadla, lanové vrátky) s ohledem na nebezpečí výbuchu metanu, u obráběcích strojů pro upínání, jako pneumatické spojky vrátků u mobilních vrtných souprav. [1]

1.1 Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů

Výhody:

- napojení na centrální zdroj energie bez potřeby zpětného vedení
- možnost dosažení rychlých přímočarých pohybů s velkými zdvihy
- možnost přetížení bez nebezpečí poškození
- konstrukční jednoduchost, spolehlivost a možnost nasazení i v nejsložitějších pracovních podmínkách (v prostředí s nebezpečím výbuchu, ve vlhku, převysokých teplotách okolí a jinde).

Nevýhody:

- vysoká energetická náročnost související s přípravou a rozvodem tlakové energie
- obtížné udržení rovnoměrného pohybu při pomalých rychlostech
- malá tuhost
- obtížnější řízení rychlosti a polohy zastavení
- hluk a malá účinnost. [2]

1.2 Vlastnosti stlačeného vzduchu

Rychlý rozvoj a praktické uplatnění pneumatiky v poměrně krátkém časovém období vyplynul mimo jiné ze skutečnosti, že mnohé problémy automatizace lze řešit nejjednodušeji a nejhospodárněji právě s využitím pneumatiky. V této kapitole jsou uvedeny důvody hovořící pro využití stlačeného vzduchu. [5]

Dostupnost:

Vzduch je k dispozici v neomezeném množství prakticky všude.

Doprava:

Stlačený vzduch lze potrubím dopravovat snadno i na větší vzdálenosti, není nutné žádné zpětné vedení.

Akumulace:

Kompresor vyrábějící stlačený vzduch nemusí pracovat nepřetržitě, neboť stlačený vzduch lze akumulovat v tlakové nádobě. Navíc ho lze v tlakových nádobách (lahvích) i přepravovat.

Teplota:

Stlačený vzduch není citlivý ke změnám teploty, což je zárukou bezpečné činnosti pneumatických zařízení i při extrémních teplotních podmínkách.

Bezpečnost proti výbuchu:

Použití stlačeného vzduchu nepřináší nebezpečí výbuchu a požáru. Proto nejsou ani nutná nákladná ochranná opatření proti výbuchu.

Čistota:

Stlačený vzduch neobsahuje žádné škodliviny, a proto nedochází ke znečišťování okolí při jeho unikání do okolí při činnosti pneumatických prvků a zařízení nebo z netěsných rozvodů vzduchu. To je výhodné například v potravinářském průmyslu, dřevozpracujícím, kožedělném a textilním průmyslu.

Jednoduchost:

Pracovní výkonové prvky jsou konstrukčně jednoduché, a proto vycházejí i levné.

Rychlost:

Stlačený vzduch je velmi rychlé pracovní médium, umožňující dosahovat vysokých pracovních rychlostí. Rychlost pohybu pneumatických motorů a pístů je 1 až 2 m/s.

Řiditelnost:

Rychlosti a síly pneumatických prvků jsou řiditelné ve velkém rozsahu.

Přetížitelnost:

Přetížení pneumatických zařízení (zejména pracovních prvků) vede k zastavení jejich činnosti bez poškození. Jsou tedy bezpečné proti přetížení.

Pro přesnější vymezení aplikační oblasti pneumatiky je nutné se seznámit i s negativními vlastnostmi.

Úprava:

Úpravě stlačeného vzduchu je nutné věnovat zvýšenou pozornost. Zejména musí být odstraněny nečistoty a vlhkost, které by jinak způsobovaly zvýšené opotřebení pneumatických prvků.

Stlačitelnost:

Stlačený vzduch neumožňuje dosáhnout konstantní rychlosti pohybu pístů pneumatických motorů.

Dosažitelná síla:

Mez hospodárně dosažitelné síly pneumotorů při provozně používaném tlaku 700 kPa je v závislosti na celkovém zdvihu a rychlosti pístu v rozmezí 20 000 až 30 000 N.

Hlučnost:

Při činnosti pneumatických zařízení při odfuku vzduchu do okolí vzniká nepříjemný hluk. Tento problém je v současnosti částečně vyřešen používáním nových materiálů tlumících zvuk.

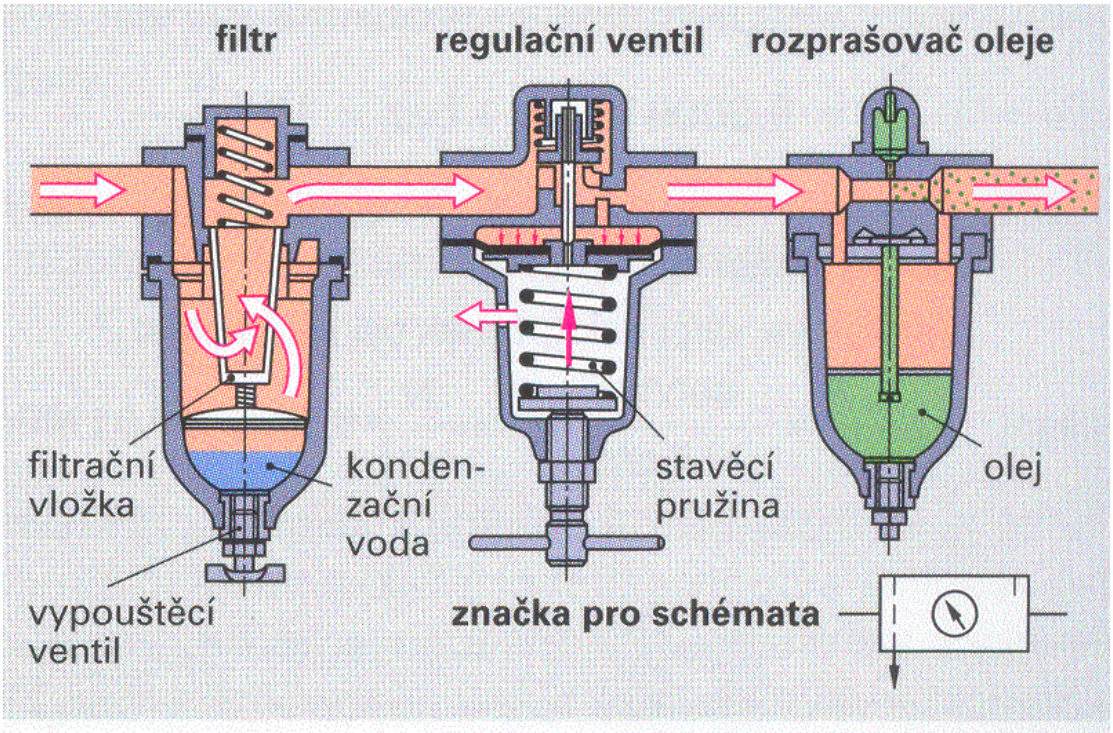
Náklady:

Tlakový vzduch je relativně drahý nosič energie. Vysoké náklady vynaložené na energii jsou však zase kompenzovány nízkou cenou a velkou výkonností prvků (např. vysokým počtem pracovních taktů). [5]

1.3 Úprava stlačeného vzduchu

Předtím, než je stlačený vzduch v místě odběru k dispozici, musí být dokonale upraven. To nejen že prodlouží životnost pneumatického strojů a nářadí, ale i ušetří náklady na údržbu. S postupem stlačování nasávaného vzduchu se do kompresoru dostávají částice špíny, vzdušná vlhkost, olejové páry, páry rozpouštědel a další látky. K těmto znečištěním nasátého vzduchu přibudou další z otěru mechanických dílů kompresoru a u mazných kompresorů ještě ztrátový mazací olej. V relativně dlouhé cestě ke spotřebiči stlačeného vzduchu přibudou ještě korozivní znečištění ze vzdušníku a potrubí.

První hrubé odstraňování kondensátu se provádí v odlučovači, umístěném za chladičem vzduchu. Na pracovním místě se pak provádí jemné odlučování, filtrace a další úpravy tlakového vzduchu. [5]



Obr. 2 Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu [3]

Zvláštní pozornost je třeba věnovat vlhkosti. Voda (vlhkost) se dostává do rozvodné sítě tlakového vzduchu se vzduchem nasávaným do kompresoru. Stupeň vlhkosti závisí na relativní vlhkosti ovzduší, která je určována teplotou ovzduší a povětrnostními podmínkami.

V souvislosti s úpravou vlhkosti se zavádí některé termíny jako např.:

Absolutní vlhkost je množství vodních par, které obsahuje 1 m3 vzduchu.

Relativní vlhkost je množství vodních par v 1 m3 vzduch, vztažené na maximální možné množství při dané teplotě, vyjádřené %. Relativní vlhkost může být proto max. 100%.

Největší možné množství vodních par (vody) v 1 m3 vzduchu při dané teplotě (teplota rosného bodu) je tzv. mezní stav, tj. stav sytosti, kterému odpovídá relativní vlhkost 100% .

K vysoušení vzduchu se používá adsorpčního vysoušení, absorpčního vysoušení a vysoušení ochlazením. [5]

1.3.1 Adsorpční vysoušení

Základem tohoto postupu je fyzikální jev adsorpce (zachycování látek na povrchu pevných těles). Sušícím prostředkem je zrnitý materiál, většinou dioxid křemičitý, pro nějž se používá název gel. Tento gel adsorbuje vodu či vodní páru: vlhký tlakový vzduch prochází vrstvou gelu, který na sebe váže vlhkost z takového vzduchu. Akumulační schopnost gelové náplně adsorbéru je omezená. Proto je-li sušící prostředek nasycen, je třeba ho regenerovat. Regenerace se provádí nejčastěji tak, že nasyceným sušícím prostředkem se nechá proudit horký vzduch, který mu vlhkost odejme. Na tepelnou energii potřebnou k regeneraci je nutná elektrická energie nebo horký tlakový vzduch. Často se používá dvoukomorové uspořádání, kdy jedna komora se využívá k vysoušení, a druhá je profukována horkým vzduchem (regenerační princip).

1.3.2 Absorpční vysoušení

Jedná se o čistě chemický postup, při němž se stlačený vzduch vede prostředím se sušícím prostředkem. Voda nebo vodní pára se při styku se sušícím prostředkem na něj chemicky váže. Proto musí být sušící prostředek v absorbéru vždy po určité době vyměněn, což se provádí ručně nebo automaticky. Sušící prostředek je tedy po určitém čase „ spotřebován“ a musí být nahrazen novým (2x až 4x za rok). S absorpčním vysušováním bývá spojeno také vylučování olejových par a částeček. Protože větší množství oleje ve vzduchu má negativní vliv na účinnost sušení, je před vysoušením olej zachycován jemným filtrem.

Výhody absorpčního vysoušení:

- jednoduchá instalace
- malé mechanické opotřebení
- nevyžaduje přívod energie

1.3.3 Vysoušení ochlazováním

Podstatou tohoto postupu je snížení teploty tlakového vzduchu pod teplotou rosného bodu, což je teplota, pod níž je nutné plyn ochladit, aby se vněm obsažené vodní páry zkondenzovaly. Tlakový vzduch přiváděný do sušičky se zpravidla nejdřív vede vzduchovým tepelným výměníkem, v němž se předchladí. Vyloučený kondenzát se shromažďuje v odlučovači, který je třeba pravidelně vypouštět. [5]

2 PNEUMATICKÉ PRACOVNÍ PRVKY

Ke skladbě pneumatického mechanismu pro realizaci nejrůznějších pracovních funkcí je třeba účelně a optimálně sestavit řadu pneumatických prvků do více či méně složitých obvodů. Každý z těchto prvků má svou funkci, charakteristiku a vlastnosti, které pak ovlivňují výslednou činnost mechanismu.

Pneumatické prvky se vyrábějí v nejrůznějších konstrukčních provedeních a velikostech a jejich sortiment u největších výrobců (SMC, FESTO, Bosch Rexroth, Norgren) představuje desítky tisíc položek. [7]

Pneumatických pracovních prvků se vyrábí velké množství v nejrůznějším provedení, tvarech a velikostech, zpravidla v typizovaných řadách, a lze je rozdělit podle funkce do čtyř hlavních skupin:

- *Převodníky* – přeměňují mechanickou energii na energii tlakovou a kinetickou a naopak (generátory, rotační a přímočaré motory a motory s kyvným pohybem). Dále se v textu budu zabývat pouze pneumatickými přímočarými motory.
- *Řídící prvky* – určené k řízení směru a parametrů průtoku tekutiny (jednosměrné ventily, rozváděče, škrtící ventily, tlakové ventily a jejich kombinace).
- *Pomocné prvky* – zajišťují správnou funkci tekutinového mechanismu (zásobníky, vedení, čističe).
- *Speciální prvky* – zajišťují určitě specifické funkce, např. odstraňování vlhkosti, přidávání oleje do stlačeného vzduchu, snižování hlučnosti. [1]

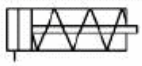
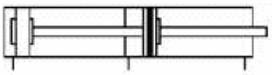
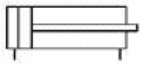
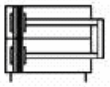
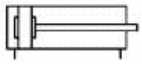
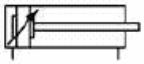
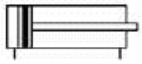
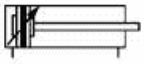
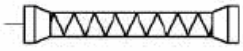
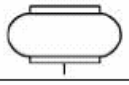
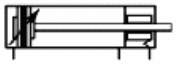
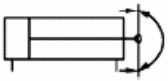
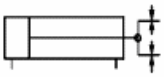
2.1 Pneumatické přímočaré motory

Pneumatické přímočaré motory nazýváme pneumatické válce. Jejich základní části jsou válec, pístnice a píst. Dělíme je na jednočinné válce a dvojčinné válce. Průřez pneumatických válců je většinou kruhový. Jejich pístnice bývá jednoduchá, zdvojená, případně průchozí. Zvláštním typem jsou bezpístnicové válce.

