

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

## MODERNIZACE JEDNOÚČELOVÉHO STROJE PUSH-PACK

INNOVATION OF PUSH-PACK MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JIŘÍ ŠIMEČEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. STANISLAV VĚCHET, Ph.D.**

BRNO 2009



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Šimeček

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

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

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

### **Modernizace jednoúčelového stroje PUSH-PACK**

v anglickém jazyce:

#### **Inovation of PUSH-PACK Machine**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se bude zabývat modernizací pneumatického systému spolu s modernizací jeho ovládání. Tato modernizace bude provedena na jednoúčelovém stroji PUSHPACK s max. ohledem na skladovou zásobu fa. ViskoTeepak ( na položky, které již firma ViskoTeepak má skladem )

Cíle bakalářské práce:

1. Seznámení se se stávajícím pneumatickým systémem od fa, SMC
2. Seznámení se s ovládáním od fa. SLO-SYN
3. Navržení nového pneumatického systému od fa. FESTO
4. Navržení nového ovládacího systému od fa. UNITRONIC
5. Výpočet spotřeby vzduchu a navržení upravy vzduchu
6. Nakreslení pneumatického schématu v programu FluidDRAW

Seznam odborné literatury:

[www.festo.cz](http://www.festo.cz)

[www.unitronic.cz](http://www.unitronic.cz)

[www.viskoteepak.com](http://www.viskoteepak.com)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Stanislav Věchet, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 26.11.2008

L.S.

---

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Licenční smlouva**

(na místo tohoto listu vložte vyplněný a podepsaný list formuláře licenčního ujednání)



## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá modernizací jednoúčelového stroje push-pack. Modernizace spočívá ve výměně přímočarých pneumatických motorů, které jsou ovládané pomocí elektromagnetických ventilů, výběru vhodné úpravy vzduchu, nakreslení pneumatického schématu a návržení řídicí jednotky.

Bakalářská práce je rozdělena do tří částí. V první části jsou popsány vlastnosti stlačeného vzduchu a jeho úpravy. Ve druhé části je popsáno původní řešení pneumatického systému. Ve třetí části bylo navrženo nové řešení, které spočívá ve výpočtech přímočarých motorů a spotřeby vzduchu, výběru ventilového terminálu a ovládacího systému.

Práce je doplněna pneumatickým schématem.

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the modernization of the single push-pack machine. Modernization consists in exchanging pneumatic linear motors which are controlled by electromagnetic valves, selection of appropriate treatment of air and the design of control unit.

Bachelor's thesis is divided into three parts. The first section describes the properties of compressed air and its regulation. The second part describes the original pneumatic system solutions. New solution was designed in the third part. That is used in the calculations of linear motors and air consumption, the selection of valve terminal and control system.

The thesis is accompanied by pneumatic diagram.

## Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Stanislavu Věchetovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a pomoc při realizaci celého projektu.





**Obsah:**

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>Stlačený vzduch</b> .....	<b>13</b>
2.1	Vlastnosti stlačeného vzduchu .....	13
2.2	Fyzikální vlastnosti .....	14
2.3	Rozvod stlačeného vzduchu .....	15
2.3.1	Kompresor.....	16
2.3.2	Vzdušník .....	21
2.3.3	Úprava tlakového vzduchu.....	23
2.4	Dvojčinné přímočaré motory .....	30
4.2	Elektromagnetické rozvaděče.....	35
<b>3.</b>	<b>Původní řešení</b> .....	<b>37</b>
3.1	Schéma stroje .....	37
3.2	Ovládací ventily .....	41
<b>4.</b>	<b>Nové řešení</b> .....	<b>43</b>
4.1	Důvod modernizace.....	43
4.2	Výpočet přímočarých motorů.....	43
4.3	Proporcionální redukční ventil .....	60
4.4	Ventilový terminál.....	62
4.5	Úpravna vzduchu.....	64
4.6	Ovládání systému .....	68
<b>5.</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>75</b>
	<b>Seznam použité literatury</b> .....	<b>77</b>
	<b>Přílohy</b> .....	<b>79</b>
	<b>Obsah přiloženého dvd</b> .....	<b>80</b>

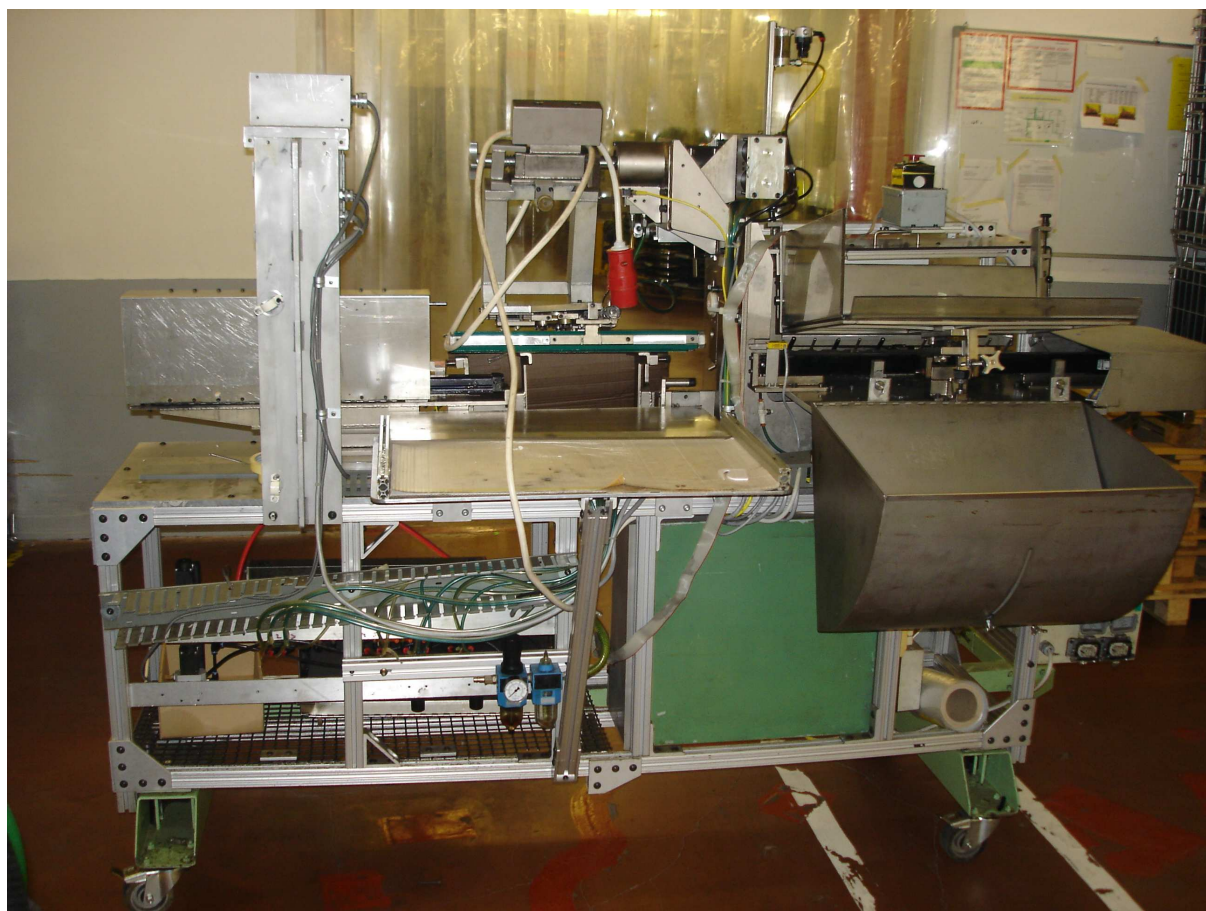


## 1 ÚVOD

Stlačený vzduch je energie, kterou člověk využíval již před tisíci lety. Jedna z prvních zpráv o použití stlačeného vzduchu je o řeku Ktesibliovi, který postavil před více než 2000 lety prak, který využíval energii stlačeného vzduchu. Jedna z prvních knih zabývající se touto problematikou byla napsaná v 1 století našeho letopočtu. V této knize jsou popisované zařízení, poháněné ohřátým vzduchem. Také slovo „pneuma“ pochází z řeckého jazyka[1].

Teprve v 17 stol. byly položeny vědecké základy použití pneumatiky francouzy matematikem Pascalem a fyzikem Denisem Papinem a německým inženýrem Ottem von Guerickem. Zaváděním automatizace do výroby na konci 20. stol. dochází k vyššímu využívání pneumatiky ve výrobě. V současnosti se využívá ve většině průmyslových odvětví.

Firma ViskoTeepak mě požádala o modernizaci pneumatického systému jednoúčelového stroje Push-Pack (obr. 1). Firma se zabývá výrobou nejedlých celulózových párkových střev Wienie-Pak a fibrousových salámových střev Visko Brand a Teepak Brand. Push-Pak se používá na uzavírání střeva Wienie-Pak z důvodu jednoduššího narážení masem. Na tomto stroji se používá pneumatika od firmy SMC s ovládáním od firmy SLOSYN. Dle zadání mám použít pneumatiku od firmy FESTO s přihlédnutím na skladové zásoby, které má firma ViskoTeepak a ovládáním od firmy UNITRONIC. Tento požadavek vznikl na základě špatné dostupnosti náhradních dílů.



Obr. 1. Jednoúčelový stroj Push-pack



## 2. STLAČENÝ VZDUCH

### 2.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu

V dnešní době se v důsledku mechanizace, automatizace a robotizace nahrazuje lidská síla jiným druhem energie. Jednou z těchto energií je také stlačený vzduch.

Jaké vlastnosti jsou základem praktického využívání stlačeného vzduchu:

Pozitivní

Dostupnost: Vzduch se vyskytuje všude okolo nás a proto je ho vždy dostatek

Doprava: Stlačený lze dopravovat na jakékoliv vzdálenosti bez použití zpětného vedení

Bezpečnost

proti výbuchu: Stlačený vzduch je nehořlavý, proto se může používat v jakémkoliv prostředí

Čistota: Ve vzduchu se nevyskytují žádné škodlivé látky, proto se může používat například i v potravinářství.

Jednoduchost: Dlouhá životnost a jednoduchost pneumatických prvků spolu s nenáročnou obsluhou dělají cenově přijatelné náklady.

Rychlost: Rychlost stlačeného vzduchu se pohybuje okolo 1 – 2 m/s, což je pro většinu aplikací dostatečné.

Řiditelnost: Rychlost proudění vzduchu se reguluje pomocí škrtecích ventilů, které snižují proudění vzduchu. Pro zvýšení proudění se může pouze použít rychloodvětrávací ventil, který snižuje odpor vzduchu při odvětrání.

Stlačitelnost: Díky svým fyzikálním vlastnostem umožňuje akumulovat energii.

Samozřejmě stlačený vzduch nemá pouze kladné vlastnosti, ale i záporné

Úprava: U stlačeného vzduchu musí být odstraněny především nečistoty, které se vyskytují ve vzduchu, dále také voda, která se vyskytuje ve vzduchu v podobě páry a olej, který se dostává do stlačeného vzduchu z kompresoru. Všechny tyto nečistoty mají vliv na spolehlivost a dobu provozu

Dosažitelná

síla: Síla dosažená přímočarým motorem, je závislá na tlaku a průměru motoru. Běžně dosahuje až 30 000 N

Hlučnost: Při odfuku přebytečného vzduchu dochází k větší hlučnosti, kterou můžeme odstranit tlumičem.

Náklady: Z důvodu vyšších nákladů na výrobu vzduchu, především díky úpravám, musíme dávat zvýšený pozor na netěsnosti v systému.

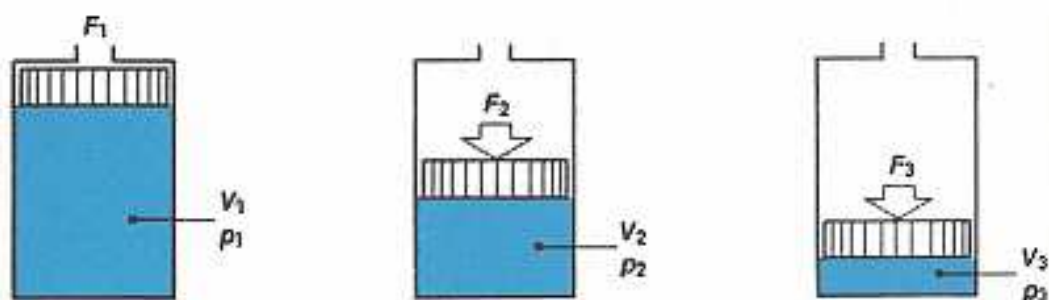
## 2.2 Fyzikální vlastnosti

### Stlačitelnost vzduchu

Plyny nemají stálý tvar a jsou stlačitelné. Stlačitelnost plynů při konstantní teplotě popisuje Boyle – Mariottův zákon.

Součin absolutního tlaku a objemu určitého množství plynu je konstantní (obr. 2).

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = konst.$$

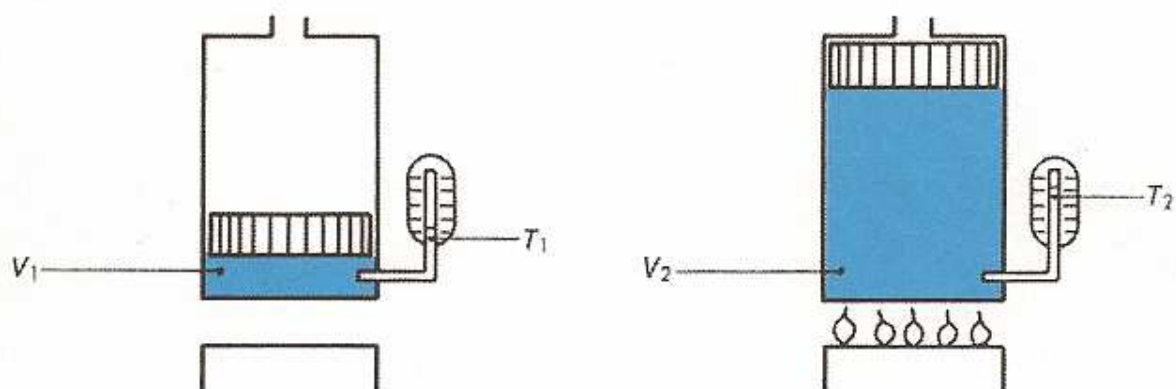


Obr. 2. stlačitelnost vzduchu [1]

### Změna objemu při změně teploty

Plyn změnou teploty při konstantním tlaku mění svůj objem. Tyto závislosti popisuje Gay-Lussacův zákon. Poměr objemů se rovná poměru teplot, vyjádřených v Kelvinech (obr. 3).

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$



Obr. 3. Změna objemu v závislosti na teplotě [1]

Obě zákonitosti jdou vyjádřit tzv. stavovou rovnicí

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = konst.$$

V pneumatice je běžné všechny údaje vyjadřovat pro tzv. normální stav. Normální stav je určen tzv. normální teplotou a normálním tlakem. Máme ještě definován tzv. technický a fyzikální normální stav.

Technický normální stav je definován:

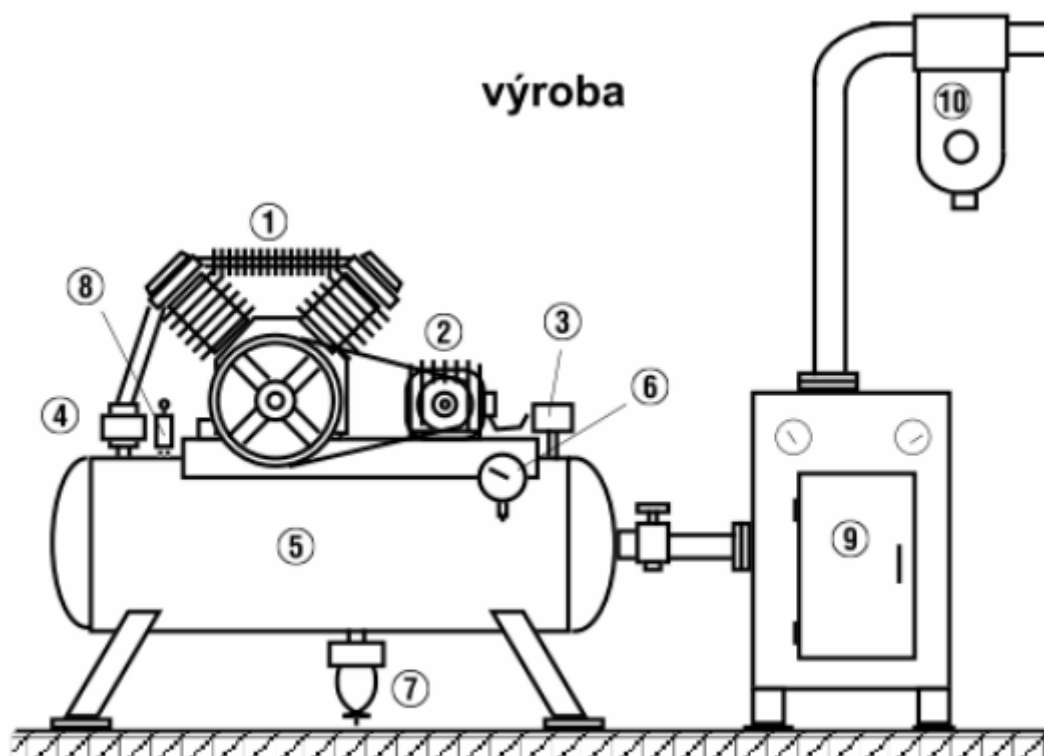
- Normální teplota  $T_n = 293,15 \text{ K}$
- Normální tlak  $p_n = 98\,066,5 \text{ Pa}$

Fyzikální normální stav je definován:

- Normální teplota  $T_n = 273,15 \text{ K}$
- Normální tlak  $p_n = 101\,325 \text{ Pa}$

### 2.3 Rozvod stlačeného vzduchu

1. Kompresor – slouží ke stlačení vzduchu (obr. 4).
2. Elektromotor – slouží k pohonu kompresoru (obr. 4).
3. Tlakový snímač – slouží k ovládní elektromotoru. Při dosažení minimálního tlaku ve vzdušníku sepne elektromotor, při dosažení maximálního tlaku ve vzdušníku motor vypne (obr. 4).
4. Zpětný ventil – slouží k jednosměrnému proudu vzduchu od kompresoru do vzdušníku (obr. 4).
5. Vzdušník – slouží jako zásobník stlačeného vzduchu (obr. 4).
6. Manometr – slouží k měření tlaku vzduchu (obr. 4).
7. Automatické vypouštění kondenzátu – slouží k odvádění kondenzátu ve vzdušníku, který vzniká stlačením vzduchu (obr. 4).
8. Přetlakový pojistný ventil – slouží k zabezpečení nepřekročení maximálního dovoleného tlaku ve vzdušníku (obr. 4.)
9. Vysoušení stlačeného vzduchu – slouží k vysušení stlačeného vzduchu (obr. 4).
10. Filtr hlavní větve potrubí – slouží k filtraci hrubé nečistoty, kondenzátu a oleje (obr. 4).



Obr 4. Výroba a rozvod stlačeného vzduchu [10]

### 2.3.1 Kompresor

Pro výrobu stlačeného vzduchu používáme kompresory, které pomocí mechanické síly stlačí vzduch na požadovaný tlak. Kompresory se vybírají na základě maximálního tlaku a množství stlačeného vzduchu, který má kompresor dodat. Podle principu se dělí na dva základní typy:

1. Objemové kompresory: pracují na principu objemového stlačování.
2. turbokompresory: tento typ pracuje na základě kinetické energie vzduchu.

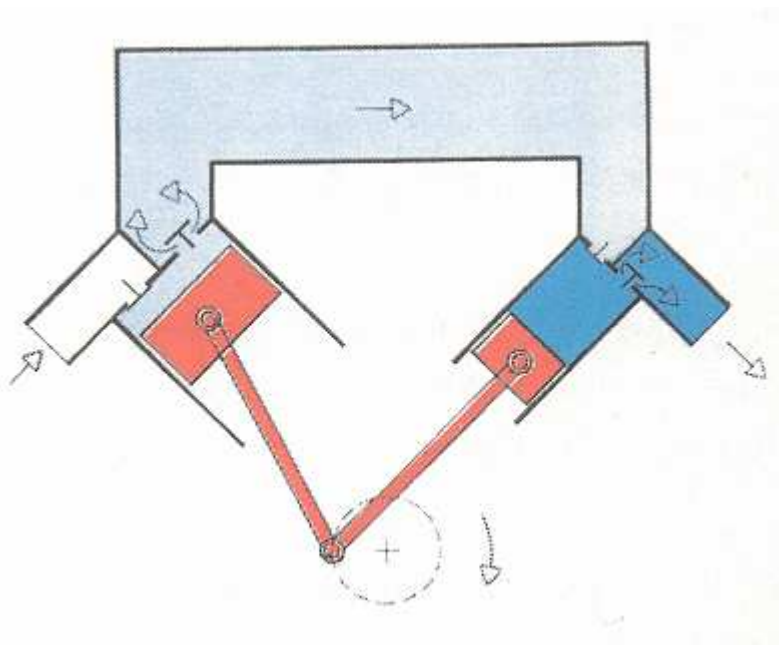
#### Druhy kompresorů

Objemové	- přímočaré	- pístové
		- membránové
	- rotační	- lamelové
		- šroubové
		- rotační
Turbokompresory		- radiální
		- axiální



## Pístové

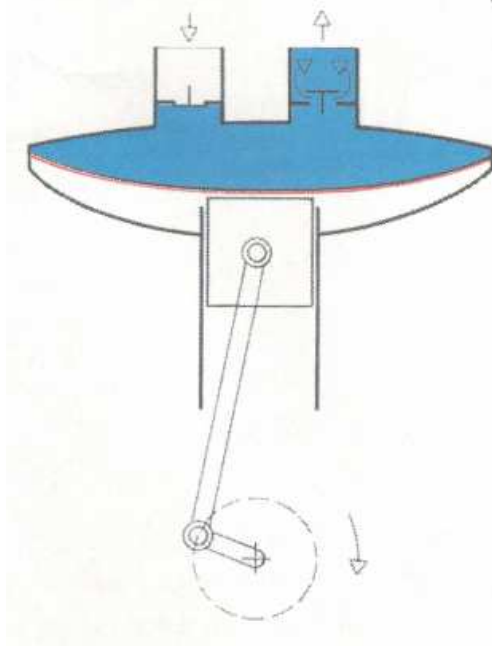
V současné době jsou nejčastěji používány. Jsou vhodné k používání pro nízké, střední i vysoké tlaky. Při používání při vysokých tlacích je nutné víceústupňové provedení (obr. 5).



Obr. 5. Dvouústupňový pístový kompresor s mezichlazením [1]

## Membránové kompresory

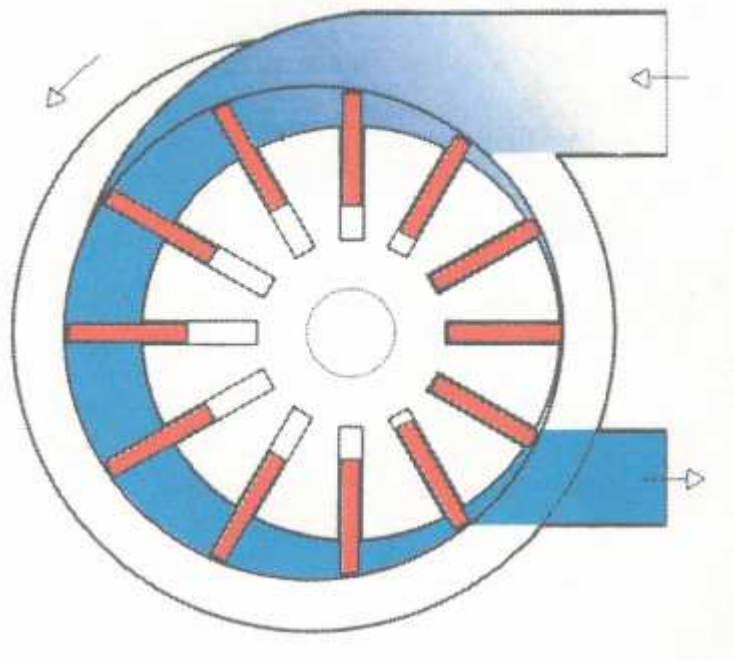
Princip tohoto kompresoru je stejný jako u pístových, jenom místo pístu je použita membrána, která znemožní znečištění stlačeného vzduchu olejem. Z toho důvodu se velice často používají v potravinářství, farmaceutickém a chemickém průmyslu (obr. 6).



Obr. 6. Membránový kompresor [1]

### Lamelový kompresor

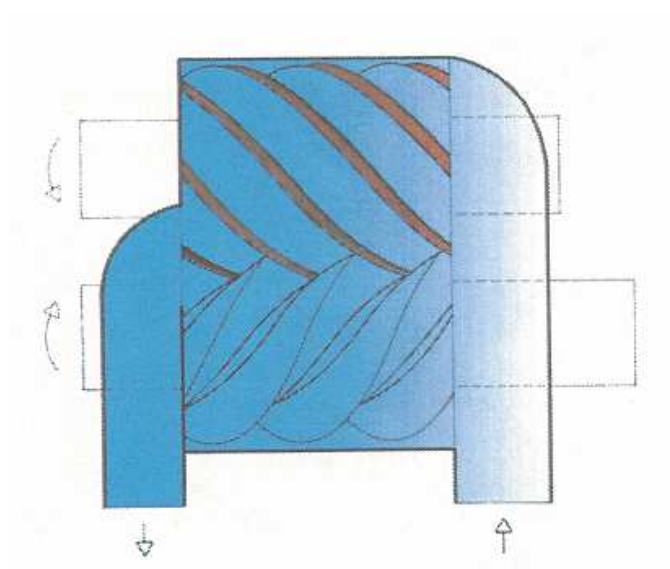
Z důvodu excentricky uloženého rotoru dochází ke stlačování vzduchu. Předností tohoto kompresoru jsou malé vnější rozměry, klidný chod a rovnoměrná dodávka stlačeného vzduchu (obr. 7).



Obr. 7. Lamelový kompresor [1]

### Šroubový kompresor

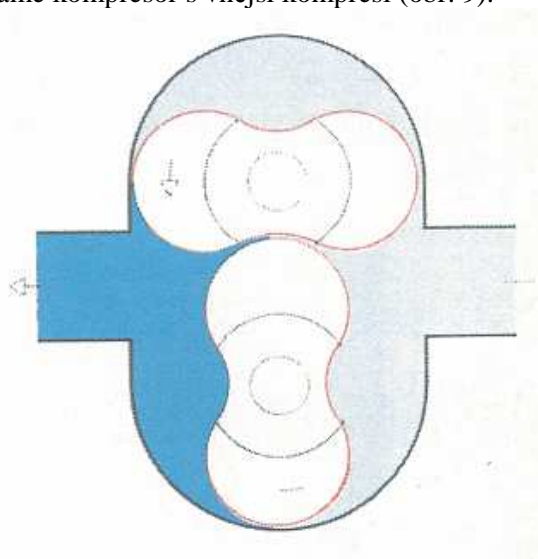
U šroubového kompresoru je vzduch stlačován dvěma vřeteny. Tato vřetena jsou opatřena konkávním a konvexním profilem (obr. 8).



Obr. 8. Šroubový kompresor [1]

### Rotační „Rootsův“ kompresor

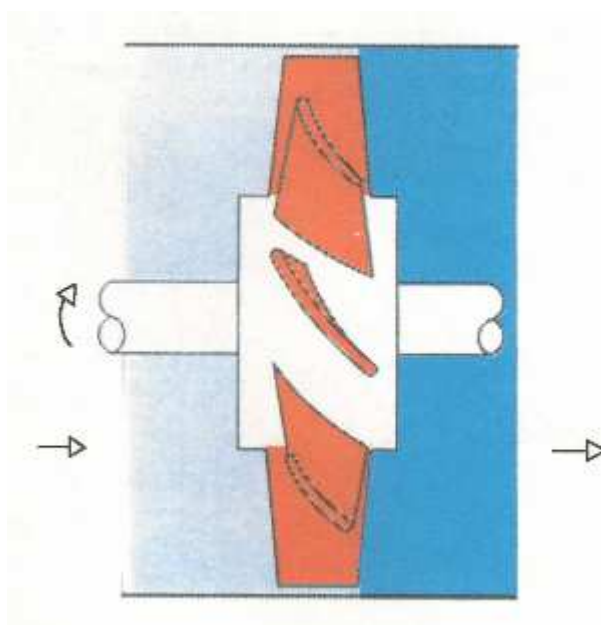
Vzduch je stlačovaný pomocí dvou rotorů, které mají tvar piškotu. Tlak vzniká až na výstupu kompresoru, proto ho nazýváme kompresor s vnější kompresí (obr. 9).



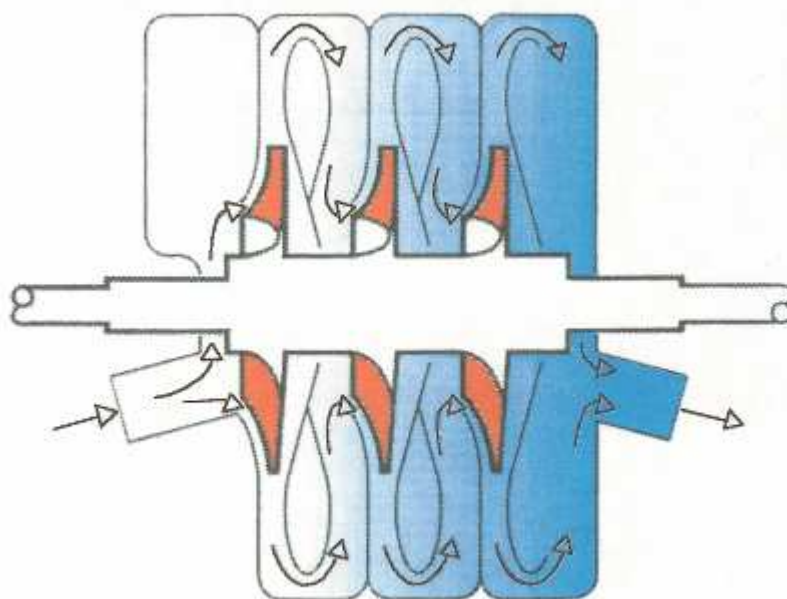
Obr. 9. Rootsův kompresor [1]

### Turbokompresory

Pracují na principu zrychlení vzduchu pomocí lopatek a používají se zejména pro dodávky velkého množství vzduchu (obr. 9 a 10).

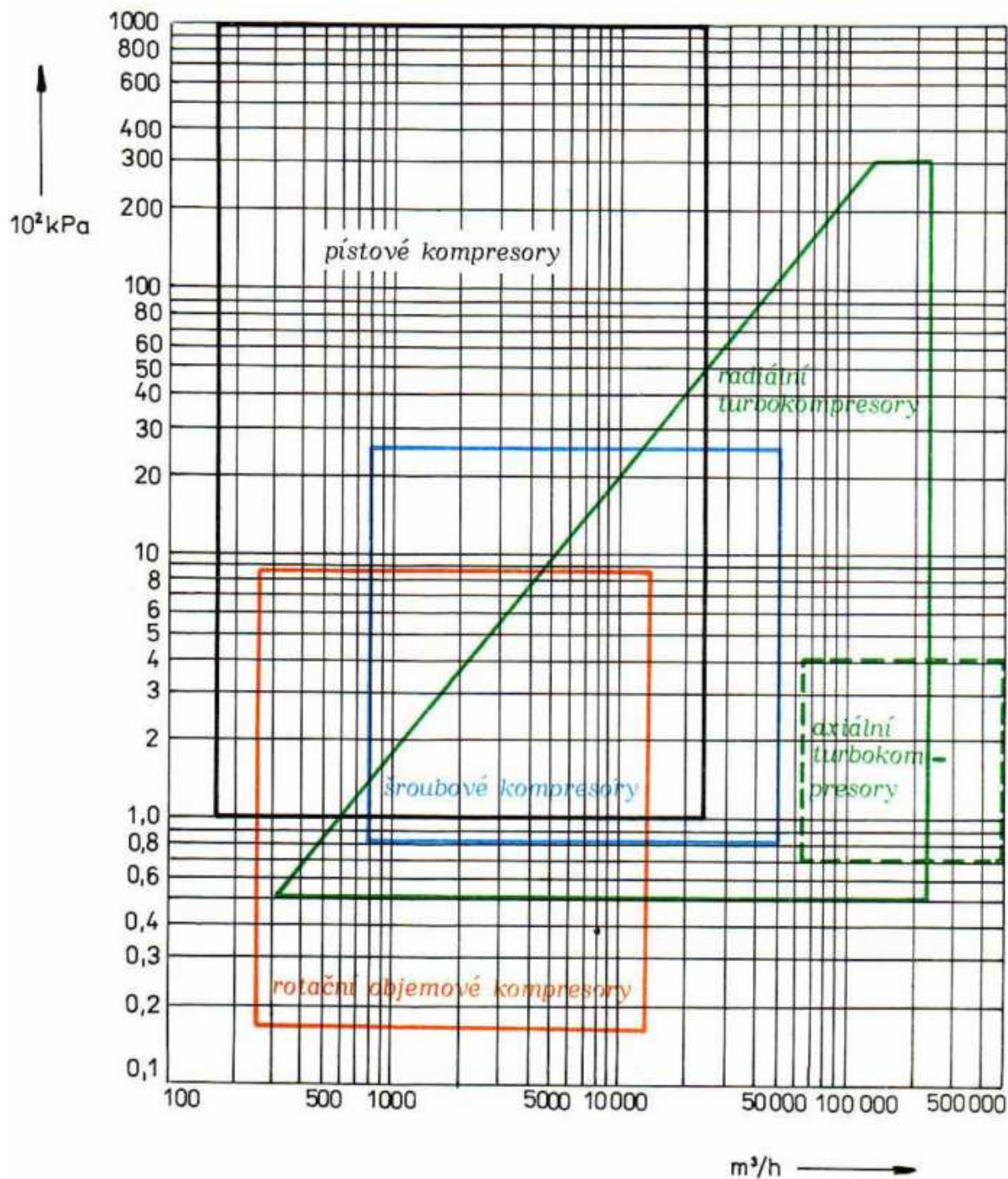


Obr. 9. Axiální turbokompresor [1]



Obr.10. Radiální turbokompresor [1]

Typ kompresoru, v závislosti na maximálním tlaku a množství nasávaného vzduchu, můžeme určit z tabulky (obr. 11).



Obr. 11. Rozsahy tlaků a nasávaného množství vzduchu pro různé typy kompresorů [1]

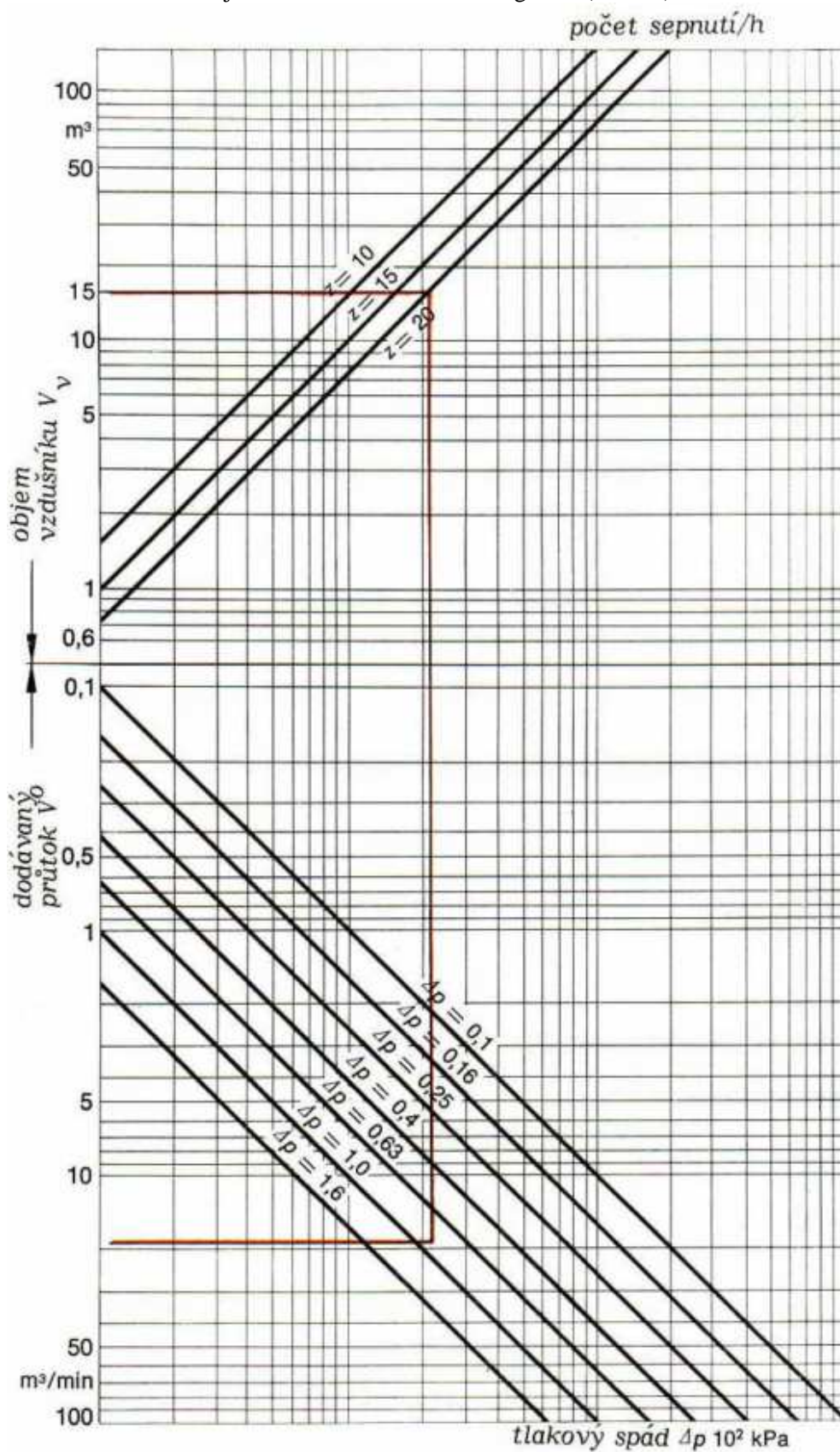
### 2.3.2 Vzdušník

Vzdušník slouží ke snížení kolísání tlaku, který je vyvoláván různou spotřebou stlačeného vzduchu.

Velikost vzdušníku závisí na

- Množství vzduchu dodávaného kompresorem
- Spotřebě vzduchu
- Rozvodné síti
- Zvoleném způsobu regulace kompresoru
- Přípustném tlakovém spádu v síti

Objem vzdušníku lze určit z diagramu (obr. 12)



Obr. 12. Graf pro určení velikosti vzdušníku [1]

Vzdušník je tlaková nádoba, která se řídí normou ČSN 690012.

Povinné vybavení tlakových nádob

- Uzavírací a vypouštěcí armatura
- Tlakoměr
- Pojistný ventil
- Odvětrací zařízení
- Příslušnou dokumentaci prokazující způsobilost tlakové nádoby k provozu – PASPORT

Tlakoměry podle ČSN 690010.5.2 jsou osazovány s takovým rozsahem stupnice, aby se měřený tlak pohyboval ve 2/3 rozsahu stupnice. Nejvyšší přípustný pracovní tlak z hlediska bezpečnosti tlakové nádoby musí být označen na stupnici červenou značkou. Tlakoměry se musí kontrolovat vynulováním nejméně 1 x za 3 měsíce, přičemž vynulování se provádí pomocí trojcestného zkušební ventilu, namontovaného pod tlakoměrem, nebo úplným vypuštěním tlaku z nádoby. Nejpozději 1 x za dva roky se provádí kontrolní porovnání provozního tlakoměru na zkušební stolici.

Pojistné ventily musí odpustit přebytečný vzduch při dosažení tlaku, na který je konstruována tlaková nádoba. Pojistné ventily se zkouší při provozním tlaku nadlehčením kuželky nejméně 1 x za měsíc.

Tlakovou nádobu smí obsluhovat pouze osoba starší 18 let, která byla řádně proškolená. Před uvedením tlakové nádoby se provádí výchozí revize. Do 14 dnů od uvedení tlakové nádoby do provozu je provozovatel povinen zajistit provedení první provozní prohlídky a další pravidelně nejpozději do jednoho roku od předchozí provozní revize. Nejdéle po pěti letech provozu je povinností provozovatele zajistit vnitřní revizi tlakové nádoby a po devíti letech provozu novou tlakovou zkoušku zkušebním tlakem.

Je-li nádoba odstavena z provozu na dobu delší než 6 měsíců, nebo došlo-li k přemístění stabilní tlakové nádoby, je nutno před jejím opětovným uvedením do provozu zajistit novou revizi, zpravidla vnější i vnitřní a to nezávisle na době, která uplynula od poslední revize [11].

### 2.3.3 Úprava tlakového vzduchu

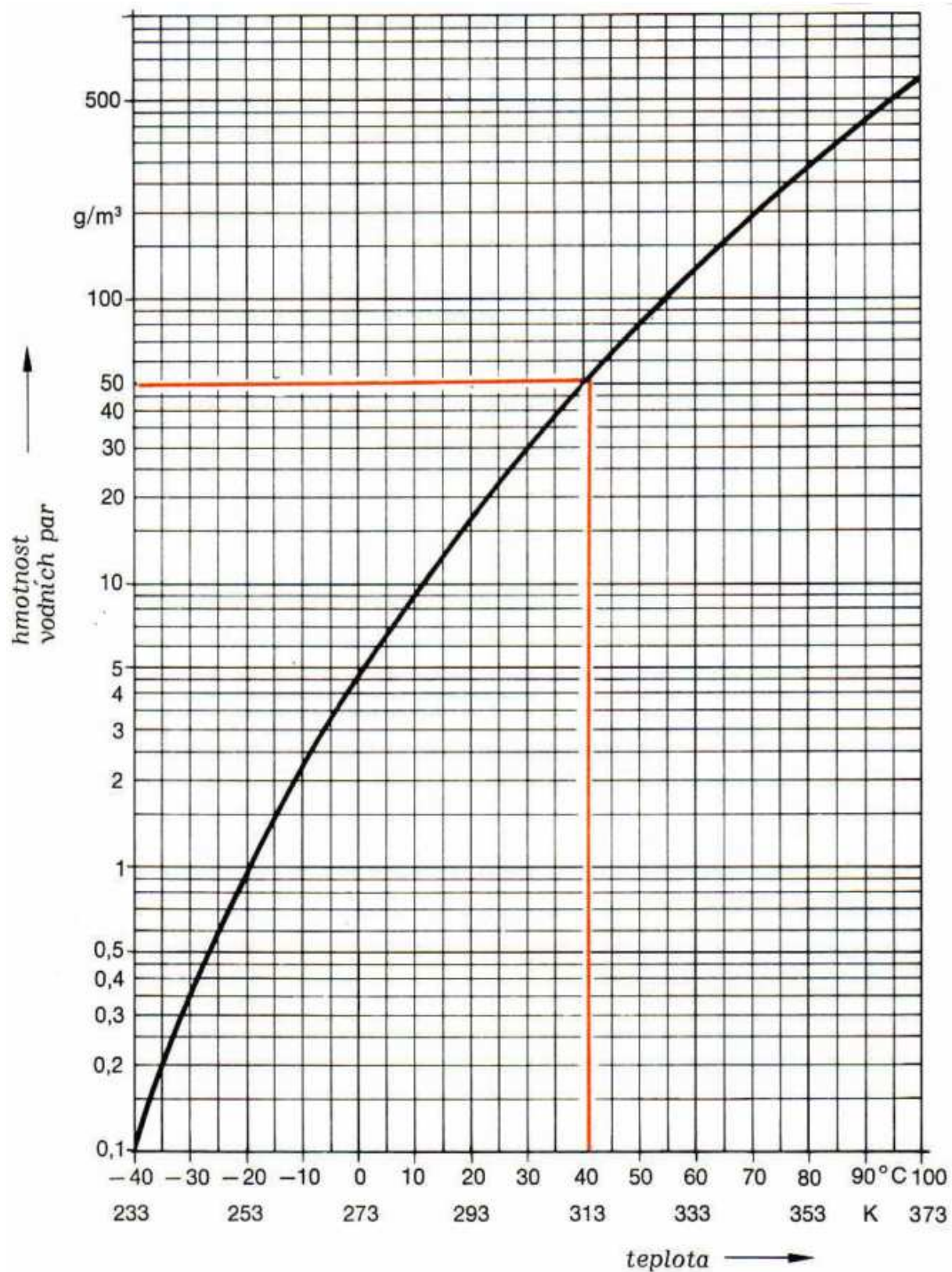
Znečištění vzduchu mechanickými nečistotami, zbytky oleje a vlhkostí často vede k poruchám.