Lineární pohony pomocí pneumatických válců se používají k přemisťování, zvedání nebo podávání polotovarů, výrobků nebo nástrojů (pomocí posuvných válců) nebo k sevření či rozevření upínačů pomocí napínacích či otevíracích válců. [3]

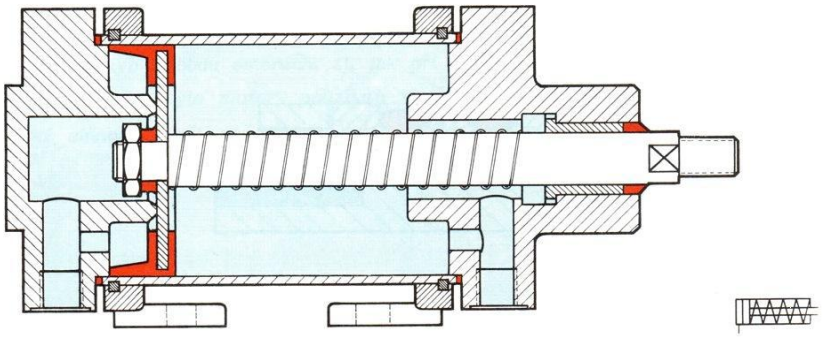
Schematické značky pneumatických válců jsou vyobrazené v *tab. 1*

Tab. 1 Přehled základních schematických značek [4]

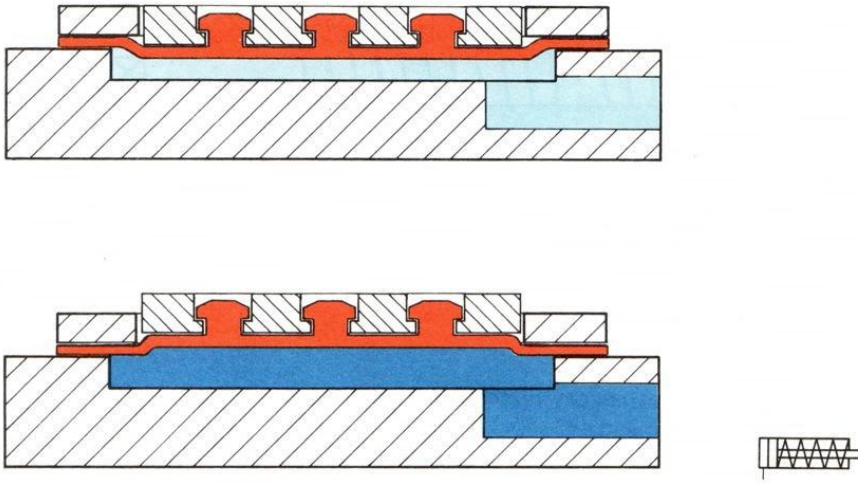
	Válec jednočinný, návrat pružinou		Vícepolohový válec
	Válec jednočinný, vysunutí pružinou		Vícepolohový válec
	Válec dvojčinný		Válec se dvěma pístnicemi
	Válec dvojčinný, s tlumením v koncových polohách		Bezpístnicový válec
	Válec dvojčinný, s nastavitelným tlumením		Kyvný pohon jednočinný
	Válec dvojčinný, s magnetickým pístem		Kyvný pohon dvojčinný
	Válec dvojčinný, s magnetem a nastavitelným tlumením		Fluidní sval
	Válec s průběžnou pístnicí		Měch
	Válec s dutou pístnicí		Chapadlo úhlové
	Válec se svěrnou jednotkou na pístnici		Chapadlo radiální
	Tandemový válec		Chapadlo tříbodové

2.1.1 Jednočinné pneumatické válce

Jednočinné pneumatické válce jsou konstruovány buď jako membránové, nebo jako pístové. Tlak vzduchu může působit jen na jednu stranu pístu, proto mohou vykonávat mechanickou práci pouze v jednom směru pohybu. Zpětný pohyb je realizovaný silou pružiny nebo jinou vnější silou, která musí být dostatečně veliká, aby vratný pohyb pístu proběhl s dostatečnou rychlostí. Zdvih jednočinných motorů je omezen právě použitelnou délkou pružiny - bývá přibližně do 100 mm. Tyto motory se používají zejména k upínání, vyhazování, lisování, zdvíhání, přisouvání ap. Jednočinný válec snadno poznáme podle toho, že vzduch se přivádí pouze k jednomu víku. [3]



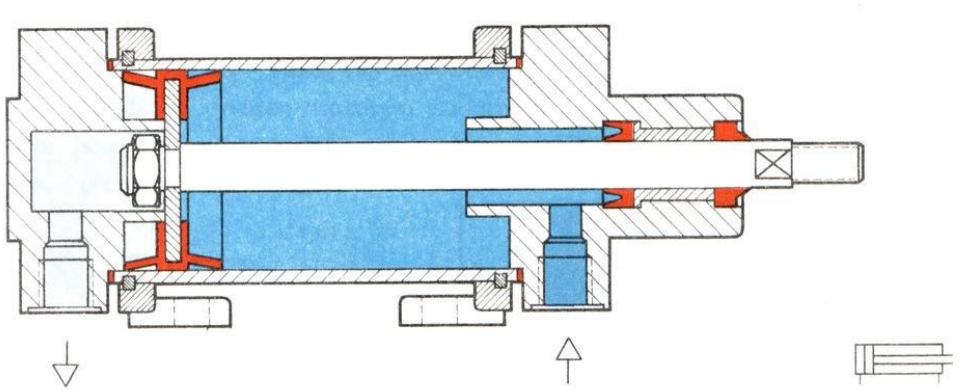
Obr. 3 Řez jednočinným pneumatickým válcem [5]



Obr. 4 Membránový válce [5]

2.1.2 Dvojčinné pneumatické válce

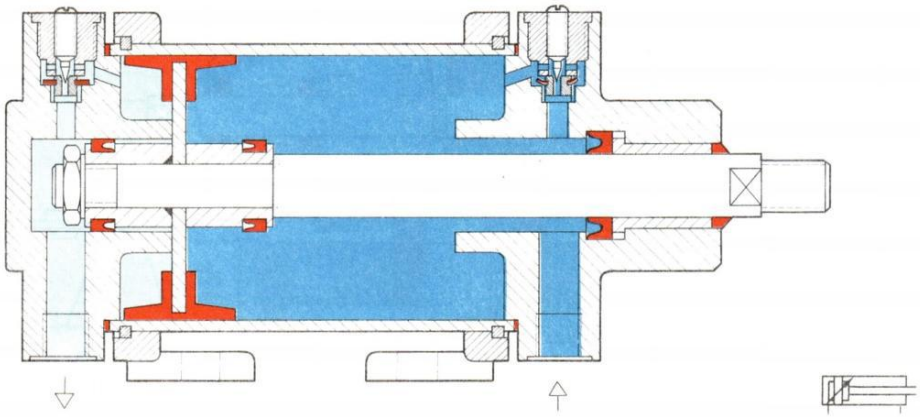
U dvojčinných motorů vyvozuje síla daná působením tlakového vzduchu na píst pohyb v obou směrech, tj. jak při dopředném, tak při zpětném pohybu pístu. Proto se tyto motory používají v případech, kdy má píst vykonávat pracovní činnost i při zpětném pohybu. Délka zdvihu teoreticky není omezena, prakticky je však zohlednit třeba vzpěrovou pevnost a průhyb pístnice. Utěsnění pístu při pohybu ve válci se provádí manžetami nebo membránami.



Obr. 5 Řez dvojčinným pneumatickým válcem [5]

Tlumení v koncových polohách

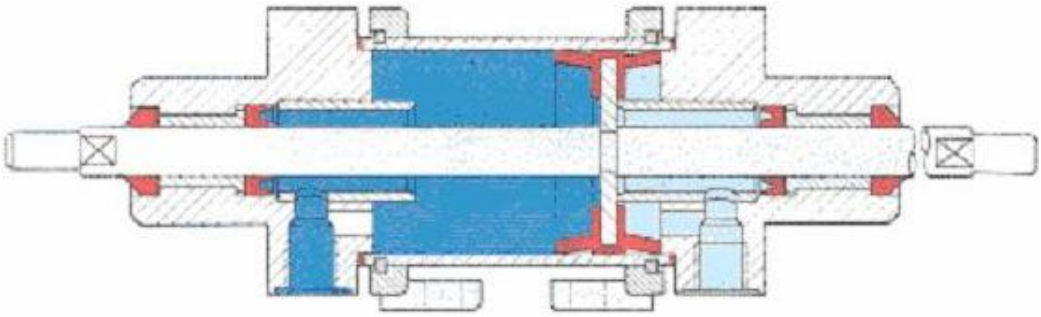
Jestliže jsou s pohybujícím se pístem spojeny velké hmotnosti, používá se tlumení jeho pohybu v koncových polohách, aby se zamezilo vzniku rázů a tím i případnému poškození. Tlumení se dosahuje tím, že píst před dosažením koncové polohy uzavře hlavní odvětrání do ovzduší a pro výtok vzduchu zůstává pouze malý (většinou nastavitelný) průtočný průřez. Tím dochází ke stlačování vyfukovaného vzduchu, přičemž velikost vznikajícího přetlaku lze nastavit škrtícím jednosměrným (zpětným) ventilem. Tím se pohyb pístu před dosažením koncové polohy zpomaluje. Při opačném směru pohybu pístu proudí tlakový vzduch do prostoru válce jednosměrným ventilem volně. Dále může být tlumení realizováno pryžovými dorazy. [5]



Obr. 6 Dvojčinný pístový motor s tlumením v koncových polohách [5]

Pneumatický válec s průchozí pístnicí

Má pístnici na obou stranách motoru, pístnice je průchozí v celé délce válce. Výhodou je lepší vedení pístnice při pohybu, protože je uložena ve dvou kluzných vedeních, což dovoluje i menší boční zatížení pístnice. Provedení také umožňuje umístit čidla na volné straně pístnice. Plocha pístu je z obou stran stejná, proto je i síla stejná při obou směrech pohybu. [5]

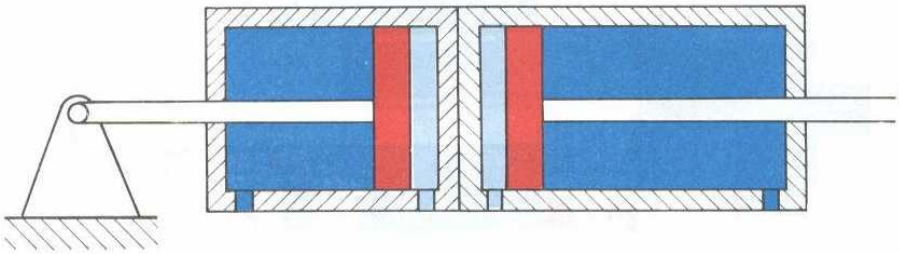


Obr. 7 Dvojčinný pneumatický válec s průchozí pístnicí [5]

2.1.3 Speciální pneumatické válce

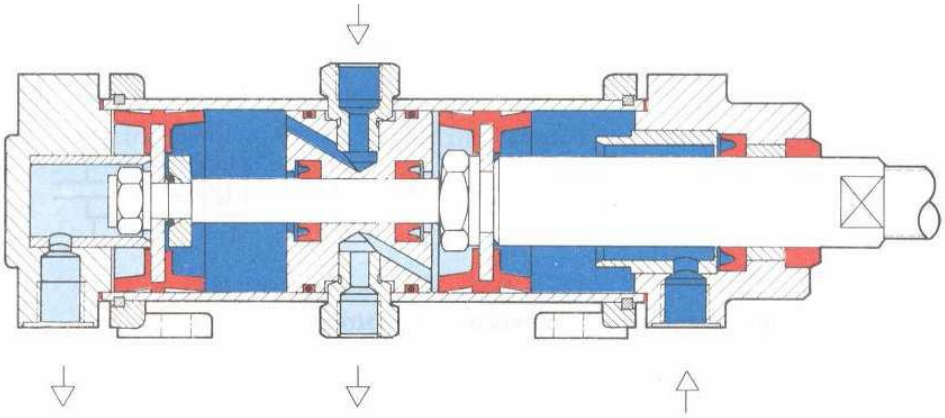
Těchto válců je využíváno ve speciálních aplikacích a systémech, které není možné realizovat pomocí standardních pneumatických válců.

Vícepolohový válec – může být proveden např. jako dvoupístový s pístními tyčemi vyvedenými na protějších koncích. Postupným přiváděním tlakového vzduchu dochází k pohybu jednotlivých částí – válců a pístnic. [3]



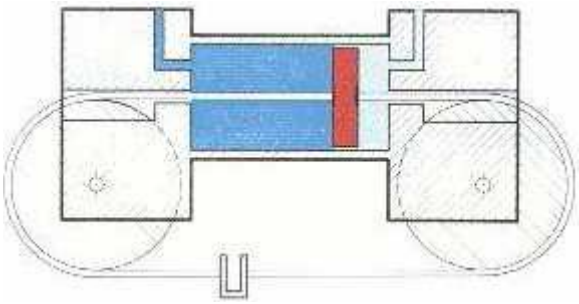
Obr. 8 Vícepolohový válec [5]

Tandemový válec – má v jednom válci za sebou dvě tlakové komory, ve kterých jsou dva písty na společné pístní tyči, což umožňuje téměř zdvojnásobit sílu na pístnici. Proto se tandemové válce používají zejména v případech, kdy potřebujeme velké síly, ale je omezena velikost vnějšího průměru válce z důvodu omezených prostorových možností. [5]



Obr. 9 Tandemový válec [5]

Pneumatické válce s kyvným pohybem (s lanovým převodem) – na obou stranách pístu jsou místo pístnice připevněna lana (nebo struny) vedené přes kladky. Při pracovním pohybu je lano vždy namáháno na tah. Používají se tam, kde jsou požadovány velké zdvihy při malých pohybujících se hmotnostech. [5]



Obr. 10 Pneumatický válec s lanovým převodem [5]

Válec nekruhového průřezu – svým tvarem je zajištěn proti otáčení pístu kolem osy pístní tyče a je odolný proti momentům přibližně do 2 Nm. [3]

Válec bez pístní tyče – má píst spojený s můstkem vně válce pevnými spojkami, které se pohybují v podélné průchozí drážce v plášti válce. [3]

2.2 Řídicí prvky

Pro uskutečnění různých funkcí pneumatického mechanismu a dosažení požadovaných parametrů je zapotřebí celé řady prvků. Podle řízeného parametru nositele energie je lze rozdělit na:

- *Prvky pro řízení směru (hrazení) průtoku*
- *Prvky pro řízení tlaku*
- *Prvky pro řízení průtoku*

Většina řídicích prvků se vyrábí v typizovaných řadách v několika velikostech podle průtoku, pro různé tlaky a pro různý způsob montáže. [1]