První úprava se provádí v odlučovači, umístěném za chladičem vzduchu. Na pracovním místě se pak provádí finální úpravy tlakového vzduchu.

Velkou pozornost je nutné věnovat vlhkosti, která se dostává do rozvodné sítě se vzduchem nasávaným do kompresoru. Stupeň vlhkosti závisí na relativní vlhkosti ovzduší. Vlhkost vzduchu se vyjadřuje dvěma způsoby

Absolutní vlhkost	množství par, které obsahuje $1\text{m}^3$ vzduchu
Relativní vlhkost	množství vodních par v $1\text{m}^3$ vzduchu, vztažené na maximální možné množství při dané teplotě vyjádřené v %.

Maximální množství vodních par při dané teplotě ( teplota rosného bodu ) je tzv. mezní stav. Tento mezní stav je zobrazen na obr. 13.



Obr. 13. Závislost mezního stavu na teplotě [1]



K vysoušení vzduchu se používá

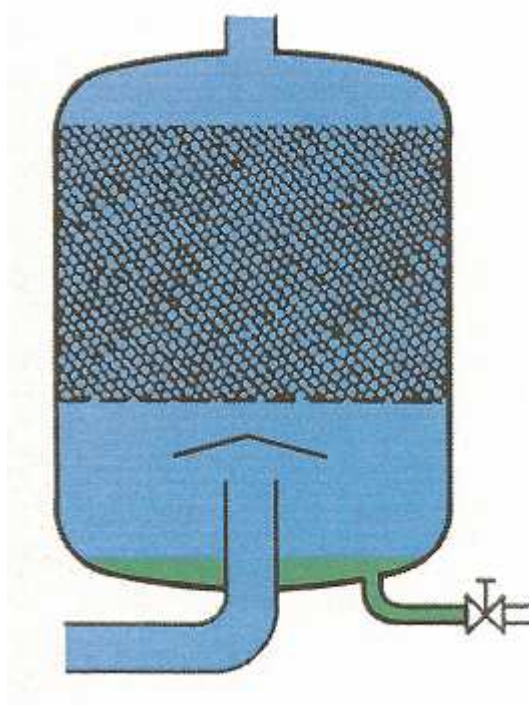
- Absorbční vysoušení
- Adsorbční vysoušení
- Vysoušení chlazením

### Absorbční vysoušení

Jedná se o chemický postup. Vodní pára se při styku se sušícím prostředkem na něj chemicky váže, proto musí být sušící prostředek po určité době vyměněn (obr. 14).

Výhody absorbčního vysoušení:

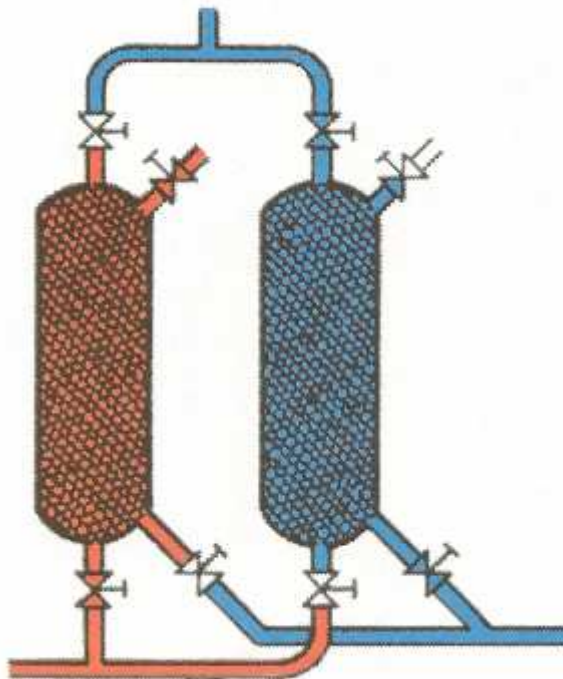
- Jednoduchá instalace
- Malé mechanické opotřebení
- Nevyžaduje přívod energie



Obr. 14. Absorbční vysoušení [1]

## Adsorbční vysoušení

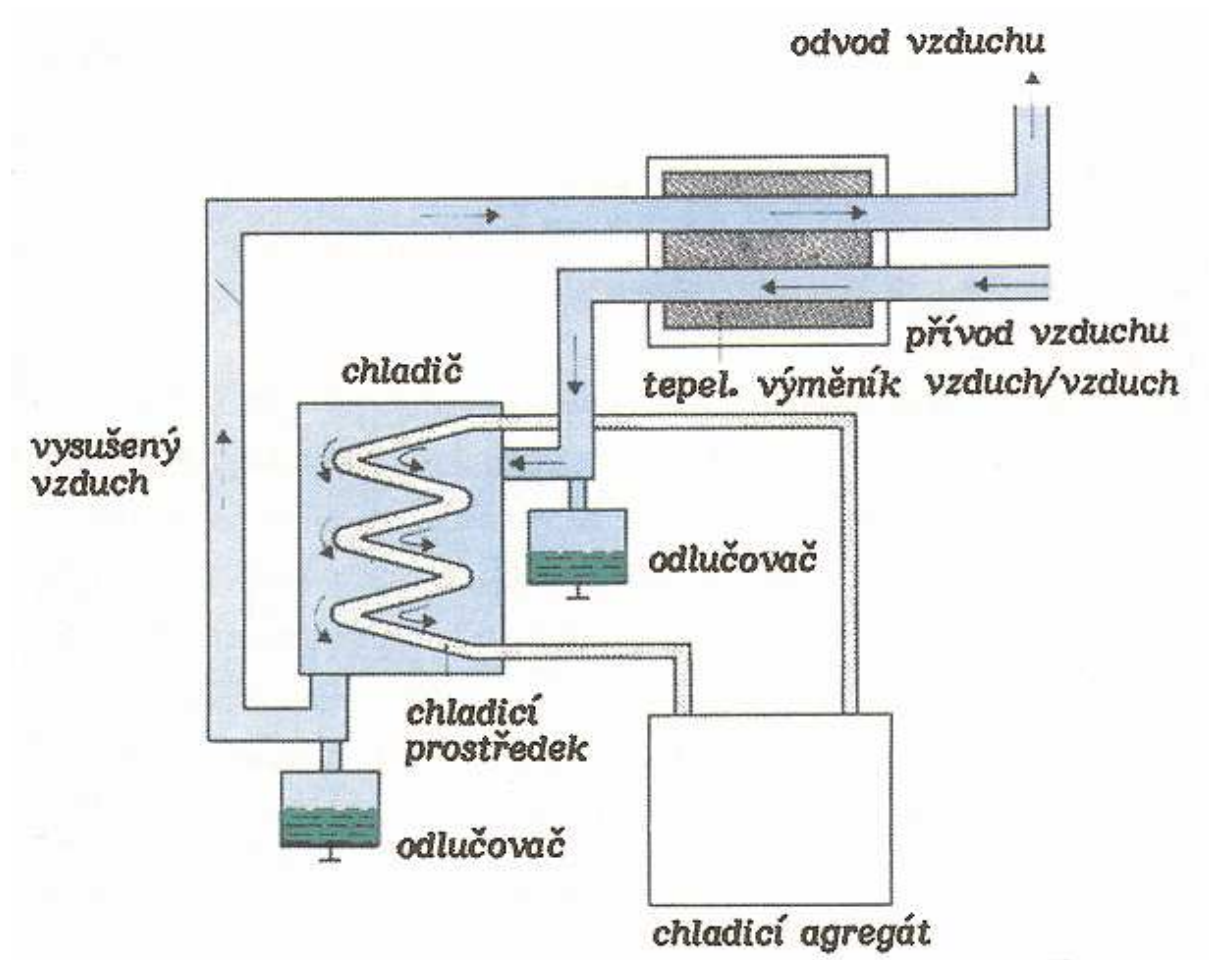
Základem je fyzikální jev adsorbce. Sušícím prostředkem je zrnitý materiál, který na sebe váže vlhkost. Když je sušící prostředek nasycen, je třeba jej regenerovat. Nejčastěji se regenerace provádí prouděním teplého vzduchu. K regeneraci je nutná elektrická energie. Často se používá dvoukomorové uspořádání, kdy jedna komora se využívá k vysoušení a druhá komora je regenerována (obr. 15) .



Obr. 15. Adsorbční vysoušení [1]

## Vysoušení ochlazováním

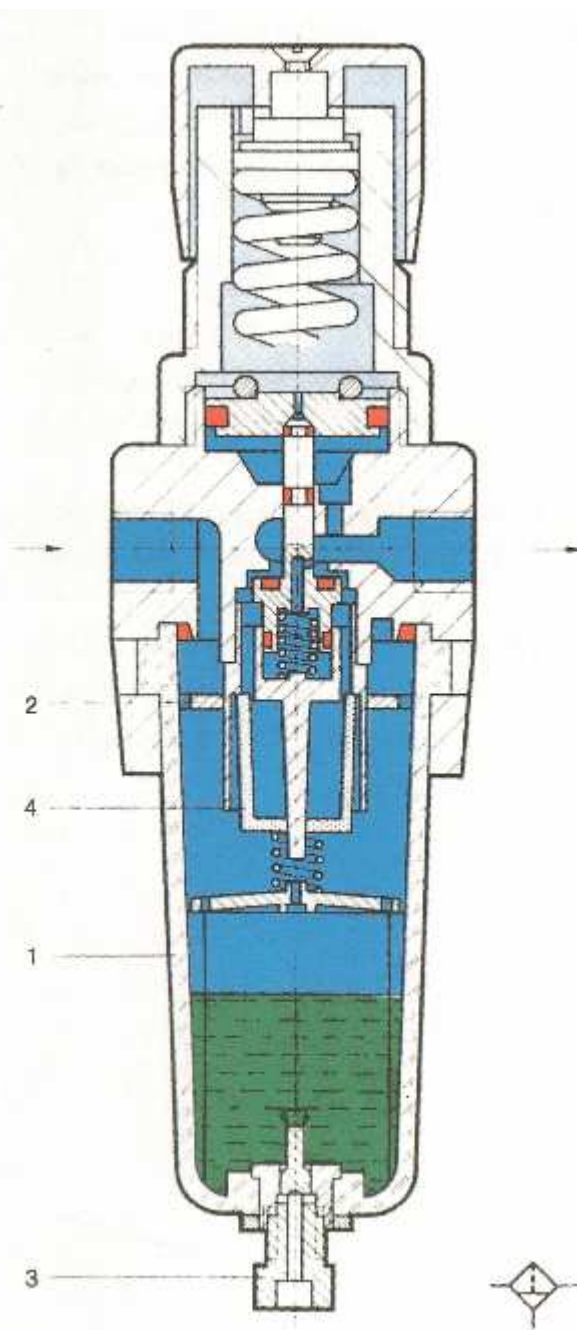
Podstatou tohoto postupu je snížení teploty pod teplotu rosného bodu. Vodní páry obsažené v tlakovém vzduchu kondenzují a odvádí se pryč (obr. 16).



Obr. 16. Vysoušení ochlazováním [1]

### Vzduchový čistič s redukčním ventilem

Úkolem vzduchových čističů je odstranit z tlakového vzduchu veškeré zbytky nečistot a zkondenzované vody. Součástí těchto čističů je filtrační vložka, která musí být časem vyměněna nebo vyčištěna. Kondenzát nahromaděný v nádobce musí být vypuštěn manuálně nebo automaticky (obr. 17).



Obr. 17. Vzduchový čistič s redukčním ventilem [1]

## Třídy kvality vzduchu

V dnešní době většina zařízení vyžaduje určitou kvalitu stlačeného vzduchu. Pro určení jednotlivých tříd podle druhu nečistot se využívá norma ISO 8573.1 (obr. 18).

Třídy kvality vzduchu dle ISO 8573.1:2001	Pevné částice 1m <sup>3</sup>			Voda	Olej
	0,1 - 0,5 μm	0,5 - 1 μm	1 - 5 μm	Nejvyšší tlakový rosny bod TRB °C	Maximální koncentrace mg/m <sup>3</sup>
1	100	1	0	-70	0,01
2	100000	1000	10	-40	0,1
3	-	10000	500	-20	1
4	-	-	1000	3	5
5	-	-	20000	7	-
6	-	-	-	10	-

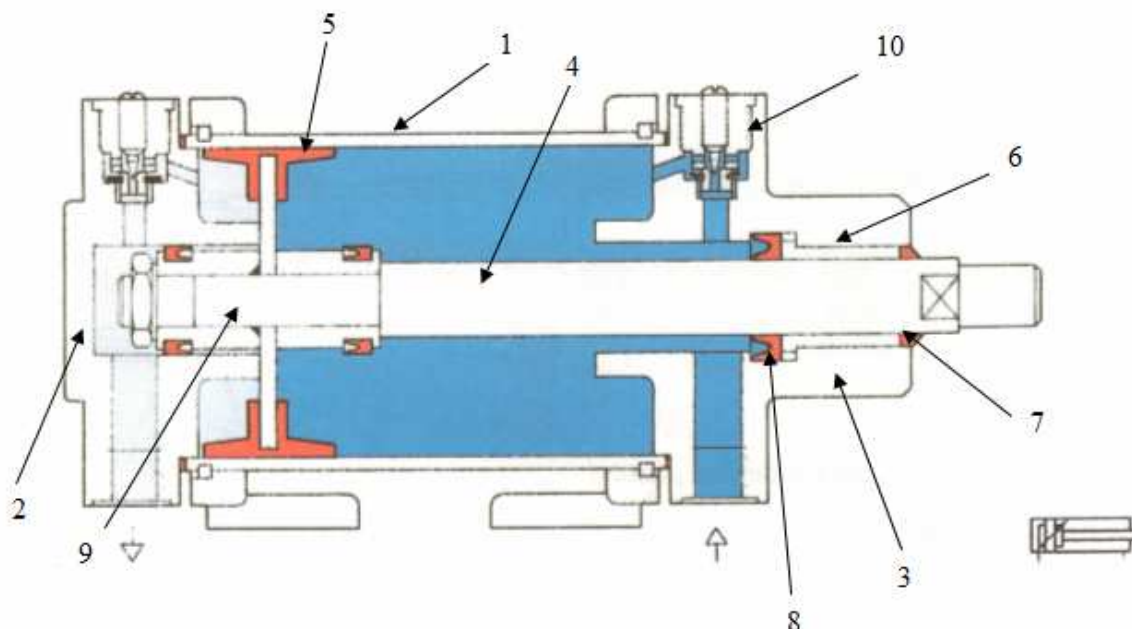
Obr. 18. Tabulka tříd kvality vzduchu [4]

## 2.4 Dvojčinné přímočaré motory

Síla u přímočarých motorů je dána tlakovou silou vzduchu, který působí na píst válce. Dvojčinné přímočaré motory pracují v obou směrech.

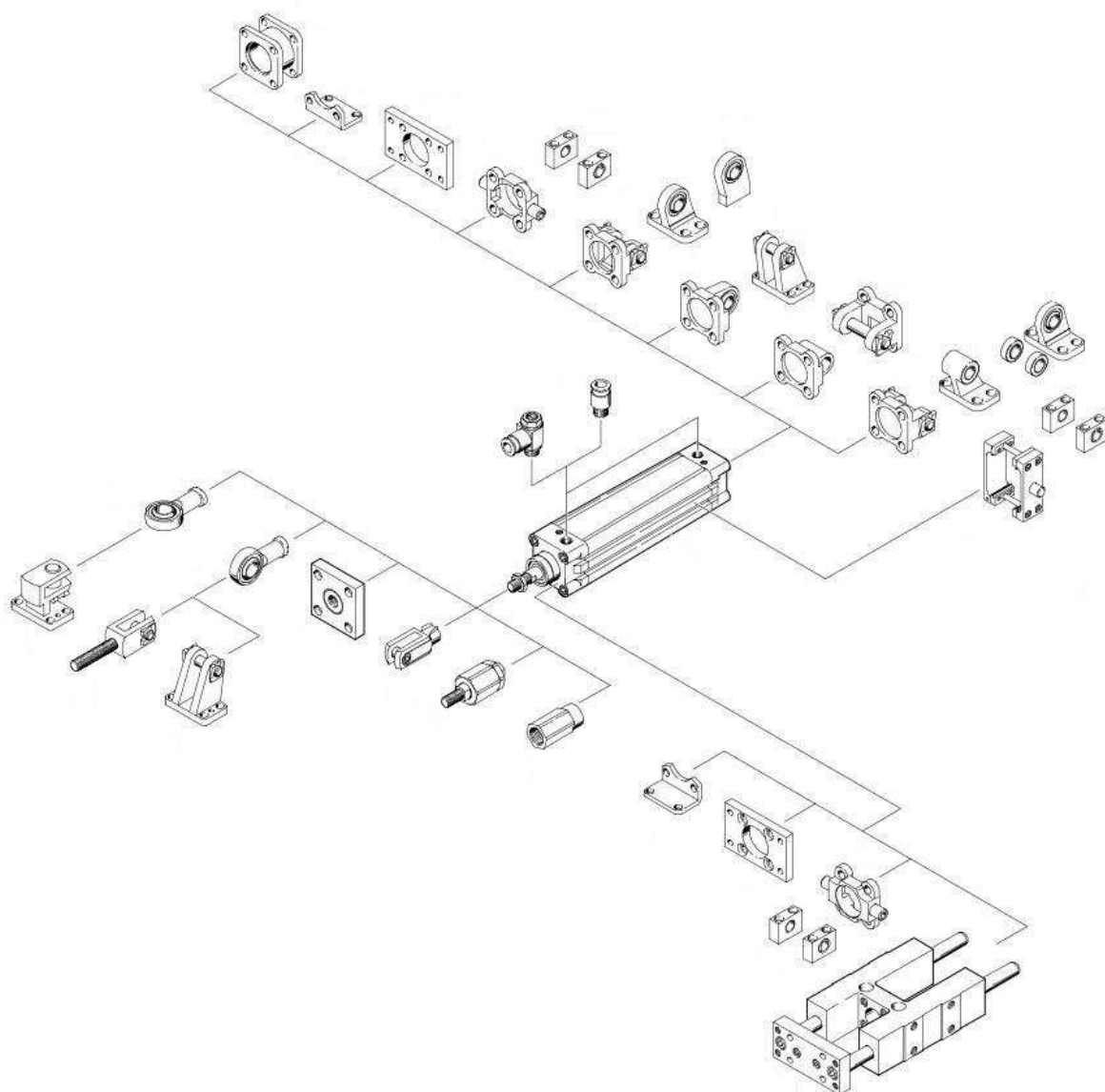
Konstrukce přímočarých pístových motorů (obr. 19):

1. Těleso válce – obvykle ocelová trubka
2. Zadní čelo – nejčastěji vyrobené z hliníku
3. Přední čelo – nejčastěji vyrobené z hliníku
4. Pístnice – vyrobené z legovaných ocelí, na žádost zákazníka se může zakalit
5. Dvojitá hrncová manžeta – vyrobené z teflonu, vitonu nebo perbunonu
6. Pouzdro – vyrobené z bronzu
7. Stírací kroužek – viton
8. Těsnící kroužek – stejné materiály jako u manžety
9. Magnet
10. Škrťící ventil



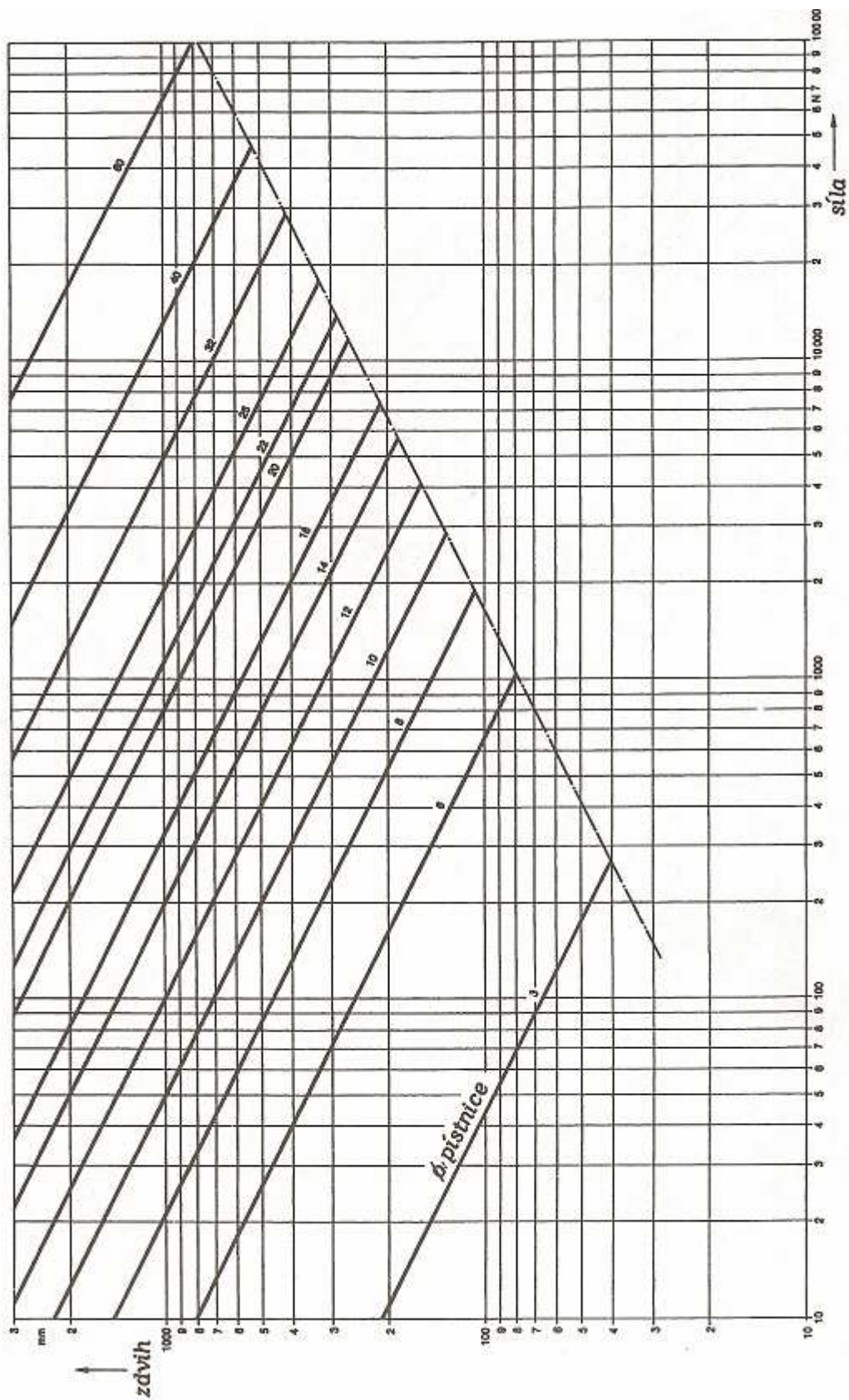
Obr. 19. Pístový motor s tlumením v koncových polohách [1]

Pro snadnější využití výrobce dodávají v podstatě všechny možné připojení, které zákazník může potřebovat (obr. 20).