2.2.1 Prvky pro řízení směru průtoku

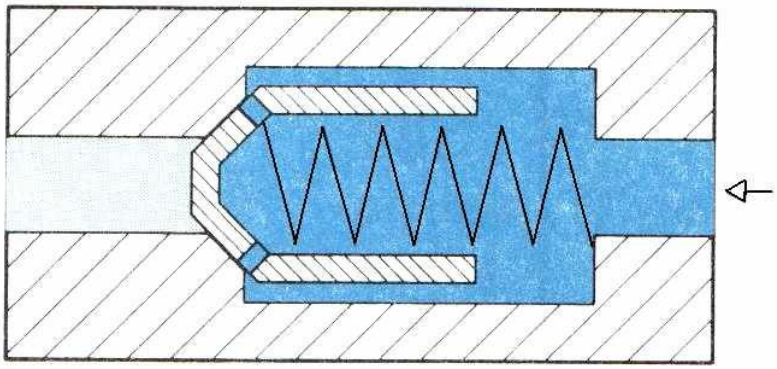
Prvky pro řízení směru průtoku nebo hrazení průtoku je možné rozdělit do těchto hlavních skupin:

- *Jednosměrné ventily*
- *Rozváděče*
- *Logické prvky*
- *Rychloodvětrávací ventily*

Použití vestavných ventilů je především v aplikacích, kdy je potřeba dokonale hradit průtok při velkých tlacích a průtocích. [4]

Jednosměrné ventily

Jednosměrné ventily představují nejjednodušší regulační prvek. Umožňují průtok tekutiny pouze jedním směrem, v opačném směru průtok uzavírají. Jejich hlavním konstrukčním požadavkem je minimální odpor v propustném směru a těsnost v uzavřeném směru. Uzavíracím prvkem bývá většinou kulička nebo kuželík. Těsnícího účinku kuličky nebo kuželíku se dosahuje působením protitlaku nebo pružinou. Při průtoku v jednom směru tekutina posune uzavírací prvek proti síle pružiny a protéká ventilem. V opačném směru tekutina společně s pružinou přitlačují kuličku nebo kuželík do sedla, a tak uzavírají průtok. [4]



Obr. 11 Jednosměrný ventil [5]

Rozváděče

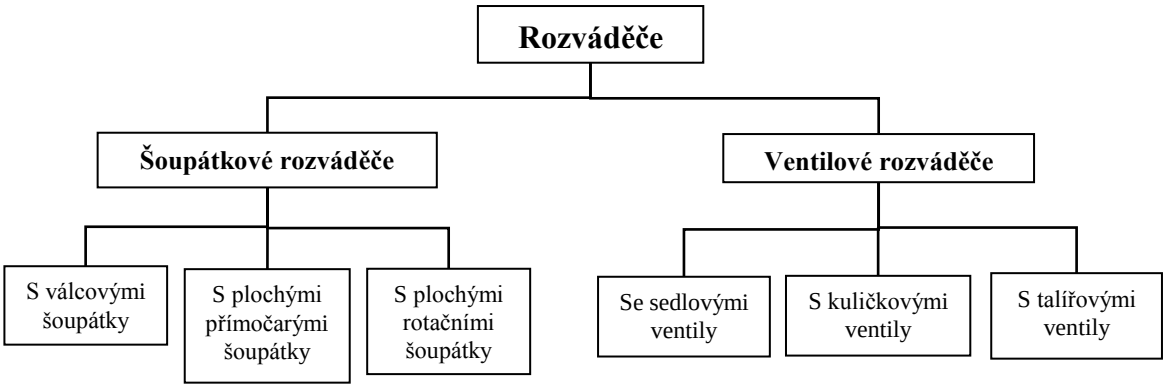
Rozváděče jsou prvky, které v tekutinovém obvodu umožňují měnit směr proudu tekutiny, popřípadě jej uzavřít. Používají se pro řízení směru pohybu motorů, pro stupňovité řízení rychlosti, připojování a odpojování tlakových zdrojů a motorů, k blokování apod. [4]

Dělí se na skupiny podle několika hledisek: *Podle konstrukce*, *podle počtu cest*, které propojují, *podle počtu poloh*, *podle způsobu ovládání* [1]

Podle konstrukce dělíme na *šoupátkové a ventilové.*

U šoupátkových rozváděčů se průtočný průřez mění přibližováním a vzdalováním hran šoupátka, úplného zastavení průtoku se docílí jejich překrytím.

Ventilové rozváděče jsou charakterizovány tím, že změny průtočného průřezu se dosahuje přibližováním a vzdalováním dvou dosedajících ploch. Po úplném dosednutí dojde k uzavření průtočného otvoru. [5]



Obr. 12 Rozdělení rozváděčů podle konstrukce [5]

Podle počtu cest dělíme rozváděče na dvoucestné, třícestné, čtyřcestné, pěticestné a vícecestné, přičemž cestou rozumíme kterýkoli kanál, kterým tekutina vtéká nebo vytéká z rozváděče.

Podle počtu poloh je rozdělujeme na dvoupolohové, třípolohové a vícepokojové. Jednotlivé polohy znamenají určité stavy propojení vstupních a výstupních kanálů rozváděčů. Každá poloha znamená jeden stabilní stav rozváděče.

Podle způsobu ovládání dělíme na ruční, mechanické, hydraulické, pneumatické, elektromagnetické a kombinací uvedených způsobů ovládání. [5]

Obr. 13 Elektromagnetický rozváděč [9]

Logické prvky

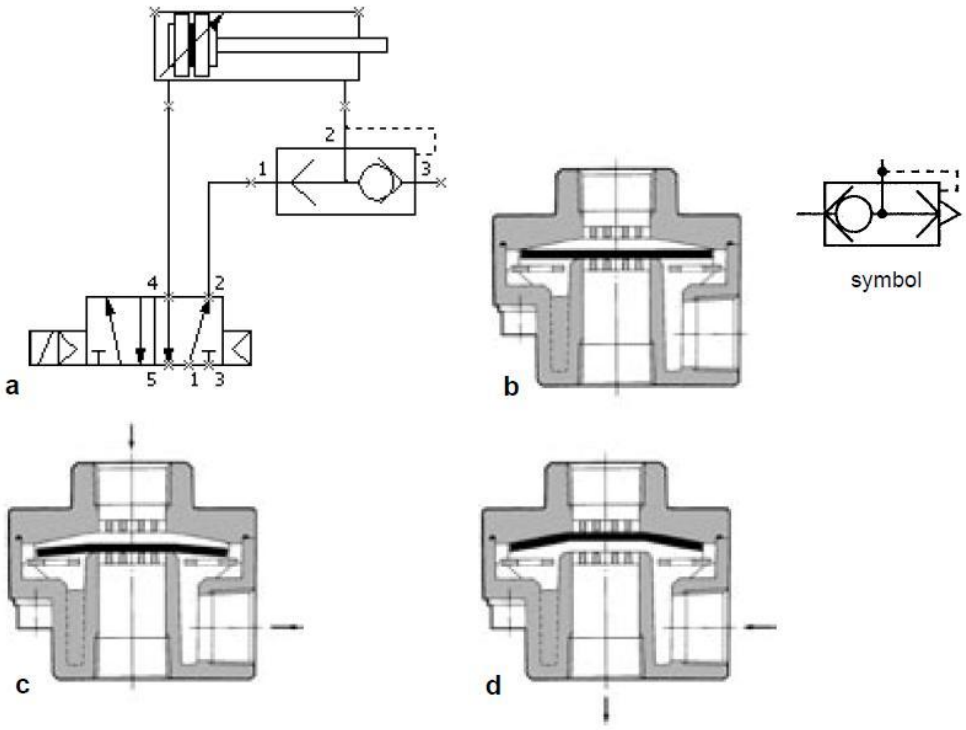
Logické prvky se používají v pneumatických mechanismech pro dosažení jednoduchých logických operací. Nejčastěji se používají třícestné ventily pro logický součin a součet (AND a OR). [4]

Obr. 14 Logické členy součinu a součtu [9]

Rychloodvětrávací ventily

Rychloodvětrávací ventily se montují co nejblíže k pneumatickému válci. Těmito prvky lze zvýšit rychlost pístu jednočinných a dvojčinných válců.

Přivádí-li se stlačený vzduch do přívodního kanálu ventilu, membrána ventilu se tlakem vzduchu přitlačí na sedlo odvzdušňovacího kanálu a její okraje se prohnou tak, že umožní průchod stlačeného vzduchu do pneumatického válce (obr. 19c). Po zastavení pohybu pístu v konci zdvihu se tlaky v tělese ventilu vyrovnají a membrána se narovná tak, že se její okraje dotknou sedla kanálu přívodu vzduchu (obr. 19b). Po přestavení 4/2 nebo 5/2 ventilu se odvzdušní přívodní kanál ventilu a tlak vzduchu z pneumatického válce prohne membránu nahoru, uzavře přívodní kanál a tím současně otevře kanál odvzdušnění ventilu (obr. 19d). [6]



Obr. 15 Rychloodvětrávací ventil a jeho schéma [9]

2.2.2 Prvky pro řízení tlaku

Podle své funkce v obvodu sem patří *tlakové ventily* a *redukční ventily*. Jsou konstruovány jako jednostupňové – pro nižší pracovní tlaky a malé průtoky, kdy řídící prvek tlaku, nejčastěji kulička nebo kuželka, je ovládána bezprostředně přes pružinu, nebo jako dvoustupňové, nepřímo řízené, kde hlavní řídicí prvek tlaku, nejčastěji kuželka, je ovládána pomocným ventilem. [1]

Tlakové ventily

Tlakový ventil je prvek, u něhož je tlak na vstupu téměř nezávislý na průtoku. Tlakové ventily rozlišujeme na *pojistné* a *přepouštěcí*. Pojistný ventil zabraňuje stoupnutí tlaku v obvodu nad stanovenou hodnotu, tím že jistí mechanismus proti přetížení a chrání prvky před poškozením. Přepouštěcí ventil je určen k udržování nastaveného tlaku na konstantní hodnotě, je to v podstatě proměnný odpor zařazený paralelně ke generátoru, kterým trvale protéká určité množství kapaliny. [4]

Redukční ventily

Redukční ventily jsou prvky, které v tekutinovém obvodu snižují tlak na nastavenou hodnotu, kterou udržují téměř nezávisle na průtoku a na vstupním tlaku, nebo udržují konstantní tlakový spád. Redukční ventil snižuje tlak škrcením průtoku. Je to v podstatě proměnný odpor průtoku, jehož změna probíhá automaticky v závislosti na velikosti výstupního tlaku. [4]

Obr. 16 Redukční ventil [9]

2.2.3 Prvky pro řízení průtoku

Nejvýznamnějším zástupcem prvků pro řízení průtoku jsou škrtící ventily, mimo ně je zde možné zahrnout i regulační generátory, jejichž využití v oblasti pneumatických mechanismů však není příliš časté.

Škrtící ventil je prvek, u něhož lze spojitě měnit velikost průtočného průřezu. Průtočný průřez ventilu představuje odpor proti pohybu tekutiny. Velmi často se používají škrtící ventily spolu s jednosměrnými ventily, kdy v jednom směru je proud tekutiny škrcen a v druhém směru může volně proudit přes jednosměrný ventil. [4]

Obr. 17 Jednosměrný škrtící ventil [5]

2.2.4 Proporcionální prvky

Proporcionální ventily a rozváděče umožňují vyšší stupeň řízení tekutinových mechanismů. Podle svého uspořádání umožňují elektrickými signály je buď spojité řízení průtoku nebo tlaku. Jejich vlastnosti přispívají ke snížení nebo odstranění tlakových špiček, k zjednodušení obvodů, umožňují řízení rozběhu a brždění tekutinových motorů. [4]

Obr. 18 Proporcionální průtokový ventil [9]

2.2.5 Servomechanismy

Servoventily, popř. servorozváděče jsou mechanismy, ve kterých velikost řízeného výstupního parametru přesně odpovídá určité nastavené hodnotě vstupního signálu. K zajištění této funkce je nutné neustále kontrolovat hodnotu výstupního parametru, porovnávat ji s požadovanou hodnotou a v případě rozdílu okamžitě provádět potřebnou korekci. K tomuto procesu slouží zpětná vazba, která je nutnou podmínkou pro existenci servomechanismu. Dalším důležitým znakem servomechanismů je schopnost malým výkonem řídit velký výstupní výkon. Zesílení může probíhat v jednom, ve dvou nebo i ve třech stupních. Vstupní signál bývá většinou elektrický proud, napětí, tlak plynu nebo mechanická výchylka. [4]

Nejčastěji se setkáváme s následujícími druhy servomechanismů:

- *Polohový* (slouží k nastavování polohy/souřadnic).
- *Rychlostní* (zajišťuje řízení rychlosti posuvu nebo otáčení).
- *Silový* (reguluje na určitou výstupní sílu motoru).

2.2.6 Vakuové pumpy

Vakuové pumpy jsou pneumatická zařízení, ve kterých se při činnosti využívá podtlaku (vakua). Vakuové pumpy dosahují poměrně malých pracovních sil. Z tohoto důvodu jsou používány především pro manipulaci s lehkými, hladkými předměty jako jsou papíry, kartony, plastové součásti, plechy apod. [4]

Vakuové pumpy můžeme rozdělit do dvou základních kategorií:

- **Vývěvy** – jsou to zařízení, které odčerpávají vzduch či jiné plyny z uzavřeného prostoru a vytváří tak částečné vakuum. Ten se následně dá rozvést do potřebných míst. V současné době se jich používá méně než ejektorů z důvodu finančních a prostorových úspor.
- ***Ejektory*** – pracují na principu Venturiho trubice, kdy změna rychlosti proudícího vzduchu v zúženém místě vyvolá změnu tlaku. Do ejektorů je přiváděn tlakový vzduch, pomocí kterého je vytvářen podtlak. To má oproti vývěvám výhodu ve vedení, kdy z jednoho zdroje máme tlakový vzduch i podtlak (možnost použít centrální rozvody tlakového vzduchu).

2.3 Pomocné prvky

Do kapitoly pomocné prvky jsou zařazeny takové komponenty tekutinových mechanismů, které se přímo nepodílejí na převodu energie, ani nemají schopnost řídit velikost parametru přenášené energie, ale přesto jsou nezbytné pro vytvoření plně fungujícího tekutinového mechanismu. Jejich funkce podstatným způsobem ovlivňují spolehlivost a životnost tekutinových mechanismů. [4]

2.3.1 Zásobníky

Zásobníky jsou prvky, jejichž účelem je shromažďovat tekutinu. *V hydraulických obvodech* je nazýváme *nádrže*, *v pneumatických obvodech*, kde pracovní tekutinou je stlačený vzduch, je nazýváme *vzdušníky*.