Obr. 20. Připojení přímočarých motorů [2]

Celkový zdvih přímočarého motoru je pouze omezen vzpěrovou pevností a průhybem pístnice. Doporučený maximální zdvih přímočarého motoru najdeme v tabulce na obr. 21.



Obr. 21. Závislost zdvihu motoru, síle a průměru pístnice [1]



Jak je vidět na obr. 19, velice často se používá u přímočarých motorů tlumení, které můžou být jak v jedné poloze, tak v obou. Tlumení se provádí tak, že před dojezdem pístu na konec válce se uzavře hlavní odfuk a zbylý vzduch proudí přes škrtkový ventil, který je umístěn přímo ve válci.

Pro snímání polohy přímočarého pohybu se používají elektromagnetické snímače, které reagují na magnet, který je umístěn v pístnici.

Rychlost pístu závisí na odporu, která působí proti pohybu pístu, na délce a průtočných průřezech rozvaděče. Pro standardní přímočaré motory se uvádí rychlost okolo 0,1 až 1,5 m/s, ale u speciálních motorů můžeme docílit rychlosti až 10m/s. Rychlost můžeme měnit pomocí škrtkových ventilů.

### Síla vyvozená na píst

Píst je schopen tlačit silou, která je závislá na průměru pístu ve válci, třecích odporech a na tlaku vzduchu. Teoretický výpočet je podle vzorce:

$$F_t = A \cdot p$$

$F_t$	teoretická síla na píst [ N ]
A	účinná plocha pístu [ m <sup>2</sup> ]
P	pracovní tlak [ Pa ]

V praxi ovšem musíme ještě odečíst třecí sílu ( u jednočinného motoru ještě sílu pružiny pro zpětný chod ).

Pro jednočinný motor vypočítáme podle vzorce

$$F_e = \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right) \cdot p - F_{tr} - F_{pr}$$

Pro dvojčinný motor pohyb vpřed

$$F_e = \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right) \cdot p - F_{tr}$$

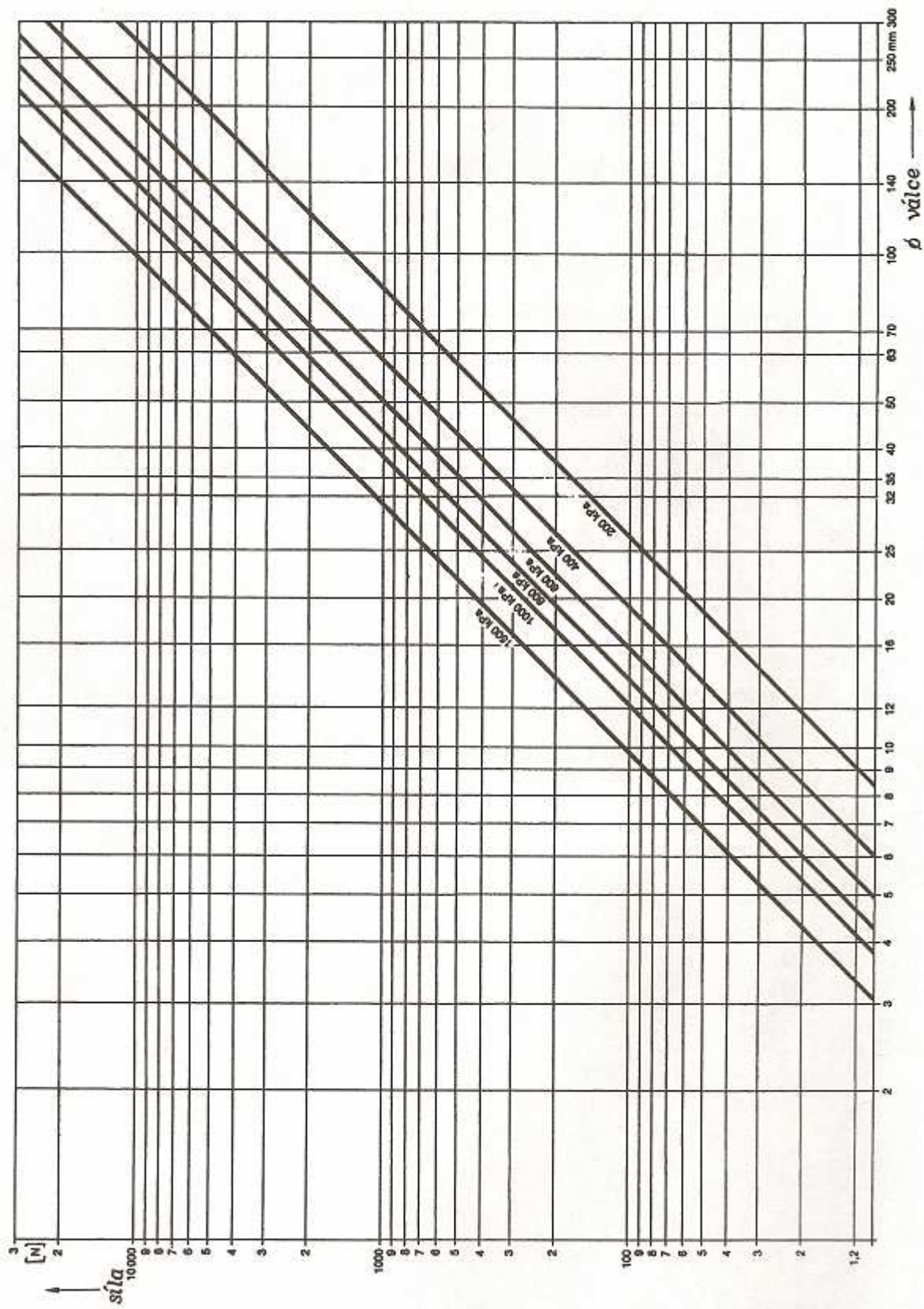
a pro pohyb zpět

$$F_e = \left( \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \right) \cdot p - F_{tr}$$

kde

$F_e$	efektivní síla [ N ]
p	pracovní tlak [ Pa ]
$F_{tr}$	síla tření ( 3 až 20% ), v praxi se nejčastěji používá 15% [ N ]
$F_{pr}$	síla pružiny pro zpětný chod [ N ]
D	průměr pístu [ m ]
d	průměr pístnice [ m ]

Na obr. 22 je znázorněna závislost možné dosažitelné pracovní síly s přepočtem na průměr přímočarého motoru.



Obr. 22. Závislost síly na průměru válce pro různé pracovní tlaky [1]

## 4.2 Elektromagnetické rozvaděče

Elektromagnetické rozvaděče se používají pro přestavení ventilu elektromagnetický impuls, který přichází z elektrického ovládacího systému.

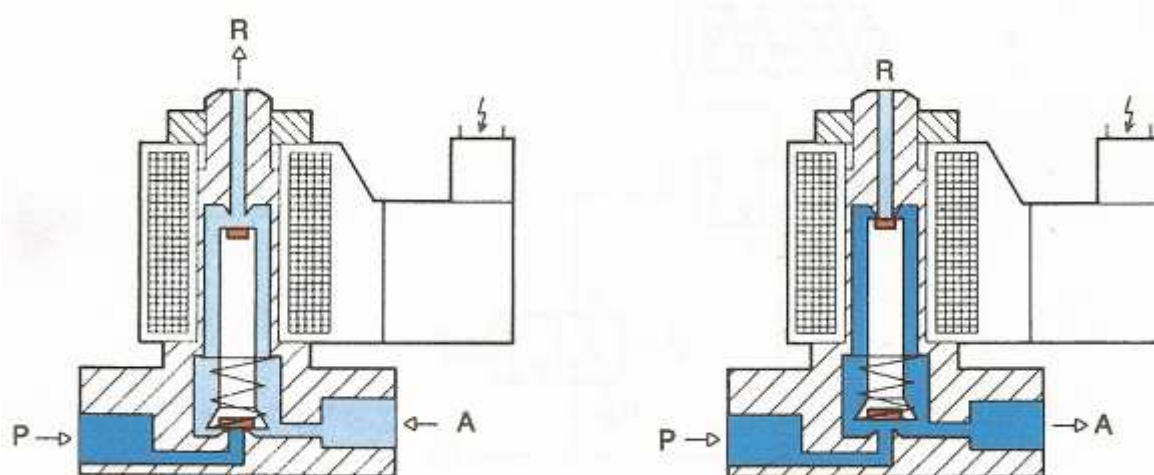
Výhody elektrického řízení

- Krátké časové odezvy na velkou vzdálenost
- Řízené programem ( jednoduchá změna v programu = změna systému )

Ovládání elektromagnetických rozvaděčů

- Přímé - používá se pouze pro menší rozvaděče

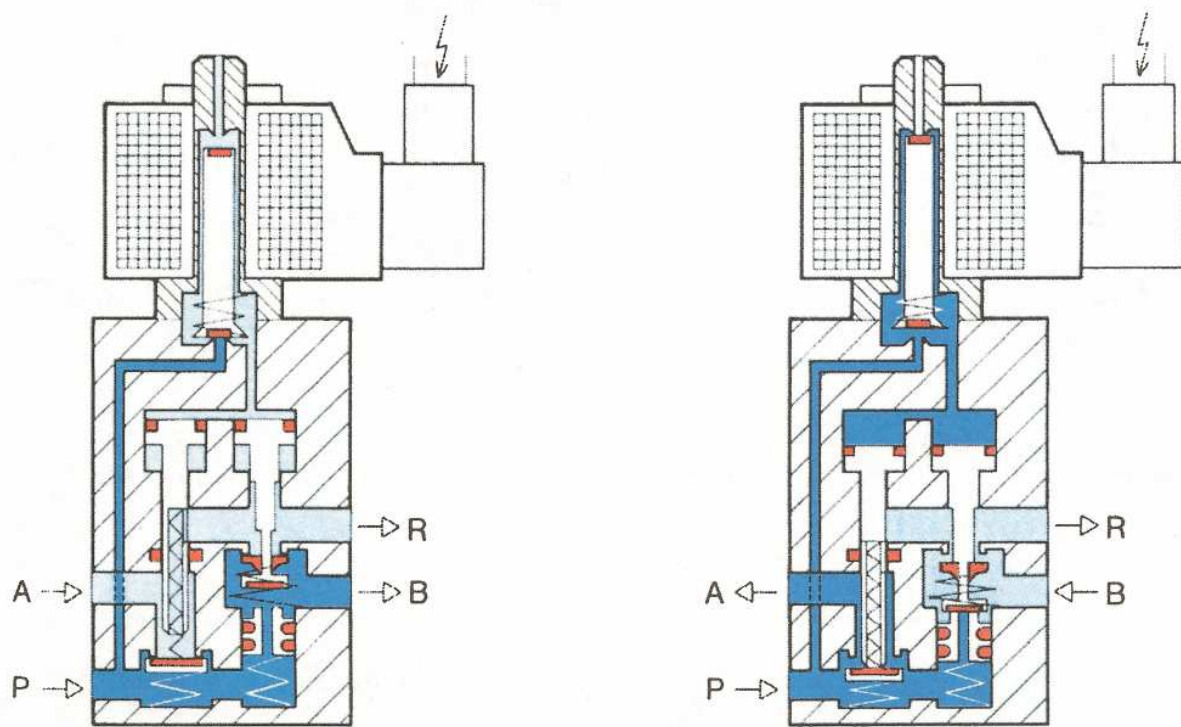
Po vstupu el. Signálu do elektromagnetu dojde ke zvednutí jádra a otevření cesty mezi vstupem P a výstupem A. Po odpojení elektrického signálu pružinka zatlačí jádro a zavře tuto cestu (obr. 23).



Obr. 23. Rozvaděč 3/2 s přímým ovládáním [1]

- Nepřímé - s pomocným řízením

Při větších rozvaděčích by se musely použít velké elektromagnety, proto se používá pomocné řízení vzduchem. Princip elektromagnetického rozvaděče s nepřímým ovládáním je podobné jako s přímým ovládáním, jenom elektromagnetem neřídíme samotný „hlavní“ průchod, ale pouze pneumatickou ovládací část, která otevře „hlavní“ cestu (obr. 24).



Obr. 24. Rozvaděč 4/2 s nepřímým řízením [1]

### 3. PŮVODNÍ ŘEŠENÍ

#### 3.1 Schéma stroje

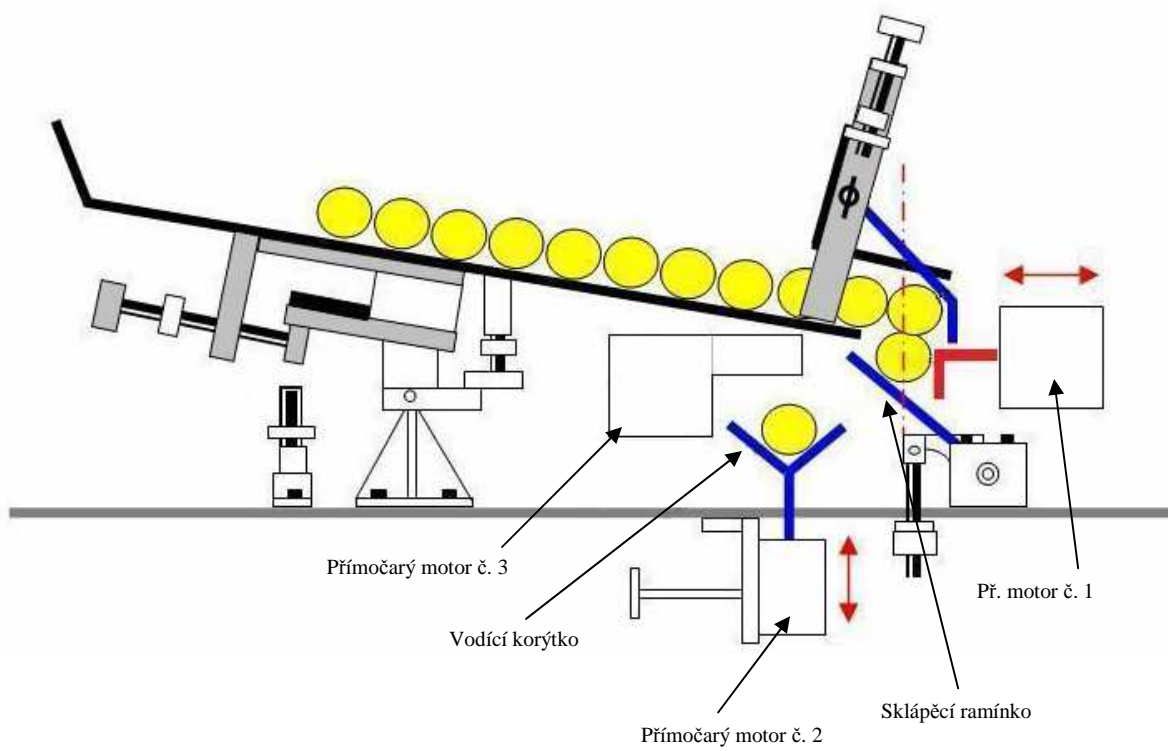
Firma ViskoTeepak se zabývá výrobou párkových nejedlých střev, které poté řásní do tzv. roubíků. Tyto roubíky se pro snadnější použití na jednom konci uzavírají (obr. 25).

Tyto konce se vyrábí na jednoúčelovém stroji push-pack následujícím způsobem:

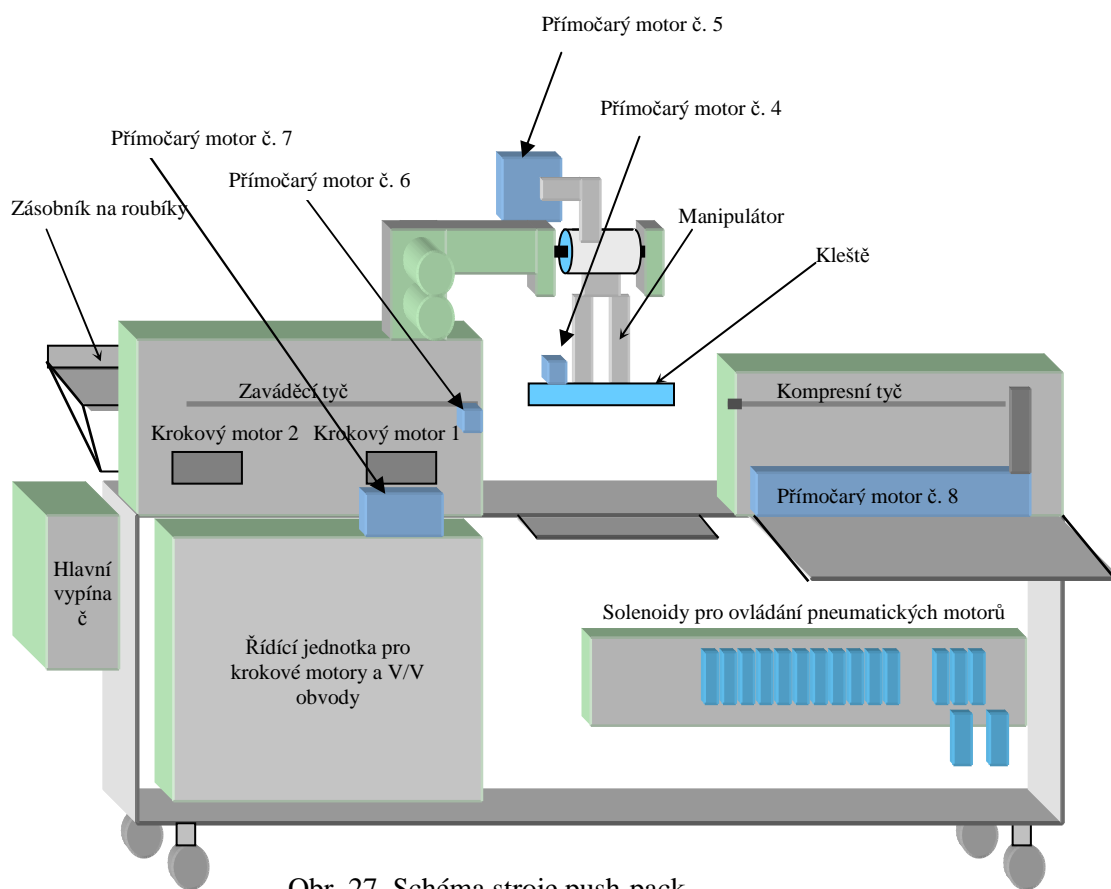
- roubíky se naskládají na šikmý stůl, při čemž sjedou na sklápěcí ramínko (obr. 26).
- přímočarý motor č. 1 (označení B34X2 od firmy Compaq Air) vyjede do koncové polohy, sklopí naklápěcí ramínko, které drží v základní poloze pružina, a vsune roubík do vodícího ramínka. Při zajetí přímočarého motoru se naklápěcí ramínko vrátí do základní polohy a vsune se na něj další roubík (obr. 26).
- přímočarý motor č. 2 (označení GC2118X34 od firmy Compaq Air) zvedne vodící korýtka s roubíkem (obr. 26).
- přímočarý motor č. 3 (s označení BC210#124880 od firmy Tolomatic) vsune roubík do transportních kleští (obr. 26).
- při zasouvání roubíku do transportních kleští přímočarý motor č. 4 (označení FPS 473-9 od firmy Fabco-Air) pouze lehce přidrží roubík v kleštích, aby mohl být zasunut. Potom roubík sevře takovou silou, aby se nemohl pohybovat v kleštích, ale aby se nedeformoval roubík. Tyto síly se nastavují dle specifikace výrobku pomocí proporcionálního ventilu QB1T od firmy Proportion-air (obr. 27, 28).
- přímočarý motor č. 5 (s označením DAV1-3/8x3-3/8-ROD od firmy PHD) přesune transportní kleště s roubíkem k push-packové jednotce (obr. 27, 28).
- přímočarý motor č. 6 (s označením CD85WE10-25-B od firmy SMC) vysunou push-packové prsty. Tyto prsty musí být vytlačeny předem stanovenou silou, která je dána ve specifikaci výrobku. Tato síla se stejně jako u přímočarého motoru č. 4 nastavuje pomocí proporcionálního ventilu QB1T (obr. 27).
- přímočarý motor č. 7 (RFH118X4 od firmy Compaq Air) vysune celou push-packovou jednotku k roubíku. Push-packové prsty se pomocí krokového motoru č. 1 začnou točit a zatočí střevo roubíku (obr. 29). Přímočarý motor zajede do základní pozice a krokový motor přestane točit prsty. Potom vyjede pomocí krokového motoru č. 2 zaváděcí tyčka a vtáhne střevo do roubíku. Vzdálenost vyjetí zaváděcí tyčky je dána specifikací a nastavuje se pomocí BCD kódu. Zaváděcí tyčka zajede do základní pozice (obr. 27).
- přímočarý motor č. 8 (s označení BC210#124880 od firmy Tolomatic) při vyjíždění zavádí do roubíku kompresní tyč z druhé strany a stlačí vtažené střevo na požadovanou vzdálenost, kterou si žádá zákazník. Vzdálenost je nastavená pomocí vymešovacích kroužků.
- Při zajetí přímočarého motoru č. 8 a 7 do základních pozic, přímočarý motor č. 4 vyjede do základní pozice a pustí roubík, který dopadne na balicí stůl.



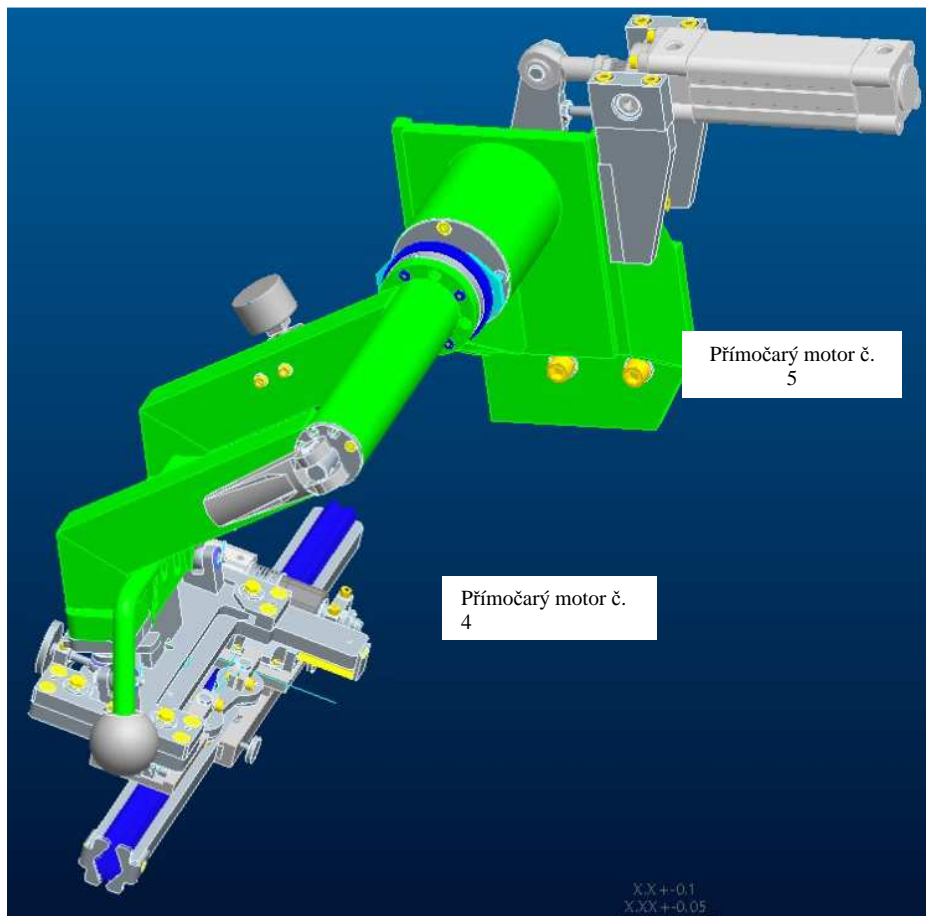
Obr. 25. Roubík se zakončením push-pack



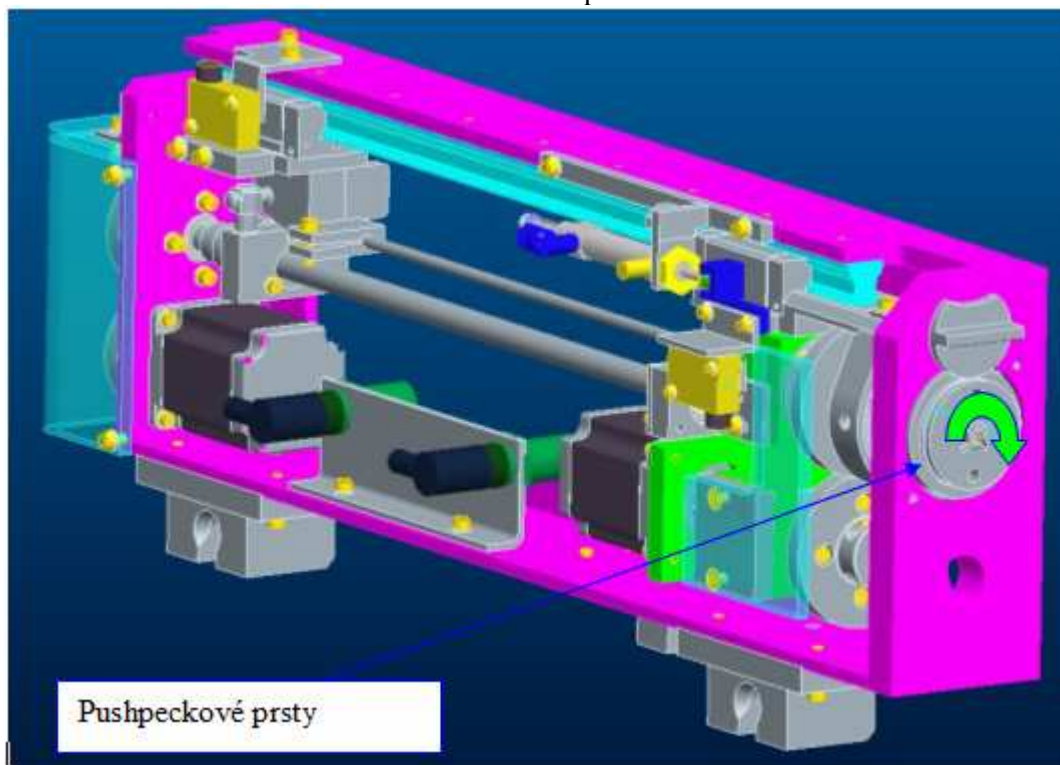
Obr. 26. Schéma podávacího stolu



Obr. 27. Schéma stroje push-pack



Obr. 28. Schéma transportních kleští



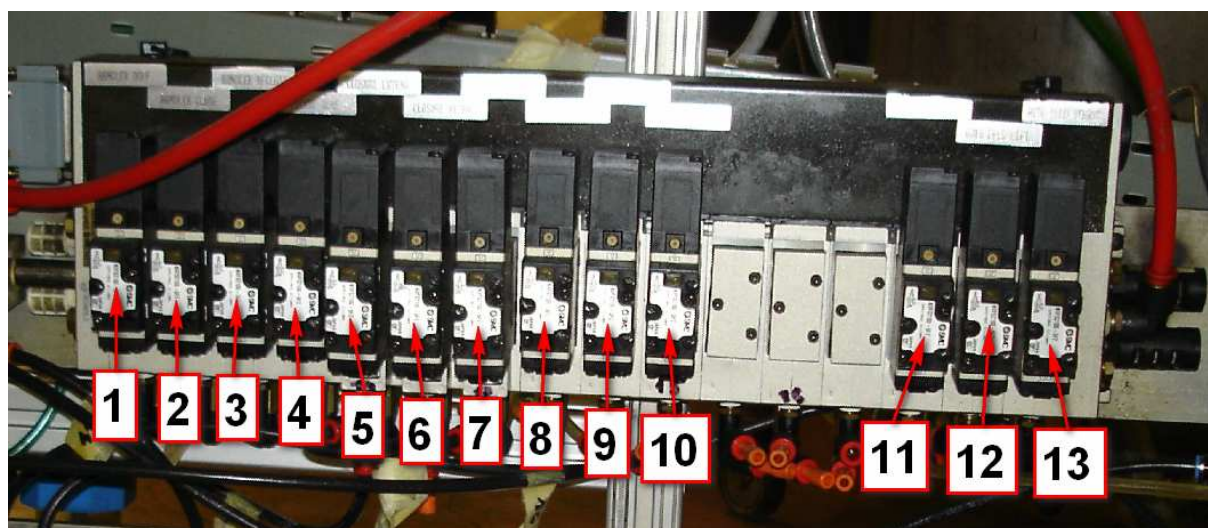
obr. 29. Schéma push-packové jednotky



### 3.2 Ovládací ventily

K ovládní pneumatických prvků se využívají elektromagnetické ventily od firmy SMC. Princip ovládní (obr. 30):

1. přímočarý motor č. 5 zajede do základní pozice
2. přímočarý motor č. 5 vyjede do koncové pozice
3. přímočarý motor č. 6 vyjede do koncové pozice
4. přímočarý motor č. 6 zajede do základní pozice
5. přímočarý motor č. 7 zajede do základní pozice
6. přímočarý motor č. 7 vyjede do koncové pozice
7. přímočarý motor č. 8 vyjede do koncové pozice
8. přímočarý motor č. 8 zajede do základní pozice
9. přímočarý motor č. 4 vyjede do koncové pozice
10. přímočarý motor č. 4 zajede do základní pozice
11. přímočarý motor č. 3 vyjede do koncové pozice
12. přímočarý motor č. 2 vyjede do koncové pozice
13. přímočarý motor č. 1 vyjede do koncové pozice



Obr. 30. Ovládací ventily SMC



## 4. NOVÉ ŘEŠENÍ

### 4.1 Důvod modernizace

Důvodem k modernizaci nebyla špatná funkce stroje push-pack, ale neúnosně vysoká poruchovost z důvodu opotřebení pneumatických prvků. Z důvodu lepší dostupnosti a ceny, bylo rozhodnuto, že se nové pneumatické prvky nakoupí od firmy Festo, od které firma ViskoTeepak nakupuje pneumatické prvky pro jiné aplikace a již mnoho základních pneumatických prvků má skladem.

### 4.2 Výpočet přímočarých motorů

Při samotném výpočtu přímočarých motorů musíme brát zřetel na tyto požadované vlastnosti:

- Pracovní tlak
- Sílu, kterou musí přímočarý motor překonat
- Rychlost, s jakou se má pohybovat

Pro výpočet síly přímočarého motoru se používá již zmíněný vzorec:

$$F_e = \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right) \cdot p - F_{fr}$$

Zatížení přímočarých motorů by se při standardních rychlostech měla pohybovat mezi 40% – 60%, při vyšších rychlostech by měly být okolo 30%.

Dalším způsobem jak vypočítat, jaký přímočarý motor můžeme použít, je pomocí software od firmy Festo. Tento software můžeme zdarma stáhnout na jejich stránkách pod názvem „FESTO PROPNEU“. Po nainstalování a spuštění programu můžeme přejít ke specifikaci přímočarého motoru. Nejdříve zvolíme typ válce, mezi fluidním svalem, jednočinným a dvojčinným přímočarým pohonem (obr. 31).

**Double acting cylinder**  
Cylinders for every application

- ▶ Festo has a wealth of ideas to offer
- ▶ Standard cylinders, short stroke cylinders, compact cylinders...
- ▶ Festo can always supply the right solution

**Select drive category**

Please select the category of drive you want to simulate below

Festo Fluidic Muscle  


Single acting piston-rod cylinder  


Double acting cylinder  




Intro

**Drive category**

System parameters

Selection and simulation

Project data

Parts list

← →



Obr. 31. Výběr typu přímočarého motoru [5]

Dále pokračujeme hlavním nastavením, ve kterém nastavujeme tyto parametry (obr. 33):

1. doba, za kterou přímočarý motor vyjede ze základní pozice do pozice koncové
2. zaškrtneme, pokud chceme použít integrované škrťící ventily
3. zdvih pneumatického motoru
4. úhel natočení ve stupních vzhledem k horizontále (obr. 32)
5. směr práce přímočarého motoru (dopředu, dozadu)
6. vstupní tlak
7. délka hadičky od úpravny vzduchu do ventilového terminálu
8. délka hadičky od ventilového terminálu do pneumatického motoru
9. hmotnost tělesa, kterým se má pohybovat
10. síla v pozitivním směru působení přímočarého motoru
11. síla v negativním směru působení přímočarého motoru



0°



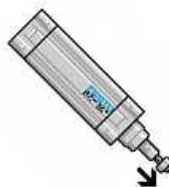
90°



45°

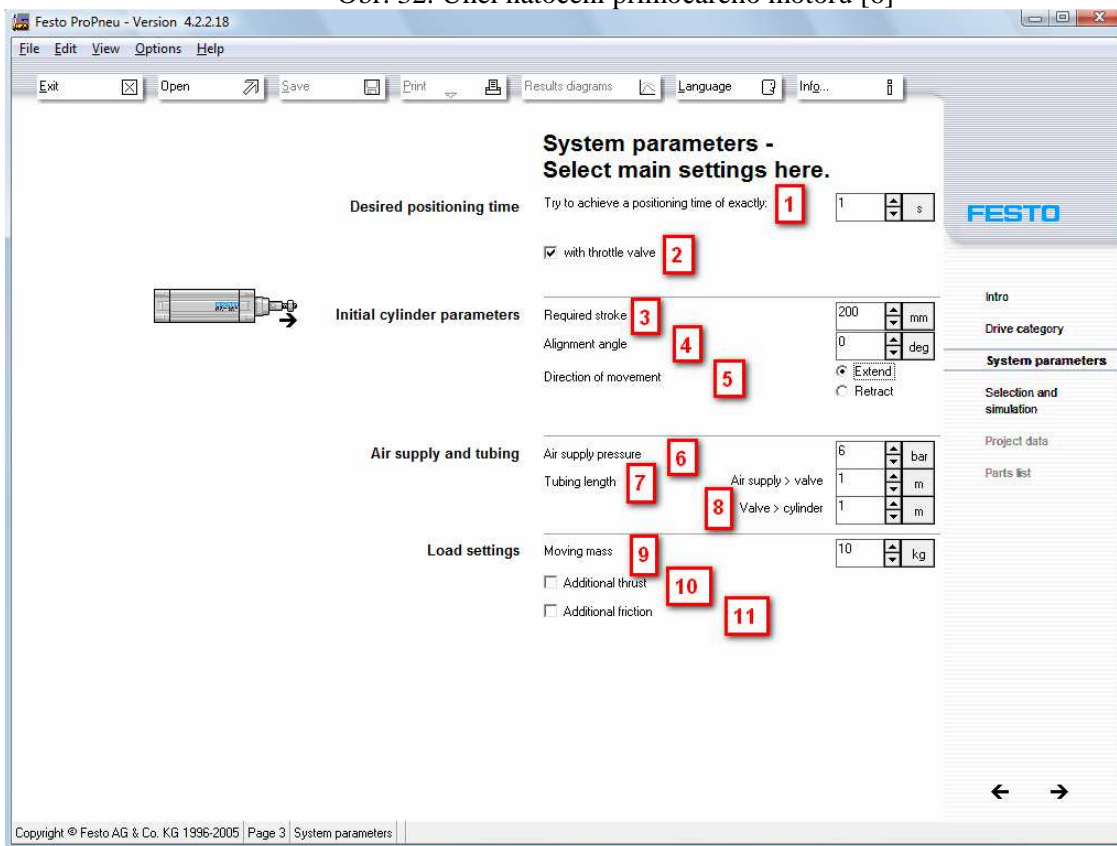


-90°



-45°

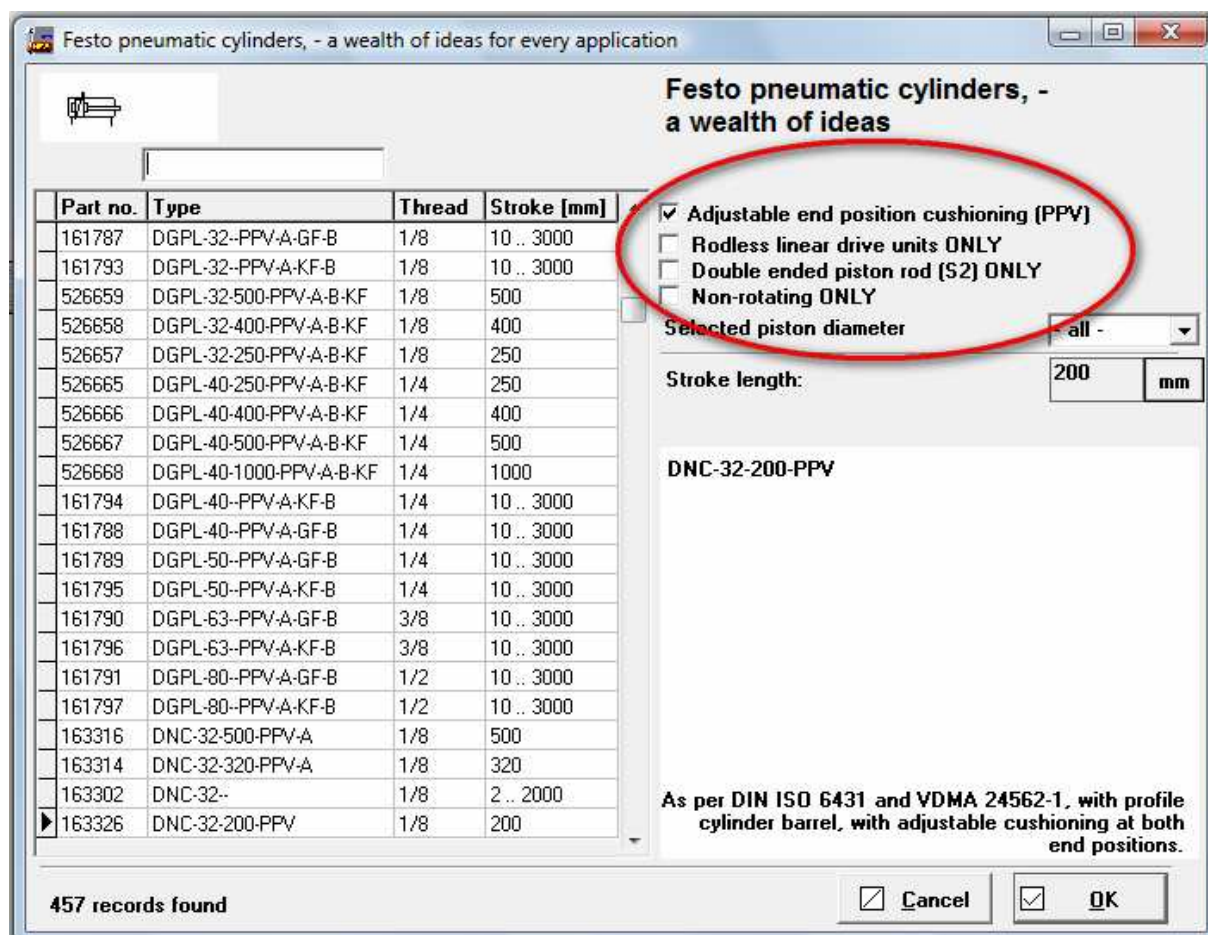
Obr. 32. Úhel natočení přímočarého motoru [6]



Obr. 33. Nastavení parametrů přímočarého motoru [5]

Další nastavení pokračuje v následujícím okně, ve kterém již nabízí finální pneumatické motory. Toto se provádí pomocí zaškrtnutí políčka ( označeno na obr. 34 ):

- jestli má být použito pneumatické tlumení v koncových polohách
- jestli má být použit přenos síly bez mechanického spojení. Píst u tohoto motoru není spojen mechanicky, ale pomocí magnetických sil
- jestli má být použita průchozí pístnice
- jestli má být pístnice zajištěná proti pootočení

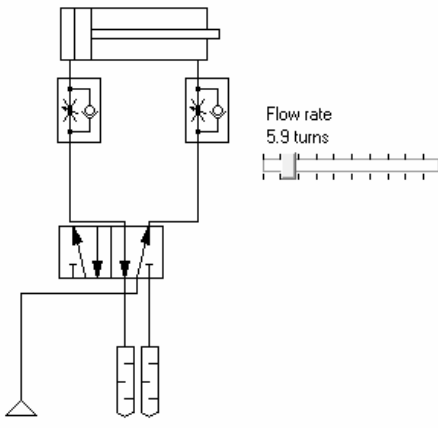


Obr. 34. Konečné nastavení přímočarého motoru [5]

V dalším okně můžeme specifikovat hadičky, ventily a škrťací ventily (obr. 35).

### Valve/tube/fittings selection System simulation

Please select the component(s) by clicking on the corresponding label or image below.