Vzdušníky se umísťují bezprostředně za zdroj stlačeného vzduchu (kompresor) a slouží především ke snížení kolísání tlaku, vyvolaného přetržitou dodávkou stlačeného vzduchu pístovým kompresorem, nebo rovnoměrným odběrem jednotlivě pracujícími pneumatickými mechanismy. Vzdušník rovněž přispívá k ochlazování stlačeného vzduchu a k vylučování kondenzátu. Pro regulaci kompresoru systémem Start-Stop bývá na vzdušníku tlakový spínač, kterým se udržuje tlak na požadované hodnotě v závislosti na odběru stlačeného vzduchu. [1]

Obr. 19 Vzdušník [9]

2.3.2 Čističe tekutin

Čističe (filtry) tekutin slouží ke snižování obsahu nečistot, které se do tekutin dostávají z vnějšího prostředí, nebo se vytvářejí při provozu vlastního mechanismu. Čištění tekutin je jedním z nejdůležitějších úkonů sloužící k zajištění požadované přesnosti a životnosti mechanismu. [4]

Podle principu lze rozdělit čističe do dvou hlavních skupin:

- *Průtokové čističe, filtry* – nečistoty jsou v nich zachycovány při průtoku propustnou stěnou (filtry sítové, štěrbinové a průlinčité).
- *Odlučovací čističe, odlučovače* – nečistoty jsou v nich odlučovány působením vnějších sil (usazovací, odstředivé a magnetické) [4]

2.3.3 Maznice

Maznice slouží k mazání pohyblivých částí v pneumatických mechanismech. V závislosti na množství protékajícího plynu rozptyluje určité množství oleje, které je pracovní látkou přenášeno na pohyblivá zařízení a tímto zajišťuje jejich mazání. K mazání je nutno užít ekologicky nezávadné oleje. U moderních prvků není nutné užití maznic, jelikož jsou všechny prvky vyrobeny ze samomazných materiálů, nebo naplněny tuhým mazivem na celou dobu životnosti. Pokud použijeme tyto komponenty, můžeme vypustit z obvodu maznici, tím ušetříme další komponenty jako např. filtry vzduchu a odlučovače oleje, jelikož rozptýlený olej neuniká do okolního prostředí. [4]

2.3.4 Tlumiče hluku

Hydraulické a zejména pneumatické mechanismy jsou často velmi silnými zdroji hluku. Zvukové vlny se mohou šířit tekutinou např. od generátoru, nebo od kmitání pohybujících se částí. Nejvíce hluku vzniká při rychlé expanzi plynů do okolního prostředí, proto se na všechny kanály, ve kterých dochází k tomuto jevu, montují tlumiče hluku. [4]

Obr. 20 Tlumič hluku [9]

2.3.5 Vedení tekutin a spojovací prvky

Přenos výkonu mezi jednotlivými prvky tekutinových mechanismů zajišťuje vedení. Vedení má vliv na tuhost celé soustavy, ovlivňuje náročnost montáže a bohužel působí na větší vzdálenosti jako odporový člen.

Propojení tekutin můžeme realizovat několika způsoby:

- Propojení v pevném bloku (propojovací kostka).
- Přímým spojením prvků (např. na jednu DIN lištu).
- Propojením pomocí potrubí nebo hadicemi.

Připojení trubky nebo hadice se většinou realizuje pomocí šroubení nebo nástrčných spojek. [6]

Obr. 21 Rychlospojka [9]

3 SENZORY

Senzor je funkční prvek, který je v přímém styku s měřeným prostředím. Pojem senzor je ekvivalentní pojmu snímač, převodník nebo detektor. Citlivá část senzoru se označuje jako čidlo. Senzor jako primární zdroj informace snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje na měřicí veličinu - nejčastěji na veličinu elektrickou (napětí, proud, kapacita atd.) [8]

Základní parametry senzorů

Při výběru senzoru pro určitou aplikaci stojí návrhář vždy před rozhodnutím vycházejícím z požadavků kladených na konkrétní typ senzoru. Mnohé obecné požadavky jsou protichůdné a proto je třeba volit kompromis - velmi často mezi cenou a přesností.

Mezi obecné požadavky na vlastnosti senzorů nejčastěji patří:

- jednoznačná závislost výstupní veličiny na veličině měřené
- velká citlivost senzoru
- vhodný průběh základních statických charakteristik
- velká přesnost a časová stálost
- minimální závislost na vlivech okolního prostředí (mimo vlivů měřených)
- minimální zatěžování měřeného objektu
- vysoká spolehlivost
- velmi nízká pořizovací cena a nízké náklady na provoz
- jednoduchá obsluha a údržba [8]

Rozdělení senzorů

Obecně existuje mnoho hledisek podle nich lze senzory rozdělovat do různých skupin a kategorií. Nejpoužívanější rozdělení vychází z představy, že senzor lze chápat jako převodník mezi podnětem vyjádřeným měřenou veličinou (snímanou) a výstupní veličinou (naměřenou). [8]

- Dle měřené veličiny: senzory teploty, tlaku, průtoku, radiačních veličin, mechanických veličin (posunutí, polohy, rychlosti atd.), senzory elektrických a magnetických veličin atd.
- Dle fyzikálního principu: senzory odporové, indukčnostní, indukční, kapacitní, magnetické, piezoelektrické, optoelektronické, optické vláknové, chemické, biologické aj.
- Dle styku senzoru s měřeným prostředím: bezdotykové, dotykové.
- Dle transformace signálu: aktivní, pasivní.

  Aktivní senzor je senzor, který se působením snímané veličiny chová jako zdroj elektrické energie.

  Pasivní senzor je senzor, u kterého je nutné elektrickou veličinu (odpor, indukčnost, kapacitu atd.) dále transformovat na analogový napěťový nebo proudový signál.

  U pasivních senzorů je na rozdíl od aktivních senzorů nezbytné napájení.
- Dle výrobní technologie: elektromechanické, mechanické, pneumatické, elektrické, elektronické, elektrochemické, polovodičové, mikroelektronikcé, optoelektroniké aj. [8]

Dále se v textu budu zabývat senzory, které se běžně využívají v jednoúčelových strojích, podavačích a jiných průmyslových automatech.

3.1 Indukční senzory

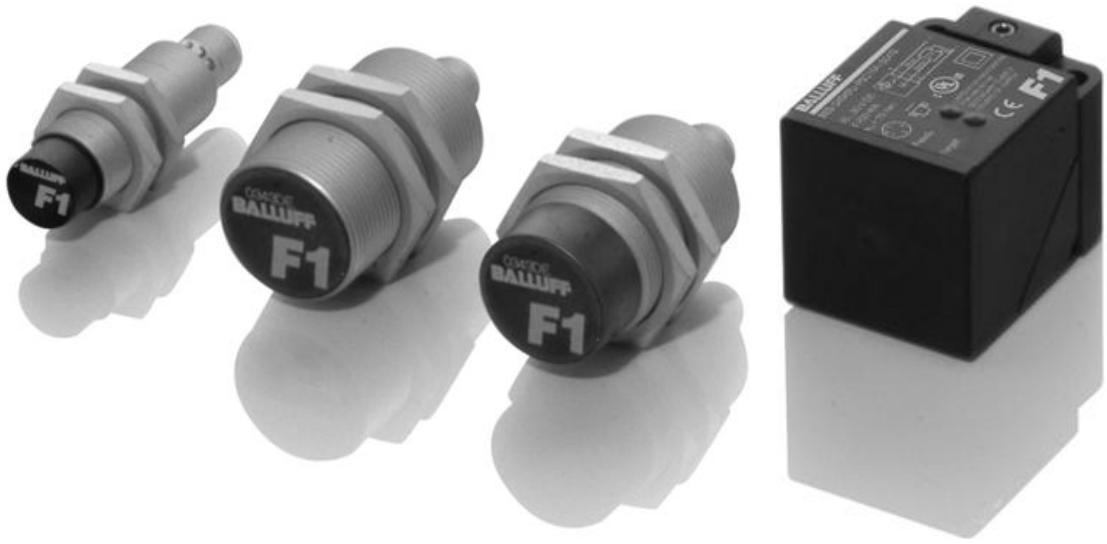
Indukční senzory mají široké použití v automatizaci průmyslu. Pracují bezdotykově, bez zpětného působení a jsou díky uzavřenému pouzdru odolné vůči vlivům provozního prostředí a tím se vyznačují vysokou spolehlivostí. Indukční senzor je zcela polovodičový prvek, pracuje s vysokou spínací frekvencí, a pokud nedojde k jeho mechanickému poškození, má téměř neomezenou životnost.

Z aplikačního hlediska je možno rozdělit indukční senzory na dvě skupiny. V první jsou senzory standardního provedení (jednocívkové), od kterých se nežádá víc, než indikace přítomnosti kovového předmětu. Tyto senzory původně vznikly jako náhrady mechanických koncových spínačů. Ve druhé skupině, speciálních senzorů, mají největší perspektivu senzory analogové.

Typickými příklady použití jsou:

- Náhrada mechanických koncových spínačů
- Zpětné hlášení polohy akčního členu
- Počítání kusů
- Regulační úlohy (poloha, rychlost)

Princip indukčních snímačů polohy spočívá v převodu polohy na změnu vlastní indukčnosti, případně vzájemné indukčnosti. [8]



Obr. 22 Indukční senzory [10]

3.2 Kapacitní senzory

Kapacitní senzory pracují jako indukční senzory. Bezdotykově, bez zpětného působení a s polovodičovým výstupem. S kapacitními senzory se nechají detekovat nevodivé i vodivé materiály. Většinou se požívají jako senzory přiblížení, vyrábějí se však i v analogovém provedení.

Typickými aplikacemi jsou:

- Snímání nekovových předmětů
- Hlídání hladin kapalin a sypkých hmot

Princip spočívá v převodu měřené veličiny na kapacitu kondenzátoru a v její následné převedení na zpracovatelný signál (napětí, proud) v logické nebo spojité formě. [8]

Obr. 23 Kapacitní senzory [10]

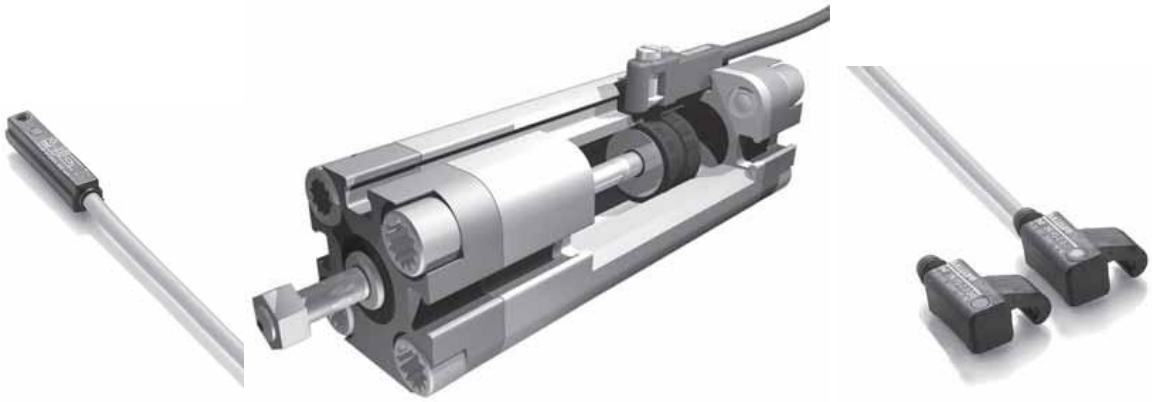
3.3 Magnetické senzory

Magnetické senzory jsou založeny na principech známých z měření magnetického pole. Zdrojem magnetického pole bývá trvalý magnet, který je umístěn na snímaném předmětu. Méně častý případ je, že magnet je součástí senzoru.

Nejčastější aplikace jsou:

- Snímání poloh pneumatických válců
- Snímání hladin kapalin a sypkých materiálů (magnet je v plováku)
- Jednoduché identifikační systémy

Princip spočívá ve využití silových účinků magnetického pole permanentního magnetu na jazýčky z magneticky měkkého materiálu zatavené do skleněné trubičky plněné inertním plynem. [8]



Obr. 24 Magnetické senzory [10]

3.4 Optické senzory

Optické senzory, přesněji nazývané optoelektronické nebo fotoelektronické, dnes představují z pohledu funkčního rozsahu nejvíce používané senzory v průmyslové automatizaci. Při montážních technologiích jsou používány v jednoduchých binárních aplikacích, bezpečnostních aplikacích, inspekčních úlohách během výroby, ale i v náročných měřících a kontrolních úlohách na konci výrobního procesu.

Další typické aplikace:

- Detekce přítomnosti
- Kontrola polohy/velikosti
- Kontrola chybějící části
- Regulace polohy navíjených pásů
- Hlídání rozměrů na velké vzdálenosti
- Hlídání hladin

Princip optických snímačů polohy spočívá v modifikaci světelného toku mezi vysílačem a přijímačem polohou snímaného předmětu a následném převodu na elektrickou veličinu.