Cylinder	1x DGO-16-200-PPV-A-B
<input type="checkbox"/> Shock absorber	
Flow control valve	GRLA-M5-QS-3-D
Tubing [Cyl. > Valve]	PUN-3x0,5-BL
Valve	CPE10-M1BH-5L-M5
Tubing [air supply > valve]	PUN-3x0,5-BL
<input checked="" type="checkbox"/> Silencer	U -M5

Obr. 35. Nastavení příslušenství [5]

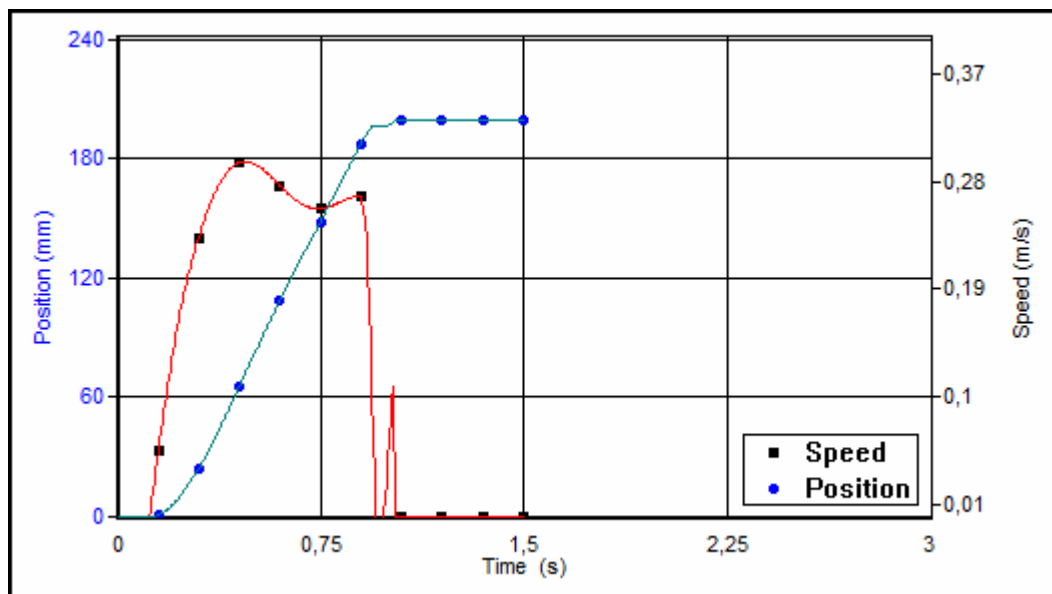
Po celkovém nastavení program vypíše do tabulky veškeré základní údaje (obr 36):

- celkový čas potřebný k přesunutí přímočarého motoru do koncové pozice
- průměrná rychlost
- nárazová rychlost
- maximální rychlost
- kinetická nárazová energie
- průměrná průtoková rychlost
- minimální spotřeba vzduchu
- nastavení pneumatického tlumení

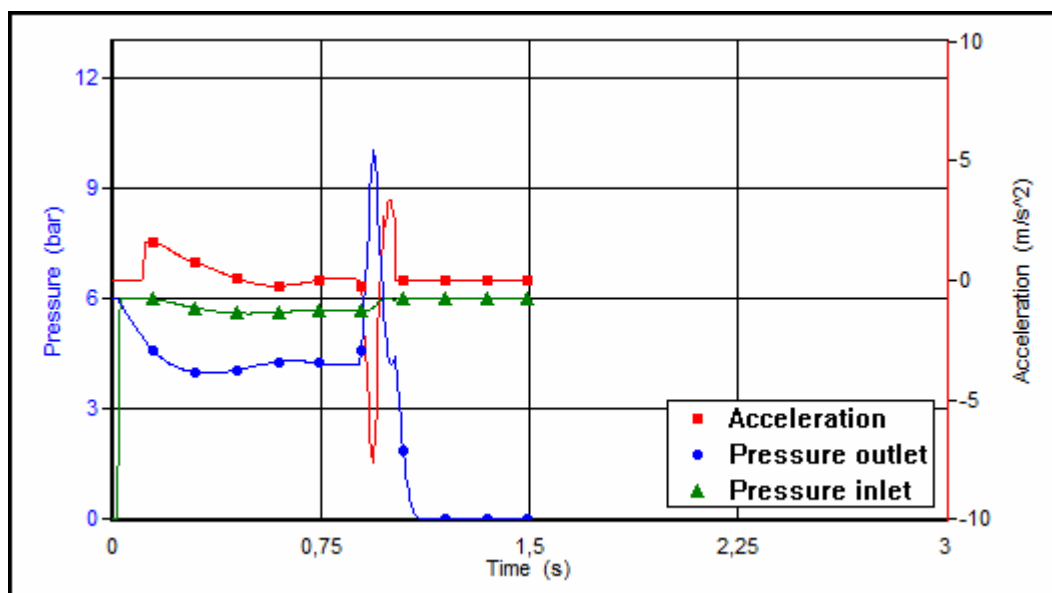
Total positioning time	1,02 s
Average speed	0,21 m/s
Impact speed	0,12 m/s
Max. speed	0,3 m/s
Kinetic impact energy	0,07 J
Mean flow speed	15,51 m/s
Minimum air consumption	0,3023 l
PPV settings	100 % ..

Obr. 36. Výsledné informace [5]

Veškeré tyto informace lze zobrazit také pomocí grafů. Na obr. 37. je zobrazena pozice a rychlosti v závislosti na čase a na obr. 38 je zobrazen tlak a zrychlení v závislosti na čase.



Obr. 37. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 38. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru, který slouží k zavedení roubíku do unášeče

Požadované vstupní hodnoty:

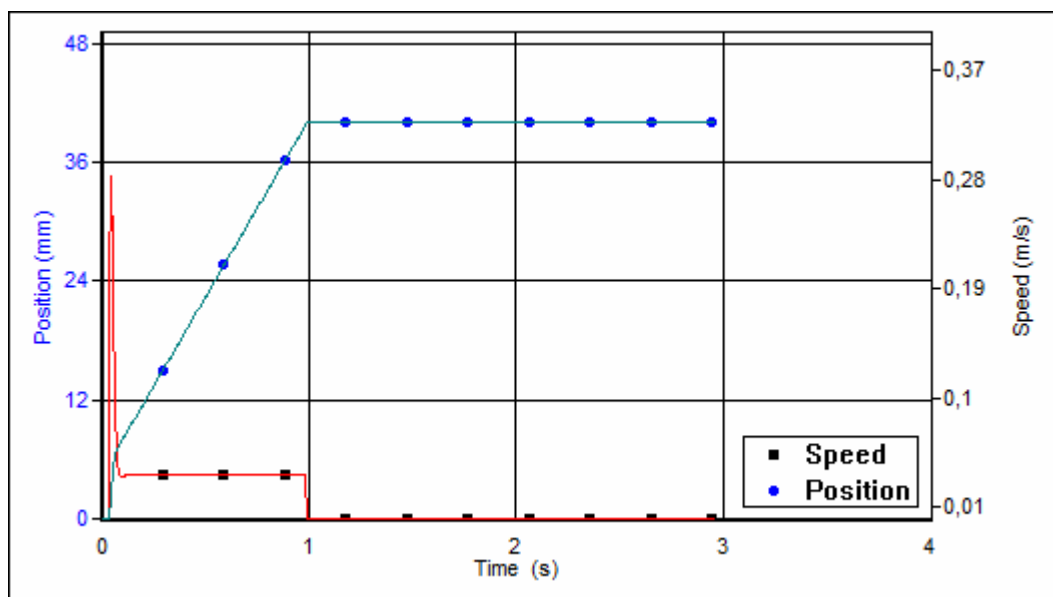
- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrťacích ventilů: ano
- Zdvih motoru: 40 mm
- Úhel natočení: 90°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 6 bar
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 2 m
- Hmotnost tělesa 0,5 kg



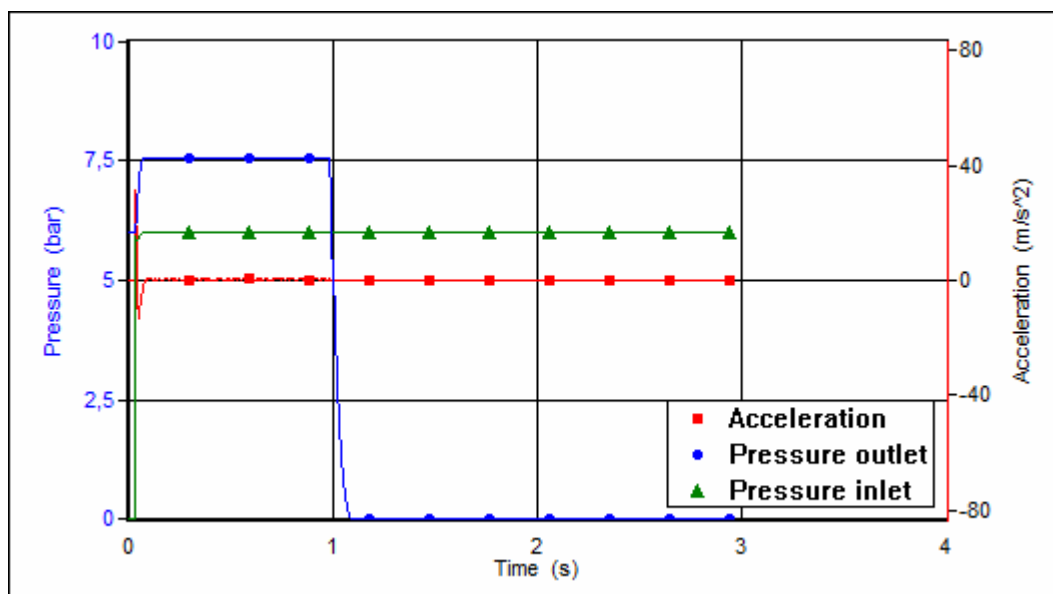
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ ADN-20-40-A-P-A. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 39), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 40) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 41).

Total positioning time	0,99 s
Average speed	0,04 m/s
Impact speed	0,04 m/s
Max. speed	0,29 m/s
Kinetic impact energy	0 J
Mean flow speed	0,68 m/s
Minimum air consumption	0,2609 l

Obr. 39. Souhrnné informace [5]



Obr. 40. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 41. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

## Výpočet přímočarého motoru, který z unášече přesune roubík do pozice pro zavedení do transportních kleští

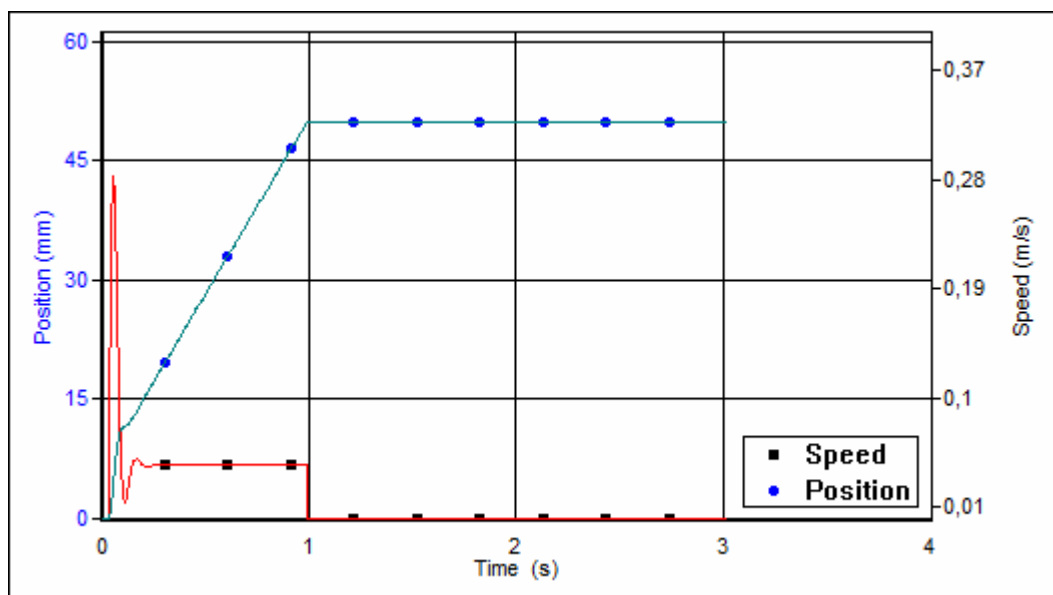
Požadované vstupní hodnoty:

- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrtec ventilů ano
- Zdvih motoru: 50 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 6 bar
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 2 m
- Hmotnost tělesa 1,5 kg
- 

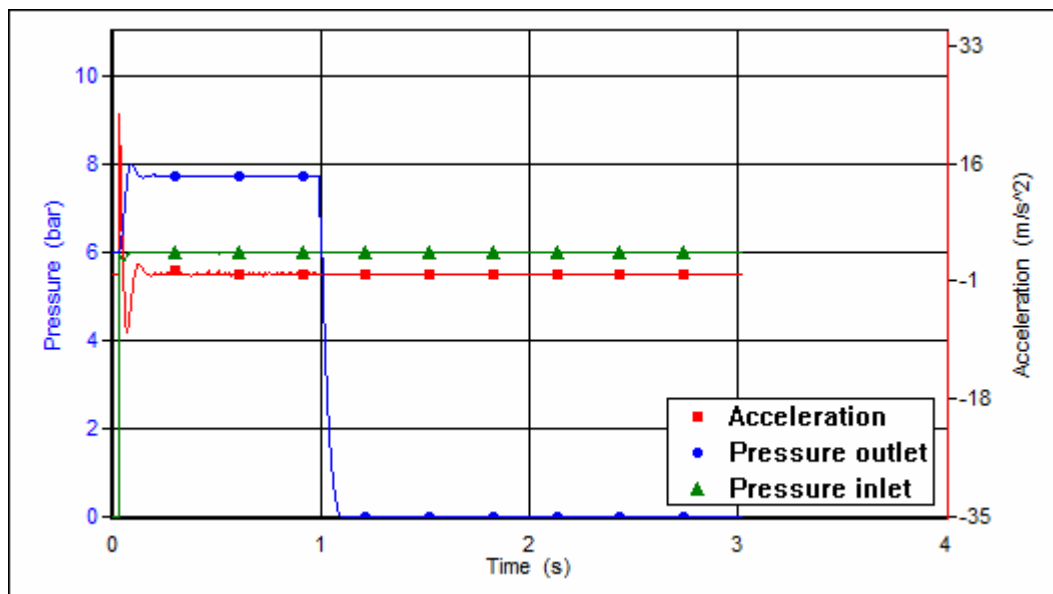
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ ADN-20-50-A-P-A. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 42), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 43) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 44).

Total positioning time	0,99 s
Average speed	0,05 m/s
Impact speed	0,04 m/s
Max. speed	0,28 m/s
Kinetic impact energy	0 J
Mean flow speed	0,83 m/s
Minimum air consumption	0,2827 l

Obr. 42. Souhrnné informace [5]



Obr. 43. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 44. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru pro zavedení roubíku do transportních kleští

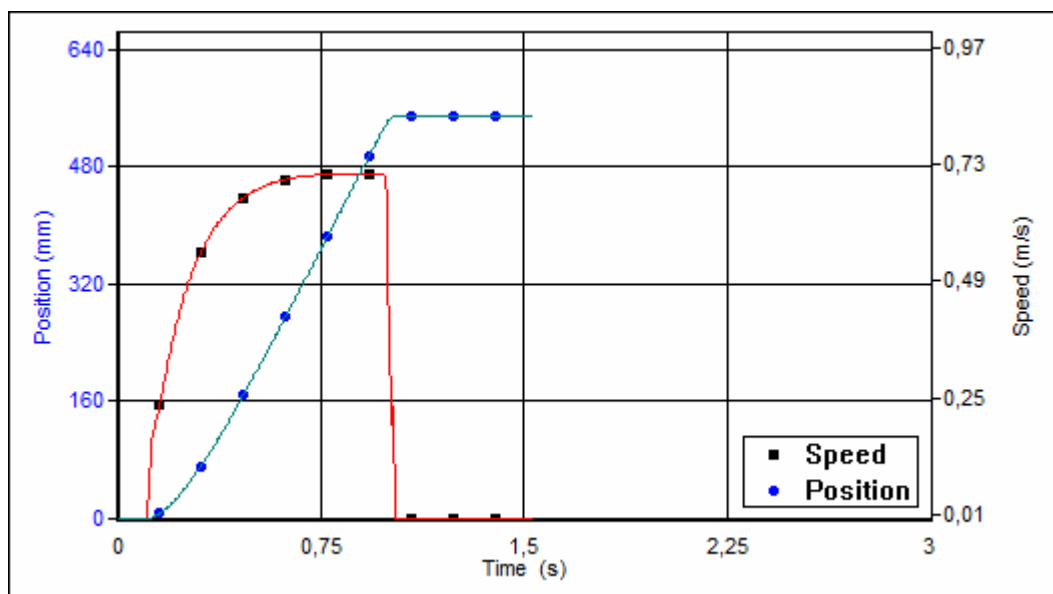
Požadované vstupní hodnoty:

- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrťacích ventilů ano
- Zdvih motoru: 550 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 6 bar
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 3 m
- Hmotnost tělesa 0,5 kg

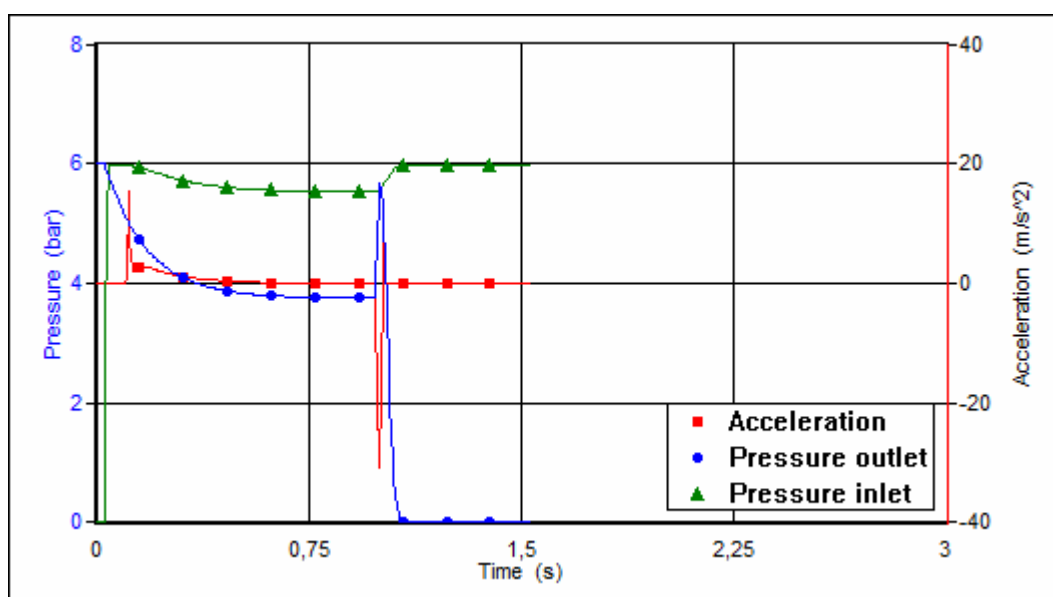
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ DGP-18-550-PPV-A-B. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 45), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 46) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 47).

Total positioning time	1,02 s
Average speed	0,54 m/s
Impact speed	0,28 m/s
Max. speed	0,71 m/s
Kinetic impact energy	0,02 J
Mean flow speed	14,55 m/s
Minimum air consumption	1,2297 l
PPV settings	60 % ..

Obr. 45. Souhrnné informace [5]



Obr. 46. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 47. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru k sevření kleští k uchycení roubíku v transportních kleštích

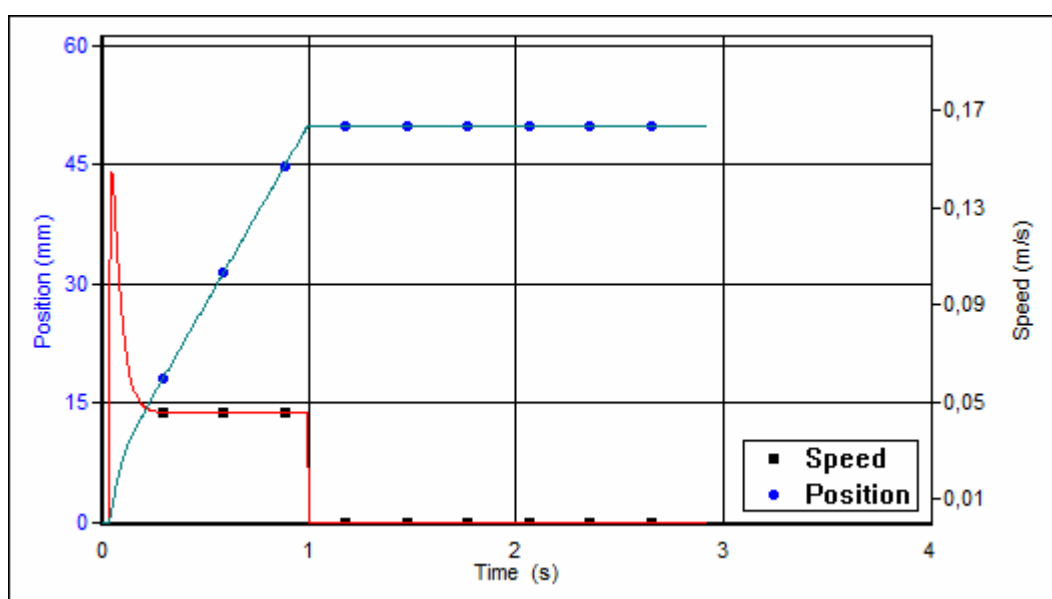
Požadované vstupní hodnoty:

- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrtec ventilů: ne
- Zdvih motoru: 50 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dozadu
- Vstupní tlak: 2 - 6 bar dle nastavení pomocí MPPE
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 2 m
- Hmotnost tělesa 0,5 kg

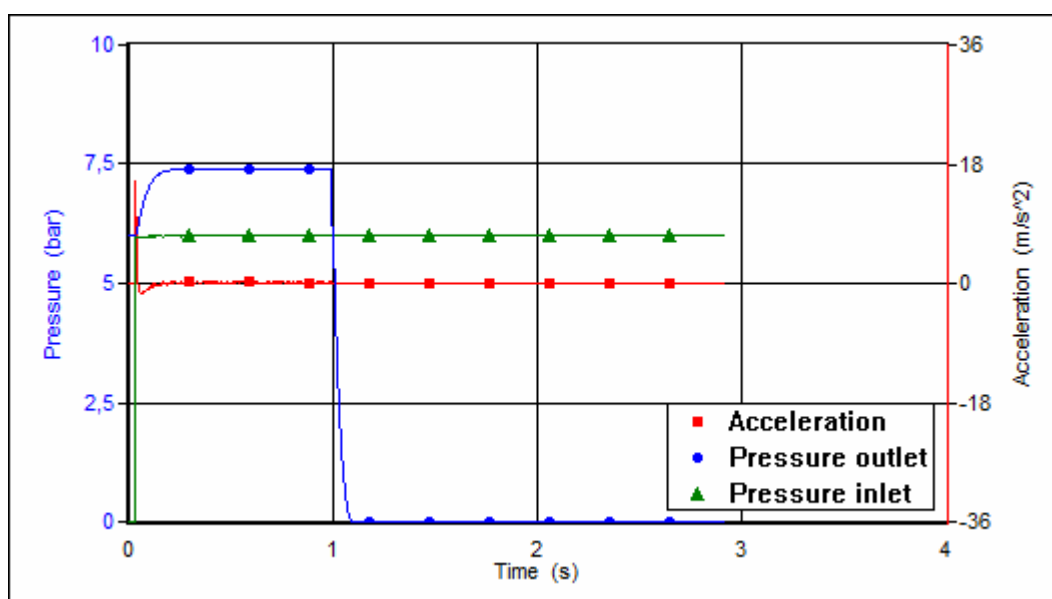
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ ADVU-12-50-A-P-A. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 48), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 49) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 50).

Total positioning time	0,99 s
Average speed	0,05 m/s
Impact speed	0,05 m/s
Max. speed	0,14 m/s
Kinetic impact energy	0 J
Mean flow speed	0,31 m/s
Minimum air consumption	0,2131 l

Obr. 48. Souhrnné informace [5]



Obr. 49. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 50. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru pro pohyb kleští

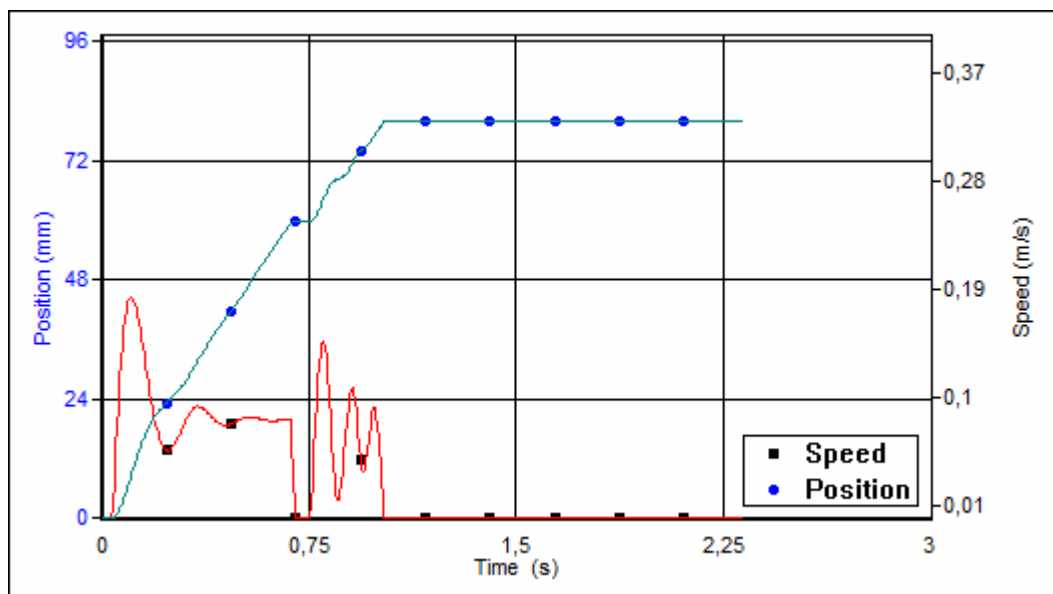
Požadované vstupní hodnoty:

- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrťacích ventilů ano
- Zdvih motoru: 80 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 6 bar
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 4 m
- Hmotnost tělesa 25 kg

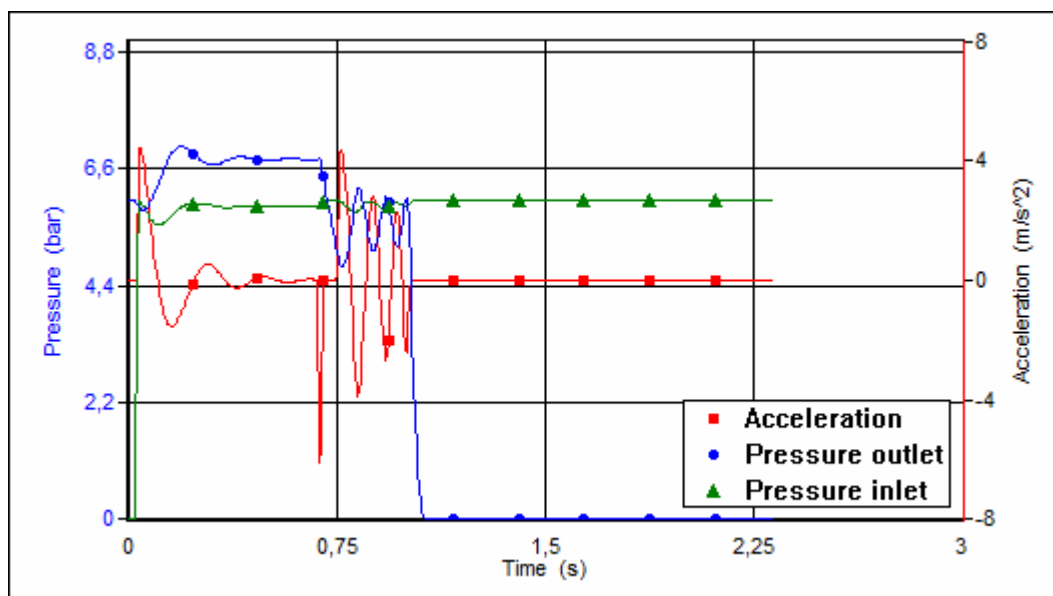
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ DNC-40-80-PPV-A. Vzhledem k bezpečnosti jsem použil integrovanou brzdu na pístnici DNC-40-80-PPV-A-KP. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 51), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 52) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 53).

Total positioning time	1,01 s
Average speed	0,09 m/s
Impact speed	0,05 m/s
Max. speed	0,18 m/s
Kinetic impact energy	0,03 J
Mean flow speed	6,9 m/s
Minimum air consumption	1,0437 l
PPV settings	100 % ..

Obr. 51. Souhrnné informace [5]



Obr. 52. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 53. Tlak Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru pohybu push-packových prstů

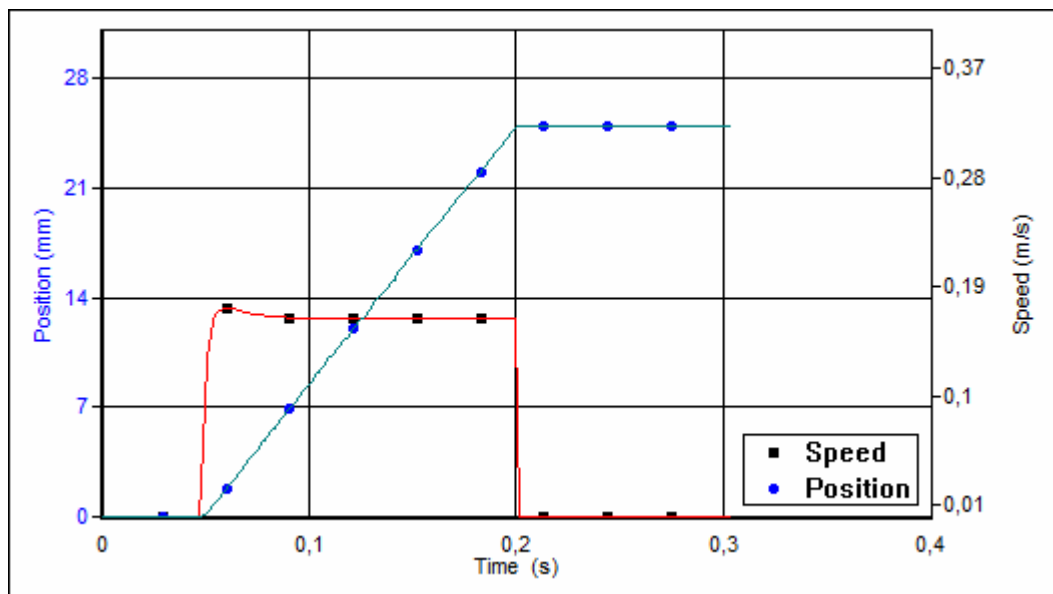
Požadované vstupní hodnoty:

- Vratná pružina 5 N
- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrťacích ventilů ano
- Zdvih motoru: 25 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 2 - 6 bar dle nastavení pomocí MPPE
- Délka hadic od úpravny do ventilového term. 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru 3 m
- Hmotnost tělesa 0,2 kg

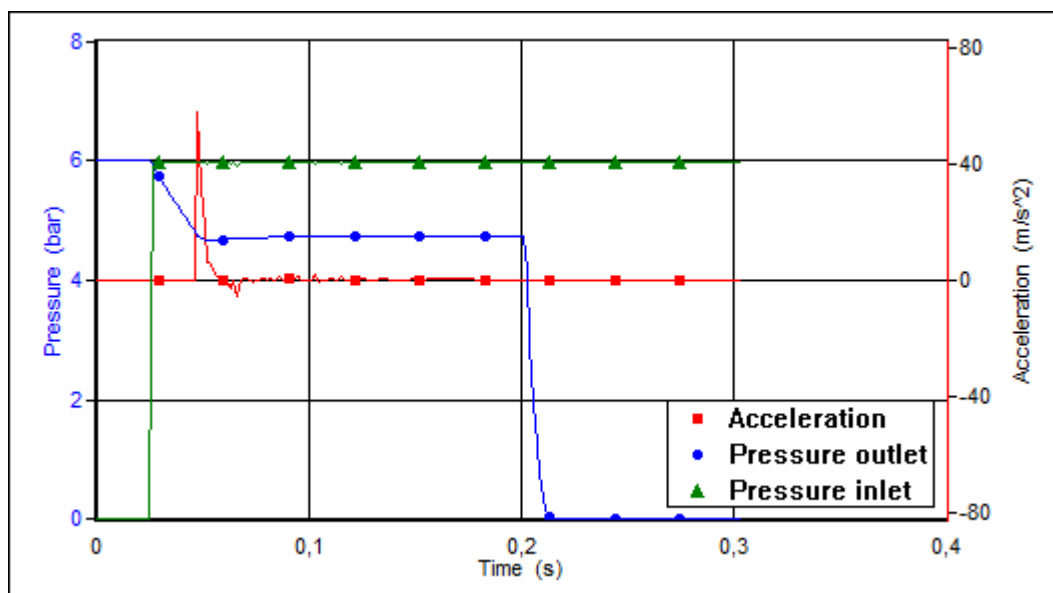
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ DSNU-16-25-P-A-S2. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 54), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 55) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 56) (Výsledné hodnoty při tlaku 6 bar).

Total positioning time	0,2 s
Average speed	0,12 m/s
Impact speed	0,16 m/s
Max. speed	0,17 m/s
Kinetic impact energy	0 J
Mean flow speed	2,25 m/s
Minimum air consumption	0,2908 l

Obr. 54. Souhrnné informace [5]



Obr. 55. Závislost polovice a rychlosti na čase [5]



Obr. 56. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

### Výpočet přímočarého motoru pohybu push-packové jednotky

Požadované vstupní hodnoty:

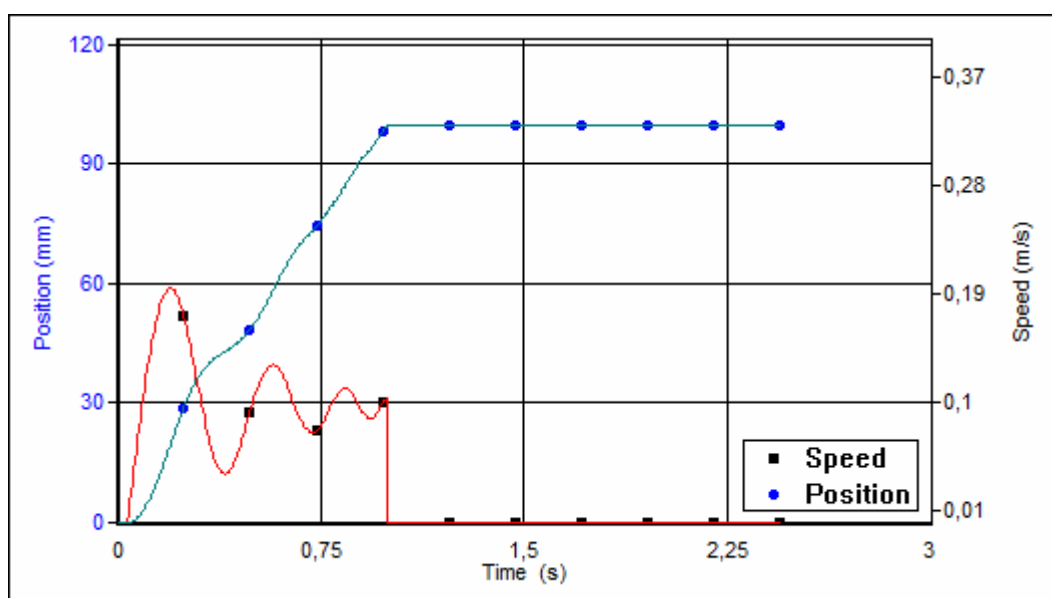
- Doba vyjetí do koncové polohy: 1 s
- Použití škrťacích ventilů: ano
- Zdvih motoru: 100 mm
- Úhel natočení: 0°
- Směr práce: dopředu
- Vstupní tlak: 6 bar
- Délka hadic od úpravny do ventilového term.: 2 m
- Délka hadic od ventilového term. k motoru: 2 m
- Hmotnost tělesa: 25 kg



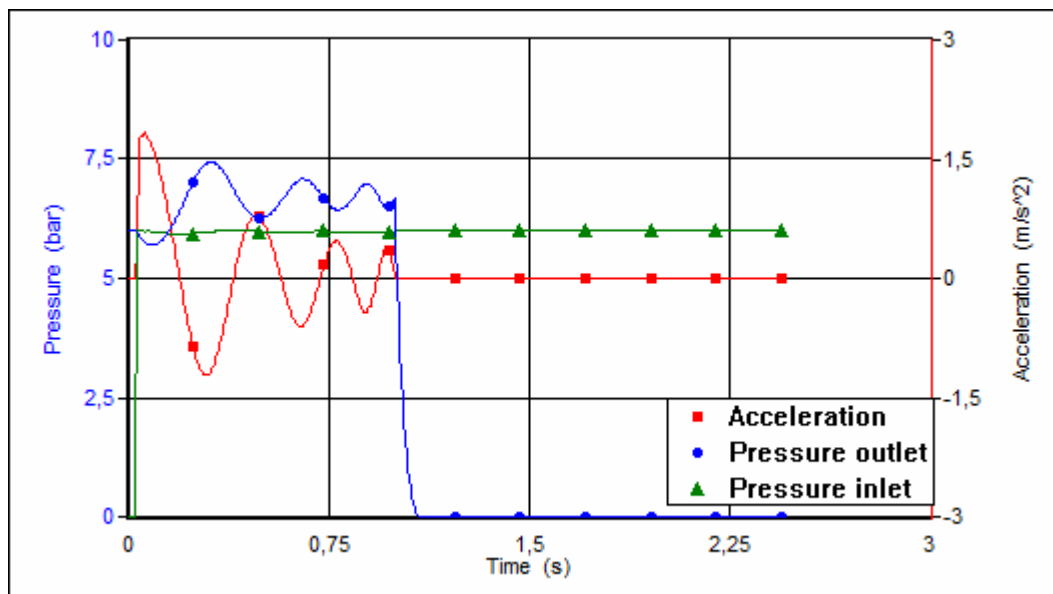
Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ DSNU-25-100-P-A. Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 57), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 58) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 59).

Total positioning time	1 s
Average speed	0,1 m/s
Impact speed	0,1 m/s
Max. speed	0,19 m/s
Kinetic impact energy	0,14 J
Mean flow speed	3,2 m/s
Minimum air consumption	0,5137 l

Obr. 57. Souhrnné informace [5]



Obr. 58. Závislost pozice a rychlosti na čase [5]



Obr. 59. Závislost tlaku a zrychlení na čase [5]

Při testování tohoto přímočarého motoru docházelo při nízkých rychlostech k nelineárnímu posunu celé jednotky, což mělo za příčinu vysokou zmetkovitost při zavírání roubíků.

Tento problém se dal vyřešit těmito způsoby:

- Celá jednotka se nachází na lineárních ložiscích a proto nebylo možno snížit odpor při vyjždění.
- Použitím většího přímočarého motoru by se vyřešil tento problém, ale z důvodu malého zástavbového prostoru nebylo možné tuto variantu použít. Byla by finančně náročná.
- Dodatečná specifikace přímočarého motoru, kdy byl dospecifikován údaj o lehkém chodu. DSNU-25-100-P-A-S11

Tento problém se podařilo odstranit a při testech již nebyl problém s lineárním posunem push-packové jednotky.

### Výpočet přímočarého motoru kompresní tyčky

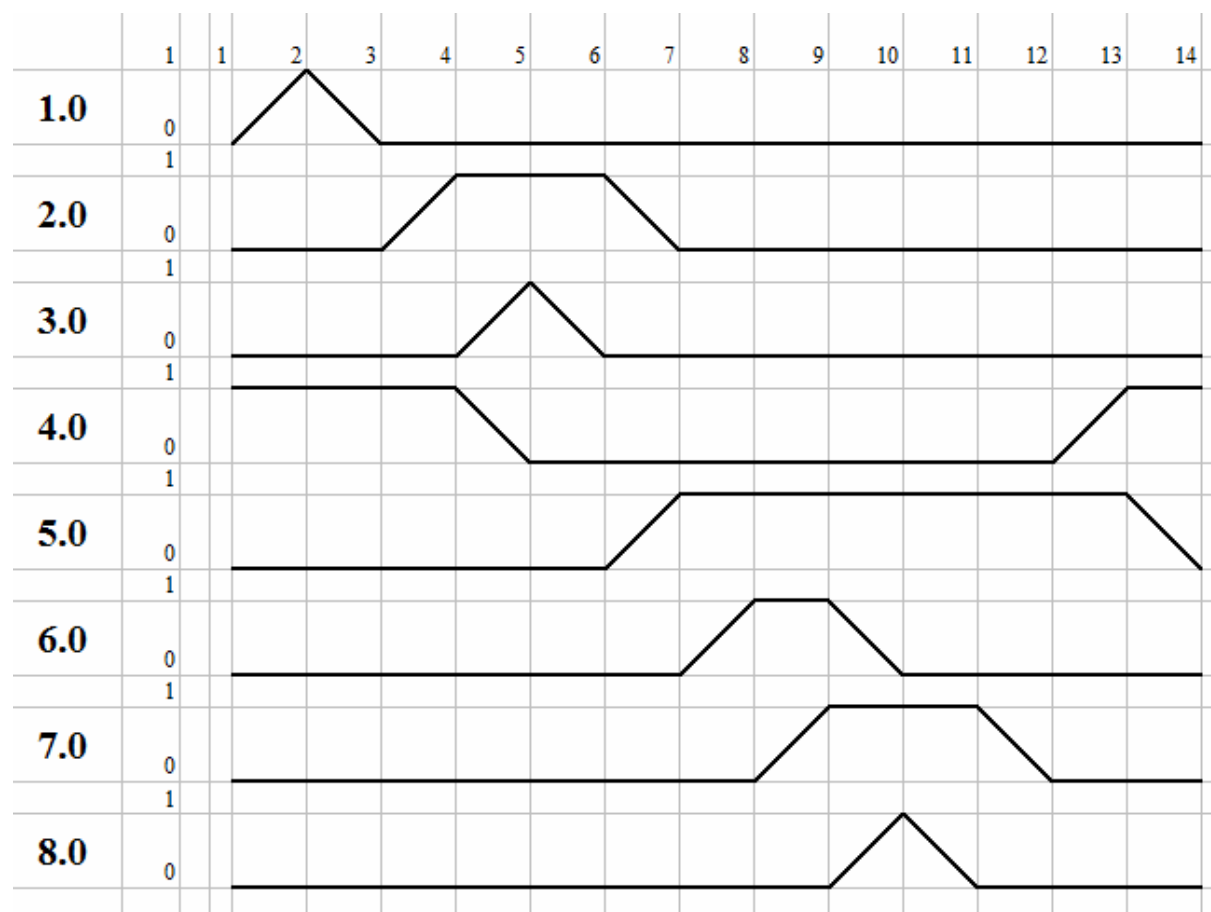
Požadované vstupní hodnoty:

- |   |         |
|---|---------|
| • Doba vyjetí do koncové polohy:              | 1 s     |
| • Použití škrtec ventilů                      | ano     |
| • Zdvih motoru:                               | 530 mm  |
| • Úhel natočení:                              | 0°      |
| • Směr práce:                                 | dopředu |
| • Vstupní tlak:                               | 6 bar   |
| • Délka hadic od úpravny do ventilového term. | 2 m     |
| • Délka hadic od ventilového term. k motoru   | 2 m     |
| • Hmotnost tělesa                             | 0,5 kg  |

Po zadání těchto hodnot a vzhledem k tomu, že budou použity elektromagnetické snímače, byl navržen přímočarý motor typ DGP-18-530-PPV-A-B, ale vzhledem ke skladovým zásobám byl použit stejný přímočarý motor, jako pro zavedení roubíku do transportních kleští DGP-18-550-PPV-A-B.

Základní informace o přímočarém motoru najdeme v tabulce (obr. 45), informace o průběhu rychlostí a pozice najdeme v grafu (obr. 46) a informace o průběhu tlaku a zrychlení najdeme v grafu (obr. 47).

Krokový diagram zobrazuje návaznost pohybů přímočarých motorů (obr. 60)



Obr. 60. Krokový diagram

### 4.3 Proporcionální redukční ventil

Proporcionální redukční ventil slouží k řízení tlaku. Pracuje na stejném principu jako standardní ventil, jenom s tím rozdílem, že tlak se nenastavuje mechanicky, ale elektricky. Nastavuje se buď pomocí napětí ( 0 – 10V ), nebo proudu ( 4 – 20mA ). Způsob zapojení je znázorněné na obr. 61.