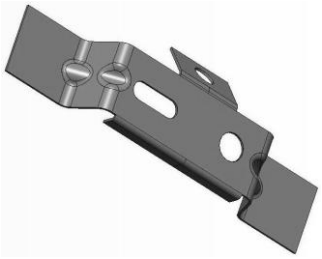
Jedním z důvodů rostoucího zájmu o optosenzory jsou stále menší rozměry a stále stoupající výkonnost. Používají se především tam, kde je požadována větší spínací vzdálenost. Jejich další výhodou je zejména necitlivost vůči rušivým elektromagnetickým polím a hluku. Nevýhodou je menší odolnost vůči vlhkosti, silnému znečištění a infrazáření. [8]

Obr. 25 Optické senzory [10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POŽADAVKY

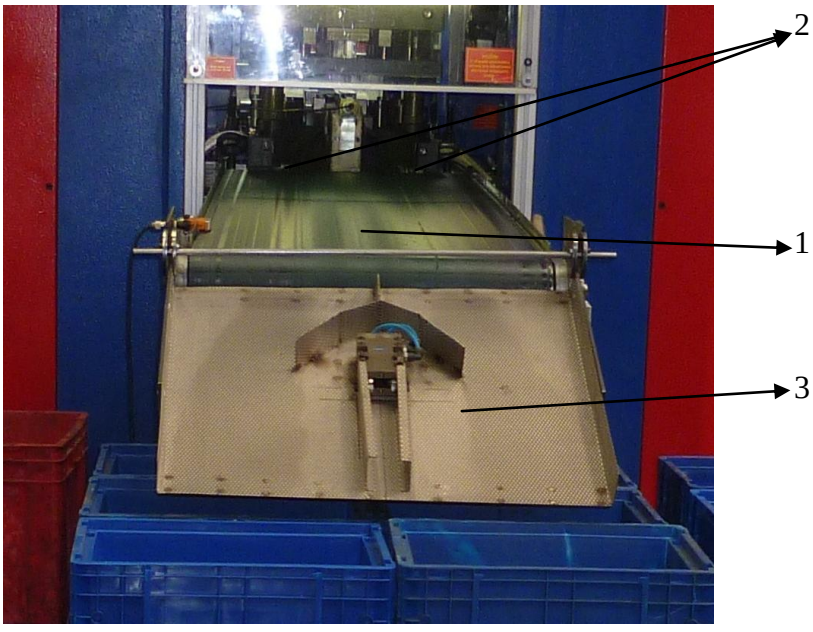
Úkolem bylo navrhnout konstrukci ukládacího stolu, který musí umožňovat automatické ukládání plastových krabic, do kterých budou padat plechové výlisky po 300 kusech.



Obr. 26 Plechový výlisek

Za pomoci pneumatických prvků, které bude ovládat PLC automat, se budou přemisťovat plastové krabice. Plánovaný interval výměny krabic operátorem je 30 minut. Vznikne tak nepřetržitý provoz lisovací linky, který se požaduje, a zároveň se výroba i zlevní.

Při navrhování zařízení byla zohledněna finanční náročnost celého skládacího stolu, jednoduché zapojení, jednoduchá obsluha zařízení a snadná manipulace se stolem.



Obr. 27 Pásový dopravník

Z nástroje, do kterého je přiveden materiál, odpadnou na pásový dopravník (1) dva kusy plechových výlisků (2). Na dopravníku přejedou tyto výlisky vedle sebe až k plechovému gravitačnímu skluzu (3).

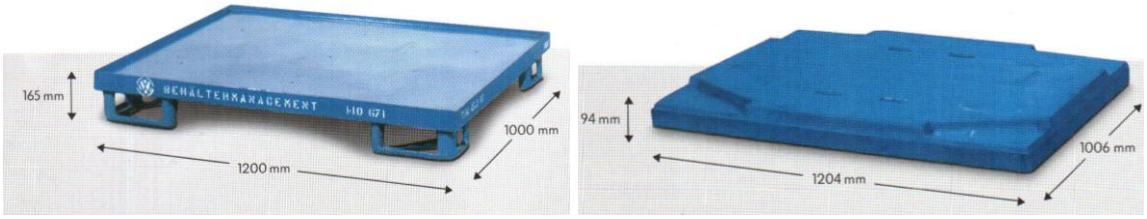
Parametr	Hodnota	Jednotky
Délka	2000	mm
Šířka	600	mm
Rychlost	0,6	m/s
Výška hrany	20	mm

Tab. 2 Parametry pásového dopravníku

Z plechového skluzu odpadnou plechové výlisky do plastových krabic. Hmotnost jednoho kusu plechového výlisku je 0,015 kg a hmotnost plastové krabice je 1,03 kg.

Obr. 28 Plastová krabice [17]

Poté se plné plastové krabice uloží na kovovou paletu. Na tuto paletu se vejde 60 kusů plastových krabic uložených v šesti řadách. Na poslední řadu se položí plastový kryt a plechové výlisky jsou připraveny k expedici. Tento balící přepis požaduje zákazník Volkswagen.

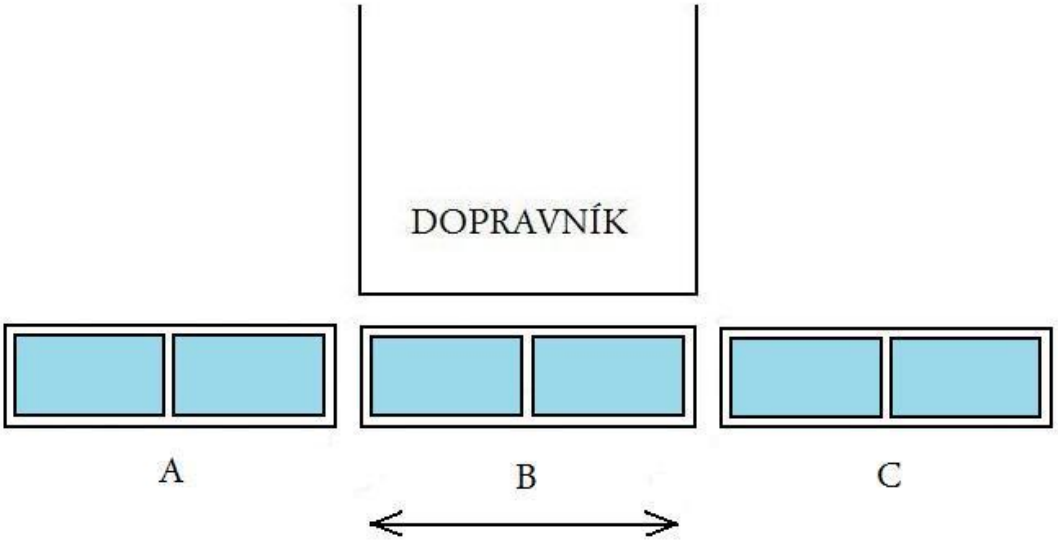


Obr. 29 Plechová paleta a plastový kryt [17]

5 VOLBA USPOŘÁDÁNÍ

5.1 První návrh

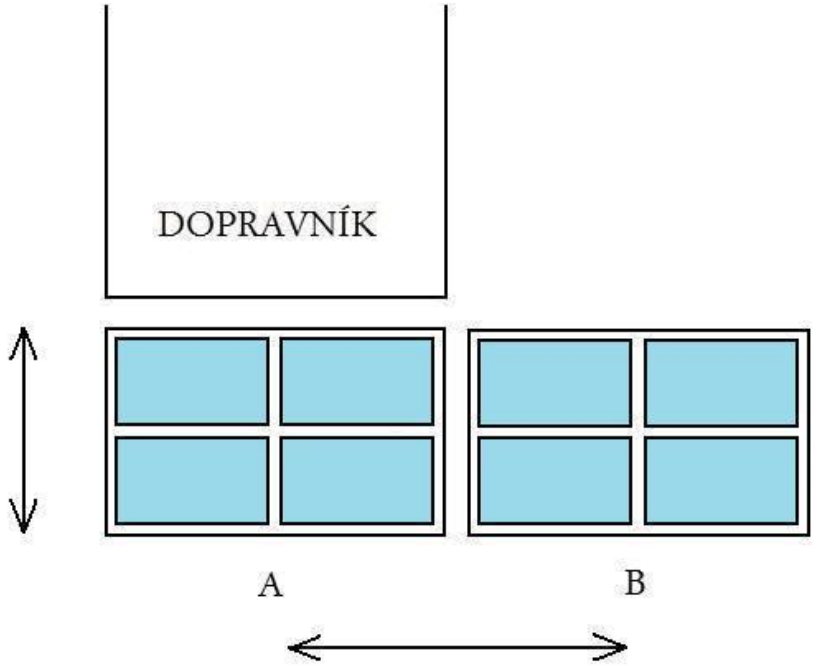
Základem prvního návrhu byl pojízdný stůl, který by byl svařen z tenkostěnných ocelových profilů. Na tomto stole byla pohyblivá plošina na kolečkách a touto plošinou manipuloval pneumatický válec. Tato varianta byla jednoduchá a levná, ale nevhodná z důvodu časté výměny plastových krabic. Dalším možným problémem jsou rychlé přejezdy z jedné pozice do druhé, protože takt lisovací linky je 30 zdvihů za minutu. To znamená, že plošina z jedné pozice do druhé se musí přesunout za 2 s. Na obr. 27 je nákres prvního návrhu. Dopravník přenáší od nástroje vyrobené plechové díly, které na konci odpadávají na 3 pohyblivé plošiny označené A, B a C. Tyto plošiny by přesouval pouze jeden pneumatický válec.



Obr. 30 První návrh

5.2 Druhý návrh

Druhá varianta byla navržena s ohledem na méně časté výměny plastových krabic. V tomto návrhu už byly použity tři pneumatické válce. Jeden válec na podélný posuv, který přesouvá plošiny z pozice A do pozice B a zpět. Další dva pneumatické válce jsou umístěny na dvou plošinách. Tyto plošiny jsou přemisťovány v příčném posuvu směrem k dopravníku a zpět.

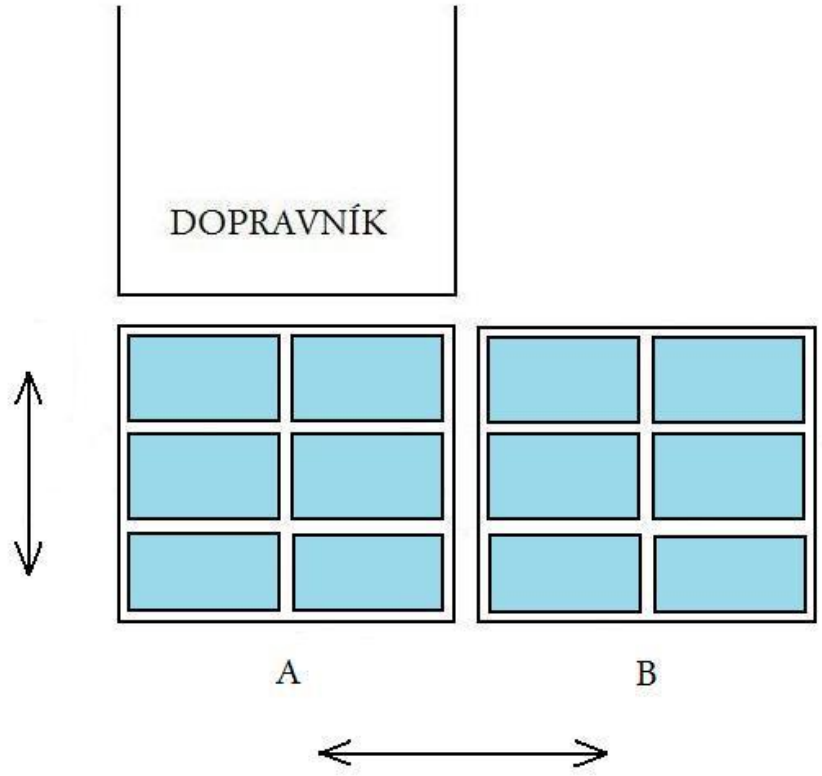


Obr. 31 Druhý návrh

5.3 Třetí návrh

Třetí návrh vychází z druhé varianty a opět jsou zde použity tři pneumatické válce. Navíc je zde použita mezipoloha na pneumatickém válci, který přesunuje plošinu v příčném směru. Zde musel být použit vzduchem ovládaný zpětný ventil se škrtícím a zpětným ventilem od výrobce SMC. Při zastavení pneumatického válce v mezipoloze tento ventil uzavře tlak vzduchu ve válci.

Obr. 32 Zpětný ventil se škrtícím a zpětným ventilem SMC [12]



Obr. 33 Třetí návrh

5.4 Konečný návrh

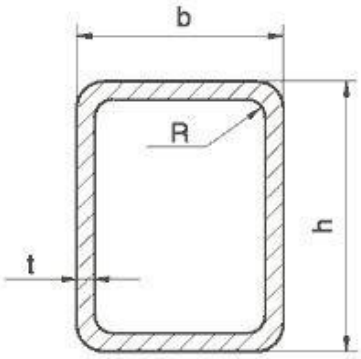
Třetí varianta byla pak mírně upravena. Úprava se týkala hlavně odstranění potřeby rychlého přejezdu pneumatických válců, protože výlisky padají z dopravního pásu každé dvě sekundy. To bylo odstraněno přidáním gravitačního skluzu se zádržnou závorou. Na skluzu byla přišroubována úhlová hlavice, která slouží jako závora. Po naplnění plastové bedýnky se závora uzavře. Tím zabrání padání výrobků do krabic a následně pneumatický válec může pomalu přesunout stůl do další polohy. Jakmile je stůl v následující poloze, zábrana se otevře a plechové výlisky sklouznou do další plastové krabice. Další úpravou bylo přidání senzoru tlaku, který hlídá případný pokles tlaku vzduchu. Pokud by klesl tlak vzduchu pod nastavenou pracovní hodnotu, stůl by přestal správně fungovat. Dále přišroubováním snímače na dopravník pro počítání plechových výlisků.

Obr. 34 Foto ukládacího stolu

Hlavní část ukládacího stolu je základní stůl (1). Na konstrukci základního stolu je navařeno vedení (6) pro vedlejší stůl (2), který podélně přesouvá hlavní pneumatický válec (4). Hlavní pneumatický válec má dvě polohy. Na konstrukci vedlejšího stolu je navařeno vedení (7) pro dvě plošiny (3), do kterých jsou vloženy plastové krabice. Vrchní dvě plošiny příčně pojízdné přesouvají dva vedlejší pneumatické válce (5). Tyto dva vedlejší pneumatické válce mají dvě krajní polohy a jednu mezipolohu.

6 ANALÝZA KONSTRUKCE STOLU

Konstrukce stolu je svařena z tenkostěnných ocelových profilů obdélníkových průřezů.

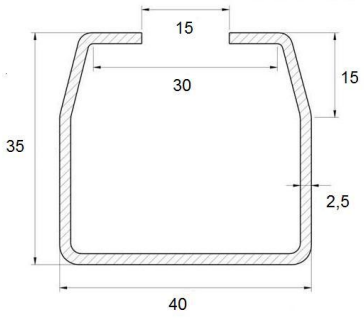


Obr. 35 Tenkostěnný ocelový profil [13]

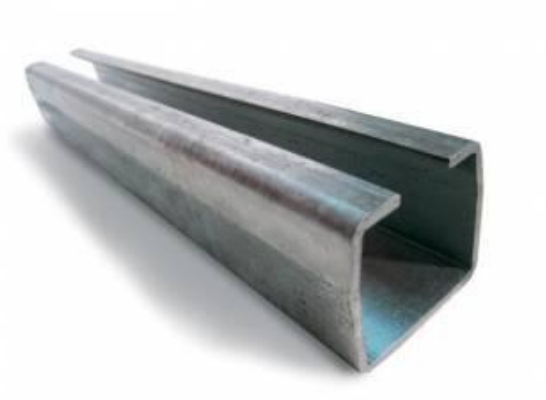
Rozměr			Hmotnost (kg/m)	Materiál
šířka (mm)	výška (mm)	tl. stěny (mm)		
b	h	t		
40	60	2	2,874	11375
40	40	2	2,368	11375
40	20	2	1,642	11375

Tab. 3 Parametry profilu [13]

Vedení pro posuvné stoly je vyrobeno z otevřených ocelových C profilů. Vodící kolejnice se vyrábí se válcováním a je to nakoupený komponent. Prodává se v délce 5 m. Profil je navařen na konstrukci stolu.



Obr. 36 Parametry C profilu [14]



Obr. 37 Ocelový otevřený C profil [14]

Ocelový jezdec s kuličkovým ložiskem na vodící kolejnice je navařen na konstrukci pohyblivé části stolu. Povrchová úprava ocelového jezdce je pozinkování. Únosnost jezdce je 4720N a průměr ložiska 28 mm. Ocelový jezdec je nakoupený komponent. [15]

Obr. 38 Ocelový jezdec s kuličkovým ložiskem [15]

Konstrukce stolu je upevněna na polyamidová transportní kola, která jsou otočná s brzdou. Kolo je uchycené ke konstrukci za přírubu šroubem a matkou a má válečkové ložisko. Váha celého zařízení i s naloženým maximálním nákladem je 267 kg. Z toho samotný stůl váží 201 kg.

Parametry transportního kola

Průměr: 100 mm

Šířka: 35 mm

Nosnost: 200 kg

Výška: 128 mm

Uchycení příruby: 80/77x60 mm

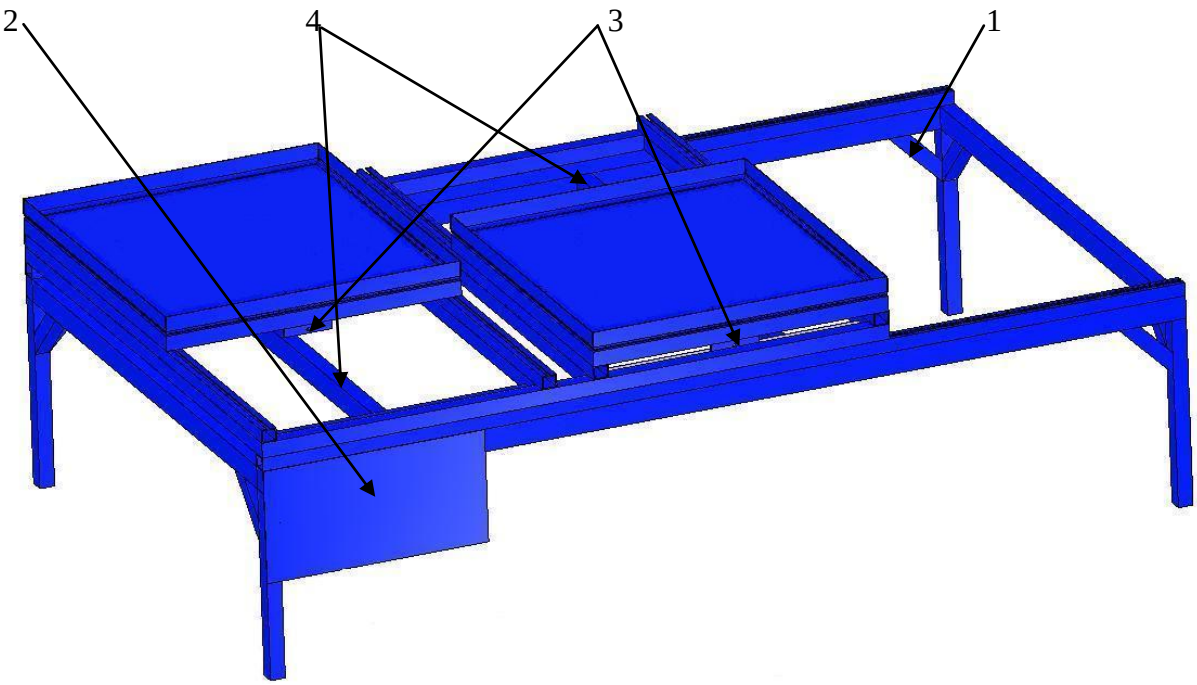
Příruba: 105x85 mm

Ukládací stůl je upevněn na čtyřech kolech. Celková nosnost transportních kol je 800 kg, což vyhovuje, protože maximální váha stolu s naloženým maximálním nákladem je 267 kg. [16]

Obr. 39 Transportní kolo otočné s brzdou [16]

6.1 Popis konstrukce stolu

Základní konstrukce stolu je svařena z tenkostěnných ocelových profilů. Tato konstrukce je zpevněna vzpěrami (1) pro vyšší tuhost stolu. Vzpěry jsou navařeny v každém rohu, kde je svařena stojina s nosnou konstrukcí základního stolu. V rohu levé části je navařen plech (2), na který je přišroubován ovládací panel, úpravna vzduchu, tlakový snímač a ventilové hnízdo s elektromagnetickými ventily. Ve vnitřní části základního stolu jsou navařeny ocelové profily (4). Tyto profily mají dvě funkce. Je na nich přiroubován hlavní pneumatický válec a ještě tyto profily zvýší tuhost stolu. Na spodní části příčně pojízdných plošin jsou navařeny ocelové držáky (3). V těchto držácích je vyvrtán otvor pro uchycení pneumatických válců.



Obr. 40 Nákres konečného návrhu v programu Solid Edge ST3

Na závěr je konstrukce natřena barvou RAL 5002. Barva chrání konstrukci proti korozi a zároveň se zlepší estetika stolu.

6.2 Ověření nosnosti tenkostěnného ocelového profilu

Hlavní stůl bude zatěžován silou, která bude vyvolána váhou vedlejšího stolu. Na tomto stole budou dvě plošiny, ve kterých budou plastové krabice a do těchto krabic budou padat plechové výlisky.

Zatěžující síla F

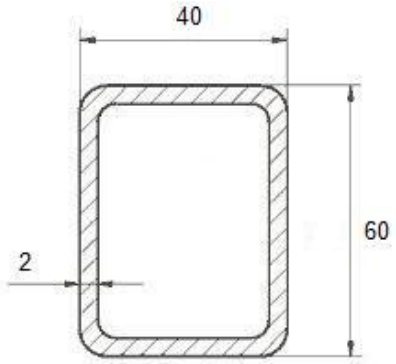
Na hlavní stůl bude působit zatížení vedlejšího stolu ocelovými jezdci. Maximální možná zátěž bude působit silou F, tedy váhou vedlejšího stolu se všemi naplněnými krabicemi. Na stole jsou navařeny čtyři ocelové jezdce. Působící síla ocelového jezdce bude Fo.

m = 163 kg

F = m · g = 163 · 9,81 = 1600 N

Fo = F/4 = 400 N

Obdélníkový profil



Obr. 41 Parametry profilu

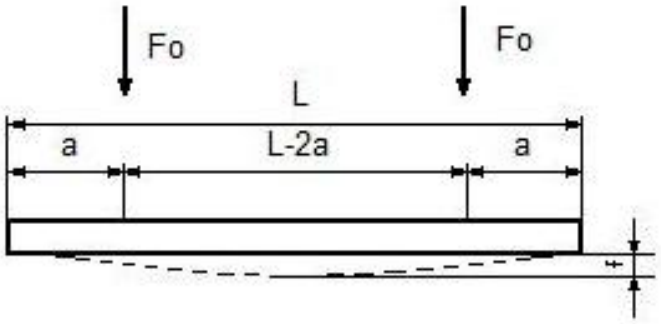
Dle daného obdélníkového profilu je vypočítán kvadratický moment Jz a modul průřezu v ohybu Wo.

$$Jz = \frac{(40 \cdot 60^3 - 36 \cdot 56^3)}{12} = 102272\,cm^4 = 10{,}23 m^4$$

$$Wo = \frac{(40 \cdot 60^3 - 36 \cdot 56^3)}{6 \cdot 60} = 6438{,}4 cm^3 = 0{,}00644\,m^3$$

Průhyb ocelového profilu

Je potřeba vypočítat průhyb zvoleného profilu aby byla ověřena správná funkčnost zařízení. Maximální dovolený průhyb je 0,5 mm.



Obr. 42 Průhyb profilu

L = 2,5 m – vzdálenost podpěr

a = 0,5 m – vzdálenost osy ocelového jezdce od podpěry

E = 210 000 MPa – modul pružnosti

$$f = \frac{Fo}{24 \cdot E \cdot Jz} \cdot 3a \cdot L^2 - 4 \cdot a^3 = \frac{400}{24 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 10{,}23} \cdot 3 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}5^2 - 4 \cdot 0{,}5^3 = 0{,}069 mm$$

Maximální průhyb profilu dosahuje 0,069 mm, což vyhovuje.

Napětí v ohybu

Ohyb je vyvolán silou F působící na rameni L. Maximální napětí v ohybu zvoleného profilu musí být menší než dovolené napětí. Koeficient bezpečnosti je 1,5.

$Wo = 0{,}00644 m^3$ - modul průřezu v ohybu

$$Mo = F \cdot \frac{L}{2} = 1600 \cdot 1{,}25 = 2000 N \cdot m$$ - ohybový moment

$$\sigma_{O\max} = \frac{Mo}{Wo} = \frac{2000}{0{,}00644} = 308451 Pa = 0{,}31 MPa$$ - maximální napětí v ohybu

$\sigma_{O\max} \leq \sigma_{DO}$

σ_{OB} - napětí v ohybu bezpečné

$\sigma_{OB} = \sigma_{O\max} \cdot k = 0{,}31 \cdot 1{,}5 = 0{,}465 MPa \leq \sigma_{DO}$

$\sigma_{DO} = 150 MPa$ - dovolené napětí v ohybu

Bezpečné napětí v ohybu je pouze 0,465 MPa a nedosahuje dovolenému napětí 150 MPa. Zvolený profil vyhovuje.

7 PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ

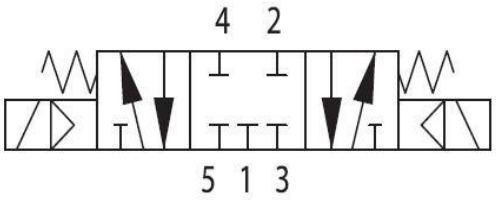
Pohonem všech pracovních prvků je vzduch. Kompresor natlačí vzduch do zásobníku, ve kterém je 1 MPa. Ze zásobníku je stlačený vzduch přiveden měděnými trubkami k lisu Beutler 125. Odtud je přiveden k ukládacímu stolu, ke kterému je připojen rychlospojkou. Hned za rychlospojkou je úpravna vzduchu (1), která slouží k nastavení provozního tlaku, odkalení kondenzátu a přimazávání vzduchu. Pracovní tlak je nastaven na 0,5 MPa. Za úpravnou vzduchu je tlakový snímač, který hlídá případný pokles tlaku vzduchu (2). Tlakový snímač je nastaven na 0,4 MPa. Pokud klesne tlak pod tuto hodnotu, snímač vyšle signál do lisu a stroj se zastaví. Dále je vzduch přiveden k ventilovému hnízdu, na které jsou přišroubovány čtyři elektromagnetické ventily (3).

Obr. 43 Úpravna vzduchu a tlakový snímač

7.1 Elektromagnetický ventil 5/3 SMC

Elektromagnetické ventily slouží k řízení proudu vzduchu do různých větví (výstupů). Ventil je tzv. bistabilní, což znamená, že zůstává v poloze, do jaké byl přestaven do té doby, dokud není přestaven dalším signálem zpět do výchozí polohy. Označení 5/3 znamená, že je ventil tzv. 5-ti cestný a 3 polohový. To znamená, že má dohromady 5 vstupů a výstu-

pů kudy vzduch proudí. Jsou to obvykle hlavní vstup (1), dva výstupy směrem do válce (4,2) a dva výstupy směrem od válce obvykle nazývané odvětrání (5,3). Ventil má 3 polohy přepnutí, neboli tři nastavení cest, možného proudění vzduchu. Tlak vzduchu pro funkci ventilu je v rozmezí 0,2 – 0,7 MPa.



Obr. 44 Schéma elektromagnetického ventilu 5/3 [12]

Od těchto ventilů je vzduch rozveden do jednotlivých pneumatických válců a závory.

7.2 Pneumatický válec SMC

Obr. 45 Pneumatický válec SMC [12]

Pneumatický válec slouží k přesunu podélné plošiny. Je připevněn ke stolu za pomocí upevňovacích patek. Na pojízdnou plošinu je přišroubován pomocí matice M12. Konec pístnice je opatřen vnějším závitem. Válec je vybaven snímáním koncových poloh. Snímače jsou zapuštěny v drážkách tělesa válce.

Výpočet pro volbu pneumatického válce

Přibližným výpočtem se vypočítá potřebná síla a poté se zvolí pneumatický válec.

$\xi = 0{,}00005$ - součinitel valivého odporu

$F_N = 1600\,N$ - zatížení

$R = 14mm = 0{,}014m$ - poloměr ložiska

$$Ft = \xi \cdot \frac{F_N}{R} = 0{,}00005 \cdot \frac{1600}{0{,}014} = 5{,}7N$$

Požadavky pro pneumatický válec jsou délka zdvihu 870 mm a potřebná síla 5,7 N. Byl vybrán pneumatický válec SMC CP96SDB40-900.

CP96SDB40-900		
Parametr	Hodnota	Jednotky
Průměr pístu	40	mm
Průměr pístnice	16	mm
Zdvih	900	mm
Typ šroubení	M12	
Závit na pístnici	vnější	

Tab. 4 Tabulka parametrů pneumatického válce SMC CP96SDB40-900 [12]

Výpočet parametrů pneumatického válce SMC CP96SDB40-900

p = 0,5 Mpa – pracovní tlak

$$S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 0{,}02^2 = 0{,}001256\,m^2 = 1256\,mm^2$$

$$F = p \cdot S = 0{,}5 \cdot 1256 = 628\,N$$

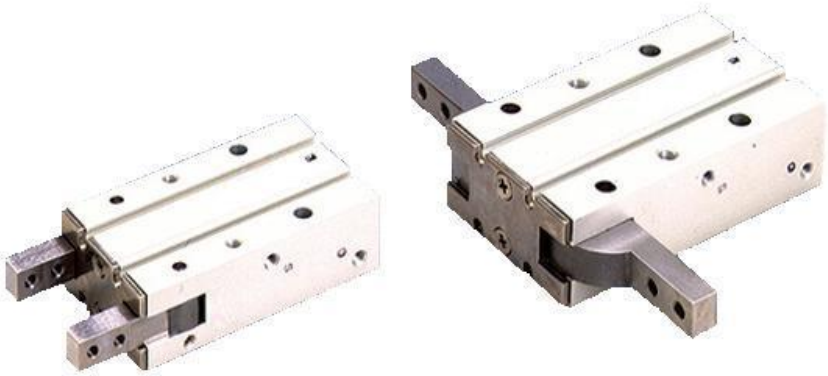
Teoretická síla válce při pracovním tlaku 0,5 MPa je 628 N což vyhovuje.

Pneumatické válce, které přesouvají dvě pojízdné plošiny příčně, se liší od pneumatického válce podélné plošiny pouze velikostí zdvihu. Délka zdvihu je 600 mm.

CP96SDB40-600		
Parametr	Hodnota	Jednotky
Průměr pístu	40	mm
Průměr pístnice	16	mm
Zdvih	600	mm
Typ šroubení	M12	
Závit na pístnici	vnější	

Tab. 5 Tabulka parametrů pneumatického válce SMC CP96SDB40-600 [12]

7.3 Úhlová hlavice SMC MHY2-16D



Obr. 46 Úhlová hlavice SMC [12]

Pro uzavírání závory je použita úhlová hlavice, která je přišroubována na gravitačním plechovém skluzu. Slouží jako zábrana pro zachytávání plechových výlisků na skluzu. Prodlouží se doba, za kterou má pneumatický válec přesunout plošinu z jedné pozice na druhou. Koncové polohy hlídají snímače, které jsou zapuštěny do tělesa válce. Úhel rozevření čelistí je 180°. Byl vybrán typ s nejmenším průměrem pístu, protože úhlová hlavice bude sloužit pouze k rozevírání a zavírání závory.

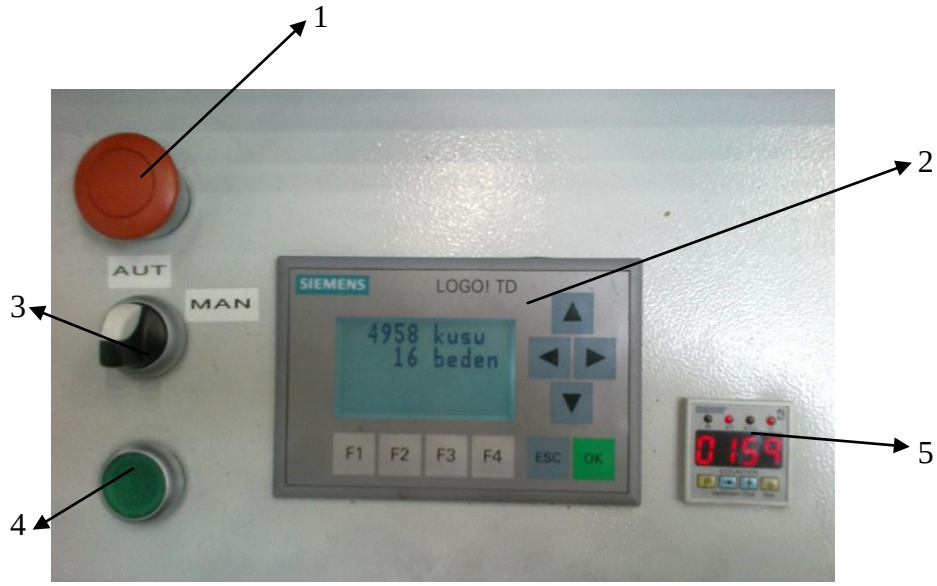
MHY2-10D		
Parametr	Hodnota	Jednotky
Průměr pístu	10	mm
Úhel sevření/rozevření čelistí	180	°
Propojovací závit	M5	
Síla sevření	0,16	N.m

Tab. 6 Tabulka parametrů úhlové hlavice SMC MHY2-10D [12]

8 ZHODNOCENÍ PRÁCE

Ukládací stůl je určen pro počítání a ukládání výrobků do určených bedýnek na základě zvoleného množství. Zařízení se skládá z podélně posuvného stolu, na němž jsou dva nezávislé příčné stoly. Podélný stůl se pohybuje ve dvou polohách, příčné stoly v polohách třech. Pohyby jsou prováděny pomocí pneumatických válců ovládaných ventily, které jsou řízeny programem instalovaným v řídicí jednotce. Pohyby stolu můžou být prováděny jak v ručním režimu, tak automaticky na základě nastaveného počtu kusů.

Na ovládacím panelu je tlačítko Central stop (1) pro okamžité zastavení stroje, displej LogoTD (2), kde se můžou nastavovat pohyby stolů, nulovat počítadla atd. Dále přepínač automat/ručně (3) pro zvolení ručního nebo automatického provozu, potvrzovací tlačítko (4), které pokud svítí zeleně tak signalizuje základní polohu a počítadlo kusů (5), které se vynuluje pokaždé, jakmile se dosáhne navoleného počtu kusů.



Obr. 47 Ovládací panel

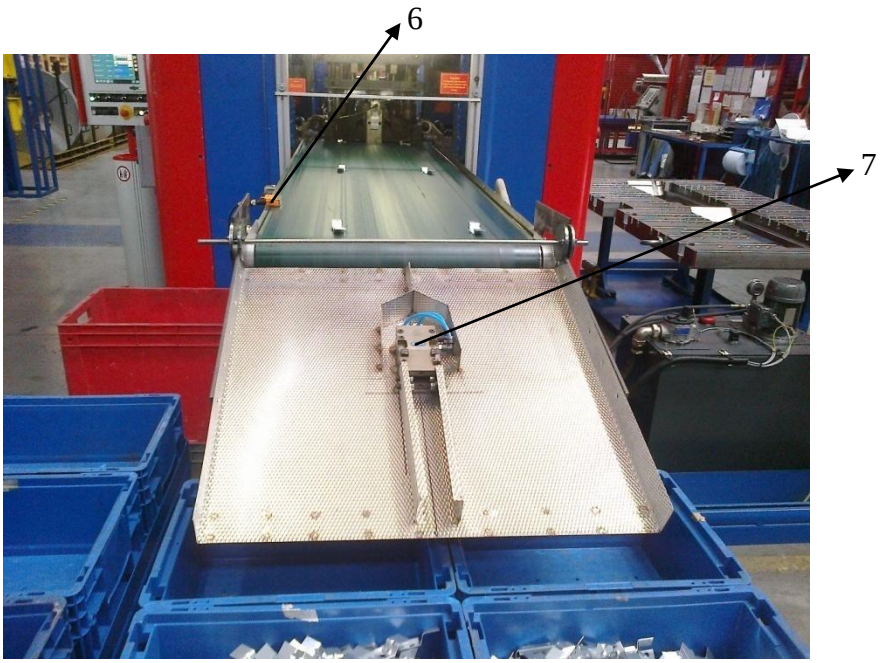
8.1 Ruční provoz

Ruční provoz slouží pro seřízení, popřípadě odzkoušení pohybů stolu a funkce snímačů. Přepínač aut/ručně se nastaví do polohy ručně. Pomocí kurzorových šipek a zároveň klávesy ESC se může pohybovat stolem ve směru šipek. Podélným stolem lze pohybovat kdykoliv, příčným stolem pouze tehdy, když se nachází ve středové pozici. Pro najetí stolu do základní pozice se použije tlačítko (4). Základní poloha je poloha, ze které se startuje au-

tomatický provoz a je signalizována kontrolkou (4). Nulování počitadel je možné pouze v ručním provozu a to klávesami F1 a F2.

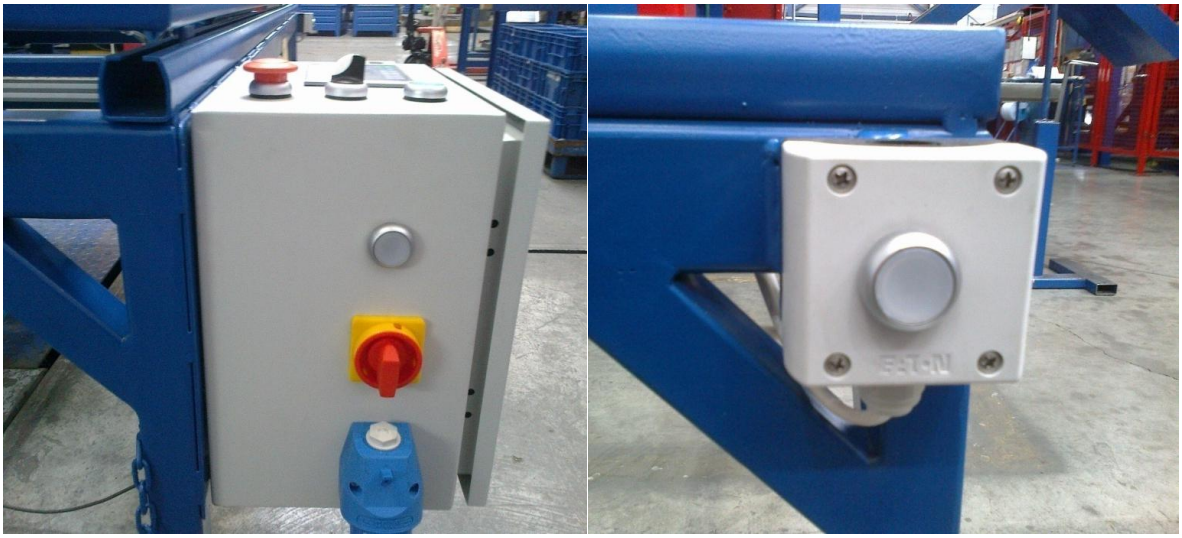
8.2 Automatický provoz

Automatický provoz slouží k spočítání a uložení výrobků dle nastaveného počítadla. Nejprve je třeba v ručním provozu najet se stolem do základní polohy. Vynulovat počítadla, jak nastavitelné, tak i celkové (2). Přepnout přepínač do polohy automat. Stůl je připraven počítat a přesouvat. Stůl začíná počítat výrobky, které zaznamenává snímač (6) umístěný na dopravníku. Po dosažení předvoleného počtu výrobků dojde k uzavření závory (7). Stůl se začne přesouvat do prázdné pozice. Po přesunutí se závora opět otevře. Tento proces se opakuje, dokud nedojde k naplnění pravého i levého příčného stolu.



Obr. 48 Foto skluzu

Naplnění pravého i levého stolu je signalizováno blikajícími kontrolkami umístěnými po stranách stolu viz obr. 47. Pokud bliká signalizace, může operátor vyměnit plné přepravky za prázdné. Po výměně se potvrdí uvolnění stolu zmáčknutím blikajícího tlačítka. Stůl dál pokračuje v počítání výrobků. Pokud operátor nevymění přepravky a nepotvrdí uvolnění, dojde k naplnění celého stolu a stůl poté dá signál lisu pro zastavení.



Obr. 49 Kontrolky naplnění stolu

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat stůl, který by umožnil automatické ukládání plechových výlisků do plastových krabic a vytvořil tak nepřetržitý chod lisovací linky. Tato práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické.

V teoretické části byly probrány pneumatické mechanizmy. V další kapitole byly vymezeny základní pojmy a popsány možnosti výroby, úpravy a řízení tlakového média.

Využití pneumatiky je výhodné z důvodů, že hnací medium je v neomezeném množství k dispozici prakticky všude. Stlačený vzduch lze také snadno dopravovat na větší vzdálenosti, lze jej také bez potíží akumulovat a je velmi rychlým pracovním médiem. Rychlost pohybu a výstupní síla je pneumatických pohonů je řiditelná ve velkém rozsahu, přičemž maximální pracovní rychlost pneumatických motorů může být 1 až 2 m/s. Velkou výhodou je také přetížitelnost zařízení. To znamená, že přetížení pneumatického stroje má za následek jeho zastavení bez jakéhokoliv poškození. Je však nutné věnovat velkou pozornost úpravě stlačeného vzduchu. Nejdůležitějším faktorem je odstranění nečistot a vlhkosti z důvodu výraznějšího opotřebení pneumatických prvků a tím zkrácení jejich životnosti. Jednou z dalších nevýhod je také stlačitelnost vzduchu, protože tato vlastnost komplikuje dosažení konstantní rychlosti pohybu pístu pneumatických motorů. Při odfuku vzduchu z pracovních prvků do atmosféry také vznikají nepříjemné zvuky. Tento problém je dnes však již do značné míry řešen používáním nově vyvinutých materiálů tlumících zvuk.

Praktická část se zabývá návrhem konstrukce ukládacího stolu, kde jsou řešeny prvotní návrhy. Poté je vybrána konečná varianta, která je ještě upravena dle požadavků pro výrobu. V dalších kapitolách je popsáno pneumatické zapojení, podrobná analýza konstrukce stolu a jsou zde detailněji popsány jednotlivé použité prvky. V poslední kapitole je práce zhodnocena.

V průběhu vypracovávání bakalářské práce jsem měl možnost seznámit se s nabídkou pneumatických prvků firmy SMC a FESTO, od kterých nakupuje naše firma většinu pneumatických prvků.

Během oživování a testování zařízení bylo objeveno několik drobných nedostatků, které ovšem byly odstraněny nebo eliminovány. Prvním odstraněním problému bylo seřízení tlaku vzduchu proudící do jednotlivých pneumatických válců. Plošiny se před seřízením přesouvaly velkou rychlostí. Další nedostatek byl vyřešen nastavením senzorů na pneuma-

tických válcích. Plošiny nenajely do správné polohy a výlisky padaly mimo uložené plastové krabice. Nastavily se mezipolohy a koncové polohy senzorů. Dalším problémem bylo špatné načasování uzavření závory na gravitačním skluzu. Snímač na dopravním pásu zaznamenal poslední výlisek a hned uzavřel závoru. Tento výlisek však měl ještě odpadnout do plněné plastové krabice. Tento problém byl vyřešen nastavením zpoždění, které hlásí zaznamenaný díl.

Mezi výhody ukládacího stolu patří jednoduché ovládání, snadná manipulace se stolem, který je na otočných kolečkách a hlavně automatické přesouvání plastových krabic, ve kterých je navolený počet kusů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] KŘÍŽ, R., VÁVRA, P. *Strojírenská příručka : 4. svazek*. Praha : SCIENTIA, spol. s r.o., 1994. 254 s. ISBN 80-85827-58-1

[2] MAŇAS, Miroslav. *Základy robotiky*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991. 99 s. ISBN 80-214-0279-2

[3] SCHMID, Dietmar, a kol. *Řízení a regulace pro strojnictví a mechaniku*, 1. vyd. Praha: SNTL, 2005, 420 s. ISBN 80-85706-10-9

[4] FLIEGR, Jan, a kol. *Hydraulické a Pneumatické mechanismy* [online]. 2004 [cit. 2012-12-15]. Dostupný z WWW: <http://www.uvssr.fme.vutbr.cz/opory/fluidni/hydropneu.pdf>

[5] Kolektiv autorů. *Úvod do pneumatiky.* Praha: FESTO Didactic., 1994. ISBN: 80-01-00042-7

[6] Kolektiv autorů. *SMC Training : Stlačený vzduch a jeho využití*. [online] 2007 [cit. 2012-12-27]. Dostupný z WWW: <http://217.19.37.249/cz/pdf/LG1_Antriebe.pdf>. Pneumatické lineární pohony, s. 119-135

[7] Kopáček, J., Žáček, M. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava 2003, 94 s. ISBN 80-24804-42-5

[8] Martinek, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha 2004, 200 s. ISBN 80-7300-114-4

[9] Festo AG & Co. KG. FESTO : *Průmyslová a procesní automatizace* [online]. 2009 [cit. 2012-12-19]. Dostupný z WWW: <http://www.festo.cz>

[10] Balluff CZ s.r.o. : *Sensors worldwide* [online]. 2011 [cit. 2013-01-27]. Dostupný z WWW: <http://www.balluff.cz>

[11] Kolektiv autorů. *SMC Training : Stlačený vzduch a jeho využití*. [online] 2007 [cit. 2013-02-05]. Dostupný z WWW: <http://217.19.37.249/cz/pdf/LG1_Ventile.pdf>. Ventily, s. 83-117

[12] SMC Czech Rep. - Competence In Automation 2007 [online]. [cit. 2013-02-08]. Dostupný z WWW: <http://www.smc.cz>

[13] NYPRO - hutní prodej [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.nyprohutni.cz>

[14] KOBRA - hutní prodejna [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.kobra-tr.cz>

[15] PLACHTY - prodej plachet a plachtoviny [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.e-plachty.cz>

[16] EMPORO - prodej a dodávky vybavení do skladů [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.emporo.cz>

[17] VOLKSWAGEN LOGISTICS – Konzern Behältermanagement [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.vwgroupsupply.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

kg	váha
m	délka
mm	délka
m/s	rychlost
s	čas
MPa	tlak
N	síla

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pneumatický obvod [1] 12
Obr. 2 Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu [3] 16
Obr. 3 Řez jednočinným pneumatickým válcem [5] 20
Obr. 4 Membránový válce [5] 20
Obr. 5 Řez dvojčinným pneumatickým válcem [5] 21
Obr. 6 Dvojčinný pístový motor s tlumením v koncových polohách [5] 22
Obr. 7 Dvojčinný pneumatický válec s průchozí pístnicí [5] 22
Obr. 8 Vícepolohový válec [5] 23
Obr. 9 Tandemový válec [5] 23
Obr. 10 Pneumatický válec s lanovým převodem [5] 24
Obr. 11 Jednosměrný ventil [5] 25
Obr. 12 Rozdělení rozváděčů podle konstrukce [5] 26
Obr. 13 Elektromagnetický rozváděč [9] 27
Obr. 14 Logické členy součinu a součtu [9] 27
Obr. 15 Rychloodvětrávací ventil a jeho schéma [9] 28
Obr. 16 Redukční ventil [9] 29
Obr. 17 Jednosměrný škrtící ventil [5] 30
Obr. 18 Proporcionální průtokový ventil [9] 30
Obr. 19 Vzdušník [9] 32
Obr. 20 Tlumič hluku [9] 34
Obr. 21 Rychlospojka [9] 34
Obr. 22 Indukční senzory [10] 37
Obr. 23 Kapacitní senzory [10] 38
Obr. 24 Magnetické senzory [10] 39
Obr. 25 Optické senzory [10] 40
Obr. 26 Plechový výlisek 42
Obr. 27 Pásový dopravník 42
Obr. 28 Plastová krabice [17] 43
Obr. 29 Plechová paleta a plastový kryt [17] 43
Obr. 30 První návrh 44
Obr. 31 Druhý návrh 45

Obr. 32 Zpětný ventil se škrtícím a zpětným ventilem SMC [12] 45
Obr. 33 Třetí návrh 46
Obr. 34 Foto ukládacího stolu 47
Obr. 35 Tenkostěnný ocelový profil [13] 48
Obr. 36 Parametry C profilu [14] 48
Obr. 37 Ocelový otevřený C profil [14] 49
Obr. 38 Ocelový jezdec s kuličkovým ložiskem [15] 49
Obr. 39 Transportní kolo otočné s brzdou [16] 50
Obr. 40 Nákres konečného návrhu v programu Solid Edge ST3 51
Obr. 41 Parametry profilu 52
Obr. 42 Průhyb profilu 53
Obr. 43 Úpravna vzduchu a tlakový snímač 55
Obr. 44 Schéma elektromagnetického ventilu 5/3 [12] 56
Obr. 45 Pneumatický válec SMC [12] 56
Obr. 46 Úhlová hlavice SMC [12] 58
Obr. 47 Ovládací panel 59
Obr. 48 Foto skluzu 60
Obr. 49 Kontrolky naplnění stolu 61

SEZNAM TABULEK

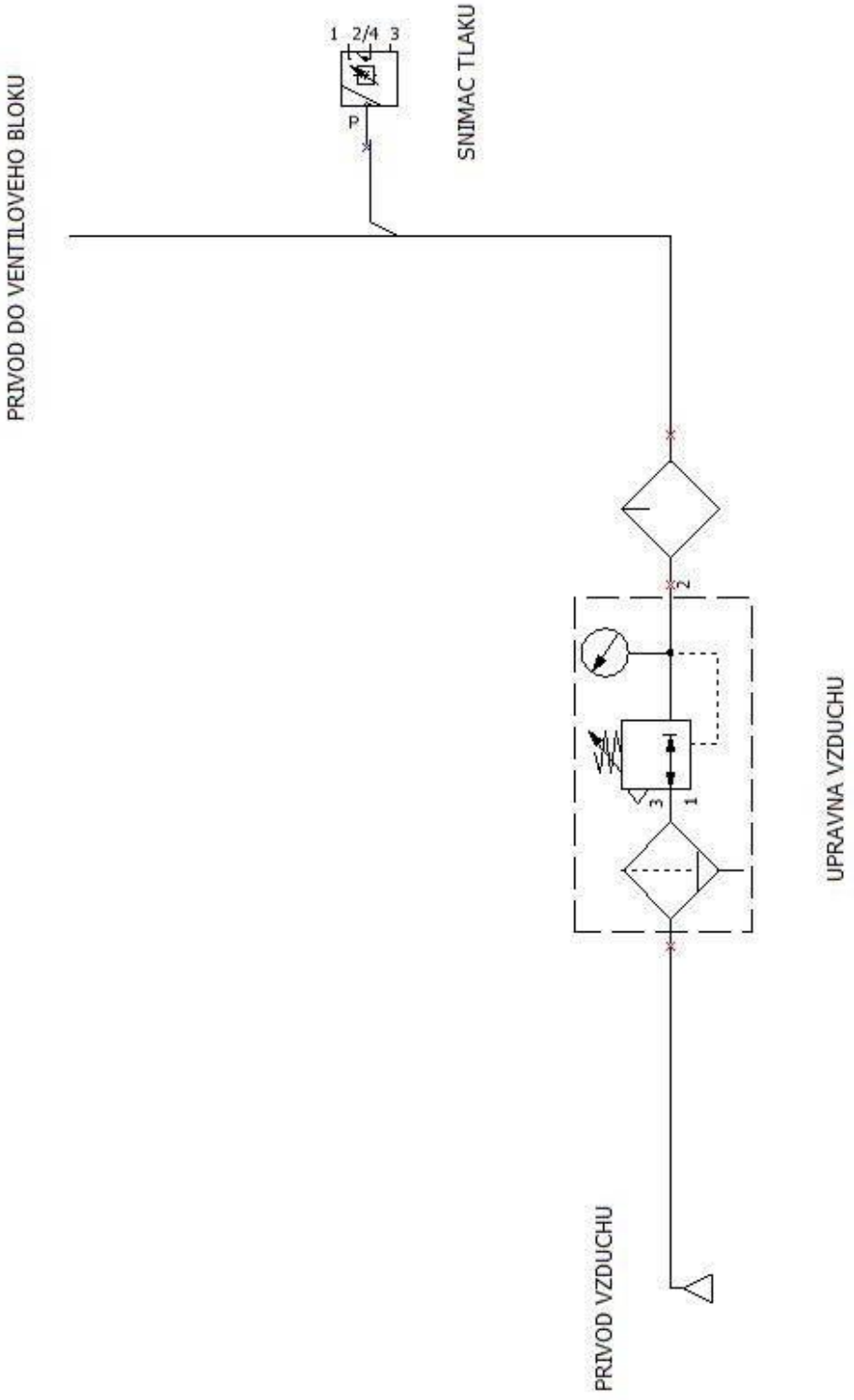
Tab. 1 Přehled základních schematických značek [4] 19
Tab. 2 Parametry pásového dopravníku..... 43
Tab. 3 Parametry profilu [13] 48
Tab. 4 Tabulka parametrů pneumatického válce SMC CP96SDB40-900 [12]..... 57
Tab. 5 Tabulka parametrů pneumatického válce SMC CP96SDB40-600 [12]..... 58
Tab. 6 Tabulka parametrů úhlové hlavice SMC MHY2-10D [12]..... 58

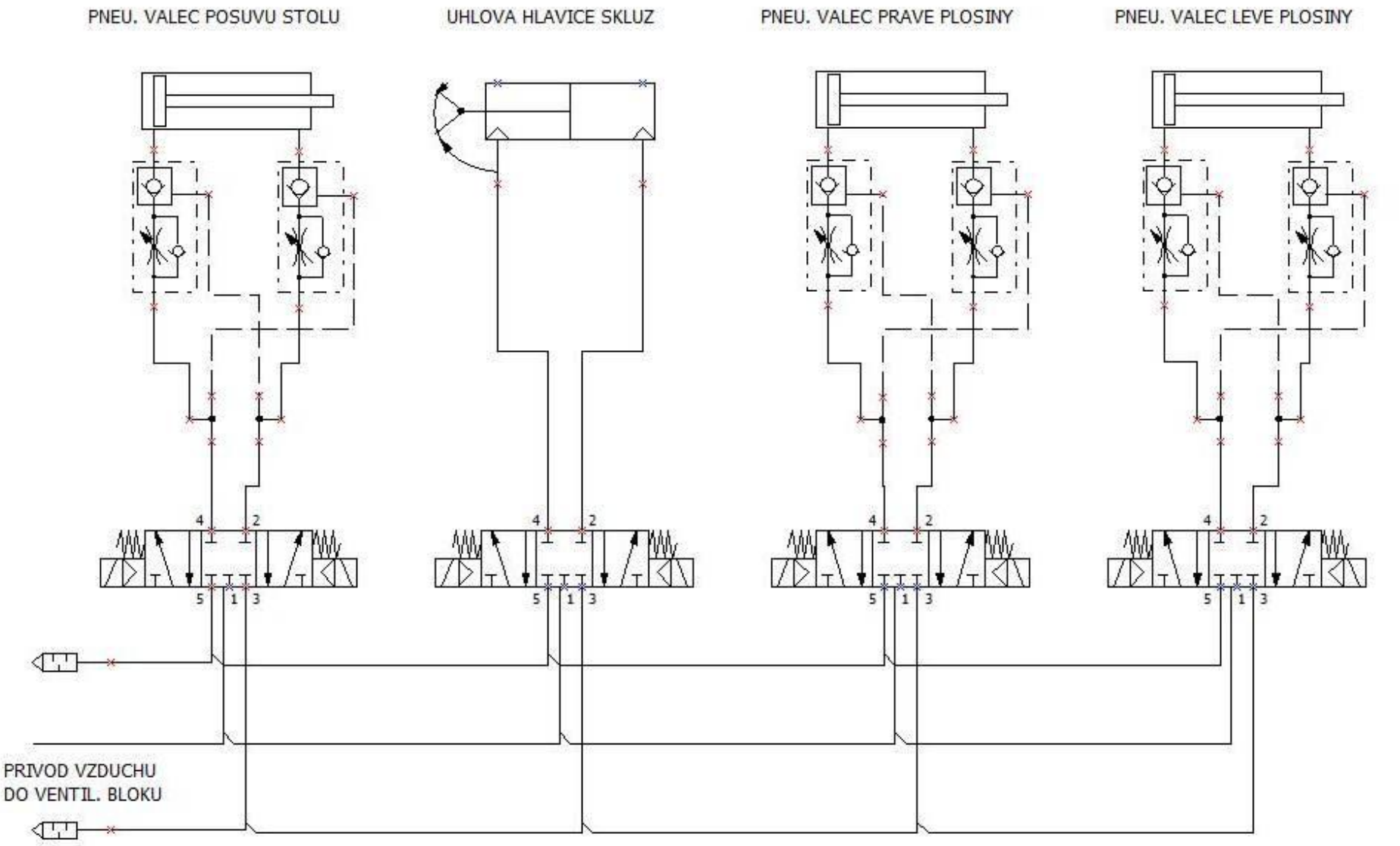
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: PNEUMATICKÉ SCHÉMA

Příloha PII: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

PŘÍLOHA P I: PNEUMATICKÉ SCHÉMA




PNEU. VALEC POSUVU STOLU
UHLOVA HLAVICE SKLUZ
PNEU. VALEC PRAVE PLOSINY
PNEU. VALEC LEVE PLOSINY
4
2
5
1
3
PRIVOD VZDUCHU
DO VENTIL. BLOKU