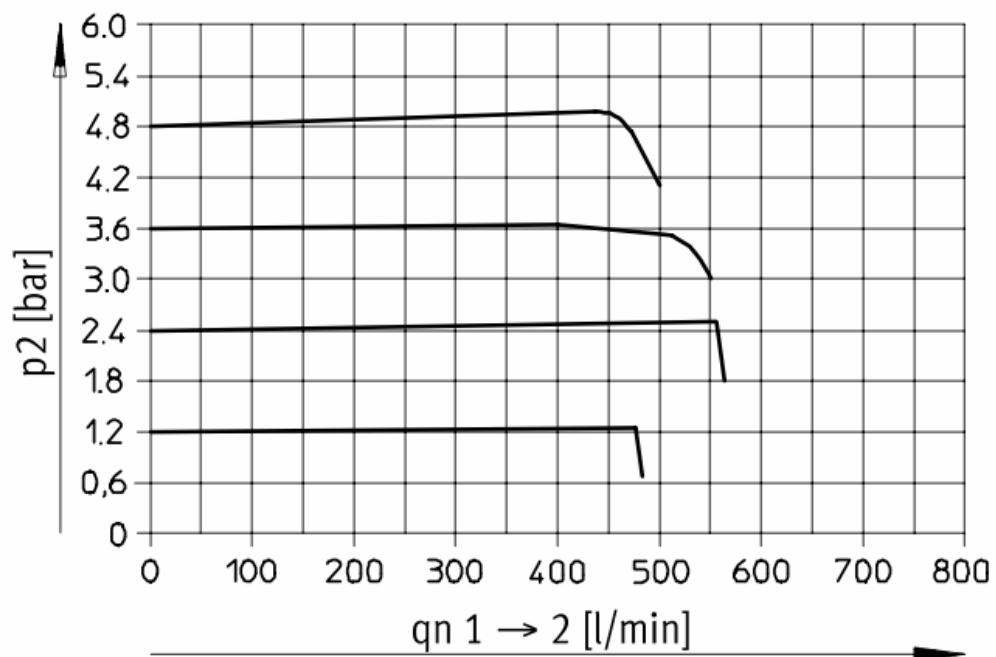


Obr. 61. Zapojení konektoru [3]

Pro nové řešení byl použit proporcionální ventil s označením

#### **MPPES-3-1/8-6-420.**

MPPES	ventil s proporcionálním elektromagnetem ( obr. 62, 63 )
3	třífázový ventil
1/8	přípojovací rozměr
6	regulační rozsah 0 – 6 bar
420	řízené napětím 4 – 20mA



Obr. 62. Závislost tlaku na průtoku [3]

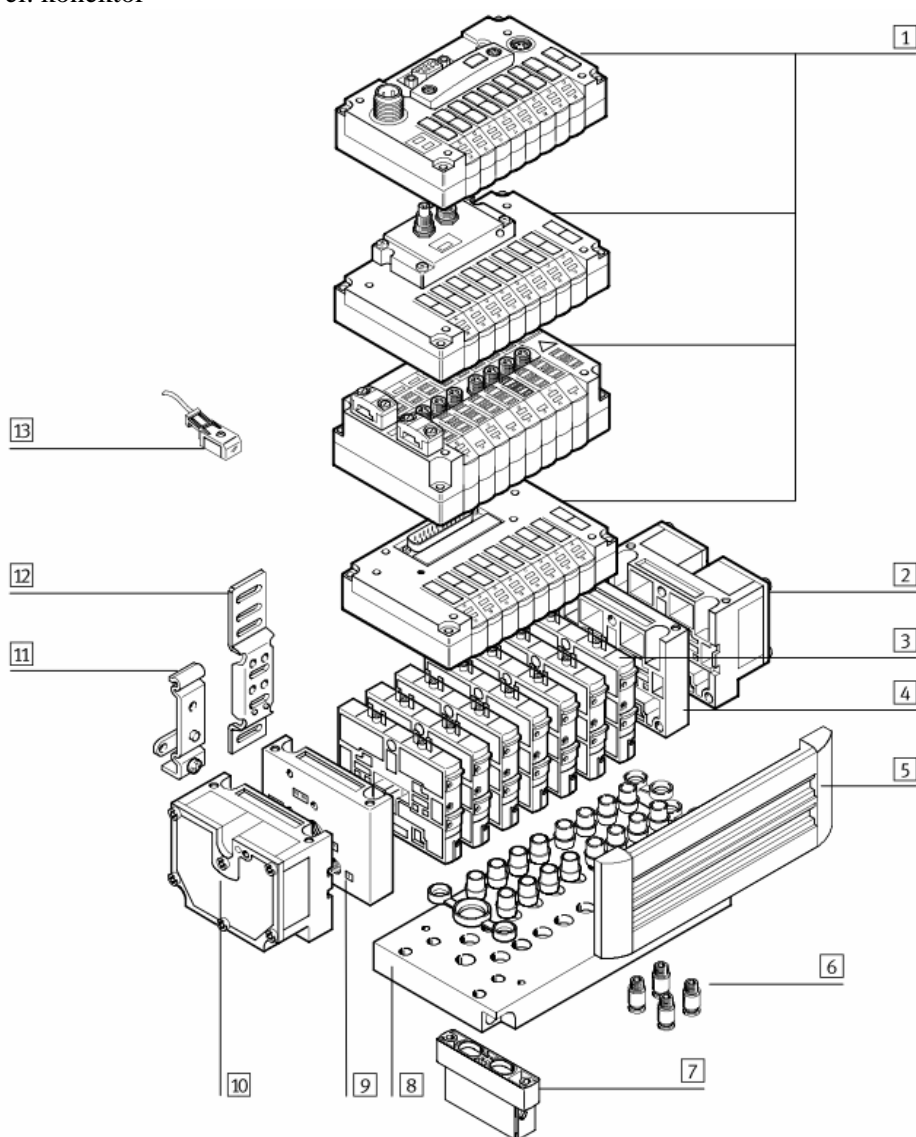


Obr. 63. Proporcionální ventil MPPES-3-1/8-6-420 [3]

#### 4.4 Ventilový terminál

Pro nové ovládání pneumatických prvků byl použit ventilový terminál CPV 10. Jedná se o stavebnicový terminál, který může být poskládán dle potřeby (obr. 64).

1. elektrická část
2. koncová deska
3. ventily
4. koncová deska
5. držák popisků
6. připojení vzduchu
7. vertikální výstavba
8. základová deska
9. koncová deska
10. koncová deska s tlumičem
11. držák na DIN lištu
12. držák na stěnu
13. el. konektor



Obr. 64. Ventilový terminál – standardní díly [5]

Pro nové řešení byl vybrán ventilový terminál (obr. 65):

**18 200-10P-14-8A-MP-R-U-8M**

18 200 číslo stavebnice  
10P ventilový terminál  
14 velikost  
8A počet ventilů ( 8 ) + připojení QS6 – QS10  
MP způsob el. připojení  
R pomocné ruční ovládání  
U způsob vzduchového napájení  
8M 8x ventil 5/2 monostabilní



Obr. 65. Ventilový terminál CPV 10-14

## 4.5 Úpravna vzduchu

Pro určení jednotky na úpravu vzduchu musíme znát celkový průtok vzduchu za 1 hodinu. Pro výpočet dvojčinného přímočarého motoru platí:

$$V = \left[ s \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 + s \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \right] \cdot n \cdot \varepsilon$$

kde:

$$\varepsilon = \frac{101,3 + Pr}{101,3}$$

V	průtok vzduchu [l/min]
s	celkový zdvih přímočarého motoru [dm]
n	počet zdvihů za min.
D	průměr pístu [dm]
d	průměr pístnice [dm]
$\varepsilon$	kompresní poměr
Pr	pracovní přetlak [kPa]

K výsledku je ještě nutné přičíst všechny prostory, které se plní vzduchem. Tyto hodnoty jsou napsány v tabulce obr. 66.

Průměr pístu [mm]	objem předního čela [cm <sup>3</sup> ]	objem zadního čela [cm <sup>3</sup> ]
12	1	0,5
16	1	1,2
25	5	6
35	10	13
50	16	19
70	27	31
100	80	88
140	128	150
200	425	448
250	2005	2337

Obr. 66. Vedlejší prostory přímočarých motorů [1]

Nebo můžeme použít výsledků z programu ProPneu, kde v tabulce souhrnné informace máme spočítanou spotřebu vzduchu na zdvih válce. Tuto hodnotu pouze vynásobíme počtem zdvihů za sekundu a spočítáme spotřebu vzduchu jednoho přímočarého motoru. Z důvodu toho, že v některých krocích (viz krokový diagram obr. 67) se pohybují tyto motory současně, musíme vypočítané hodnoty spotřeby vzduchu těchto přímočarých motorů sečíst.



Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 1 \_ ADN-20-40-A-P-A

$$V = 0,2609 \cdot n = 0,2609 \cdot 3 = 0,7827 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 2 \_ ADN-20-50-A-P-A

$$V = 0,2827 \cdot 3 = 0,8481 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 3 \_ DGP-18-550-PPV-A-B

$$V = 1,2297 \cdot 3 = 3,6891 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 4 \_ ADVU-12-50-A-P-A

$$V = 0,2131 \cdot 3 = 0,6393 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 5 \_ DNC-40-80-PPV-A-KP

$$V = 1,0437 \cdot 3 = 3,1311 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 6 \_ DSNU-25-100-P-A-S11

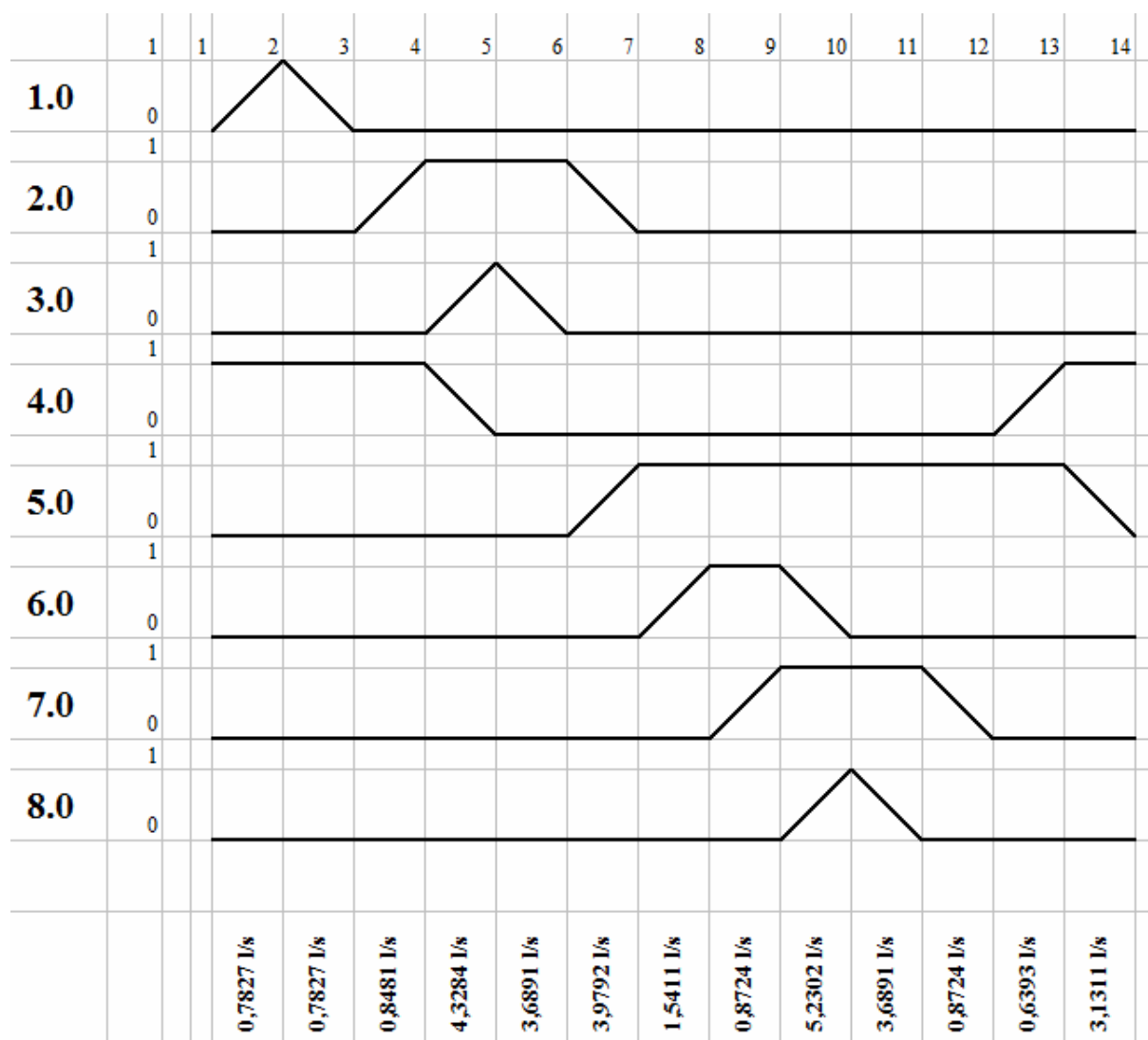
$$V = 0,5137 \cdot 3 = 1,5411 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 7 \_ DSNU-16-25-P-A-S2

$$V = 0,2908 \cdot 3 = 0,8724 \text{ l / s}$$

Výpočet spotřeby vzduchu přímočarého motoru č. 8 \_ DGP-18-550-PPV-A-B

$$V = 1,2297 \cdot 3 = 3,6891 \text{ l / s}$$



Obr. 67 . Krokový diagram se spotřebou vzduchu jednotlivých kroků

Z výpočtů nám vyšlo, že maximální spotřeba vzduchu je 5,2303 l/s, což je 313,818 l/min. Tato hodnota by se měla pohybovat okolo 75% výkonu úpravny vzduchu. Pokud by hodinová spotřeba byla okolo 90%, vystavovali by jsme se riziku, že při jakékoliv netěsnosti by množství vzduchu bylo nedostatečné a naopak, pokud by se spotřeba pohybovala příliš nízko, hrozí to, že redukční ventil nebude moci udržet standardní tlak z důvodu velké mohutnosti. Proto by se průtok vzduchu měl pohybovat okolo 420 l/min.

Pro náš případ jsem vybral úpravnu vzduchu

#### FRC-1/8-D-MINI-KE (obr. 68)

Jmenovitý průtok této jednotky je 550 l/min.

Úpravna se skládá z těchto komponentů:

1. redukční ventil s filtrem
2. maznice
3. spínací ventil s elektromagnetickou cívkou 24VDC
4. ventil s pomalým náběhem



Obr. 68. Úpravna vzduchu FRC-1/8-D-MINI-KE [9]

## 4.6 Ovládání systému

Na ovládání systému, vzhledem k skladovacím zásobám firmy ViskoTeepak, byla použita programovací jednotka UNITRONIC V120-22-UN2 (obr. 69).

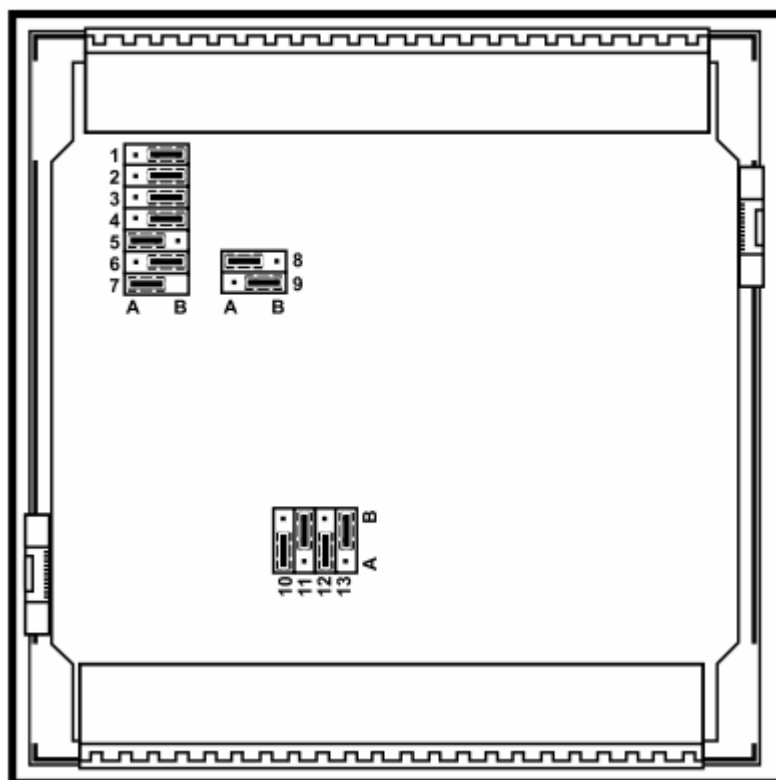


Obr. 69. Unitronic V120-22-UN2 [8]

Tato jednotka má tyto vlastnosti:

- Napájecí napětí je 12 nebo 24 VDC
- Maximálně ( dle zapojení ) 12 digitálních vstupů typu pnp nebo npn ( podle způsobu nastavení ( obr. 61 ))
- dva rychlé vstupy ( s frekvencí 10ms ), místo dvou digitálních vstupů
- dva analogové 14 bitové vstupy ( 0-10V, 0-20mA nebo 4-20mA – dle nastavení ), místo dvou digitálních vstupů
- dva vstupy z termočlánků ( například PT100 ), místo dvou digitálních vstupů
- 12 digitálních výstupů
- 2 rychlé výstupy ( maximálně 2 kHz), výstup 0 a 1
- grafický LCD display 128x64 pixelů
- paměť 448kbit

Nastavení: (obr. 70, 71, 72, 73, 74, 75)



Obr. 70. Nastavení jednotky unitronic [7]

Pro vstup 9 a 10 (univerzální vstup č. 0)

	JP3 Pro vstup 10	JP4 Pro vstup 10	JP5 Pro vstup 9	JP11 Pro vstup 9	JP12 Pro vstup 10
Digitální vstup	A	B	A	B	B
Termočlánek vstup Pozn. 1	B	A	B	B	B
PT 100 Pozn. 2	B	A	B	A	B
Analogový vstup [V]	B	B	A Pozn. 3	B Pozn. 3	A
Analogový vstup [A]	B	B	A Pozn. 3	B Pozn. 3	B

Obr. 71. Nastavení jednotky unitronic [7]

Poznámky:

1. Vstup pro termočlánek je mezi vstupem 10 (+) a vstupem 9 (-)
2. Vstup pro PT100 je připojen na 9 a 10, signál je připojen na vstup 11
3. Pokud použijeme vstup 10 jako analogový, vstup 9 může být použit jako digitální

Pro vstup 7 a 8 (univerzální vstup č. 1)

	JP2 Pro vstup 7	JP6 Pro vstup 8	JP7 Pro vstup 8	JP10 Pro vstup 7	JP13 Pro vstup 8
Digitální vstup	A	A	B	B	B
Termočlánek vstup Pozn. 1	B	B	A	B	B
PT 100 Pozn. 2	B	B	A	A	B
Analogový vstup [V]	A Pozn. 3	B	B	B Pozn. 3	A
Analogový vstup [A]	A Pozn. 3	B	B	B Pozn. 3	B

Obr. 72. Nastavení jednotky unitronic [7]

Poznámky:

1. Vstup pro termočlánek je mezi vstupem 8 (+) a vstupem 7 (-)
2. Vstup pro PT100 je připojen na 7 a 8, signál je připojen na vstup 11
3. Pokud použijeme vstup 8 jako analogový, vstup 7 může být použit jako digitální

Pro vstup 11

	JP1
Digitální vstup	A
Signál pro PT100	B

Obr. 73. Nastavení jednotky unitronic [7]

Pro všechny digitální vstupy

	JP8
Typ NPN	A
Typ PNP	B

Obr. 74. Nastavení jednotky unitronic [7]

	JP9
Napájení 12VDC	A
Napájení 24VDC	B

Obr. 75. Nastavení jednotky unitronic [7]

Pro připojení dalších vstupů a výstupů můžeme použít dalších 18 druhů přídatných vstupně-výstupních modulů. Pro připojení těchto modulů musíme použít expanzní modul EX-A1 (obr. 76)



Obr. 76. Rozšíření vstupů a výstupů pomocí modulů

Můžeme použít až 8 těchto modulů.

Pro mou aplikaci jsem vybral modul IO-AI4-AO2

Tato jednotka má tyto vlastnosti:

1. napájení 24 VDC
2. 4 analogové 12 bitové vstupy ( 0-10V, 0-20mA nebo 4-20mA )
3. 2 analogové 12 bitové výstupy ( $\pm 10V$ , 0-20mA nebo 4-20mA )

Nastavení jednotky je podobné jako u programovací jednotky UNITRONIC

Jako další modul jsem vybral IO-DI8-T08

Tato jednotka má tyto vlastnosti:

1. napájení 24VDC
2. 8 digitálních vstupů typu PNP nebo NPN
3. 8 PNP digitálních výstupů

Pro tuto aplikaci jsem použil toto nastavení

JP1	A	-vstup 11 digitální
JP2	A	-vstup 7 a 8 digitální
JP3	A	-vstup 9 a 10 digitální
JP4	B	-vstup 9 a 10 digitální
JP5	A	-vstup 9 a 10 digitální
JP6	A	-vstup 7 a 8 digitální
JP7	B	-vstup 7 a 8 digitální
JP8	B	-digitální vstup typ PNP
JP9	B	-napájení 24VDC
JP10	B	-vstup 7 a 8 digitální
JP11	B	-vstup 9 a 10 digitální
JP12	B	-vstup 9 a 10 digitální
JP13	B	-vstup 7 a 8 digitální

Popis vstupů a výstupů:

V120-22-UN2 výstupy	00	— vysokorychlostní výstup na SD30X
	01	—
	02	— pneumatický ventil úpravny vzduchu
	03	— BCD kód pro CD30X
	04	— BCD kód pro CD30X
	05	— BCD kód pro CD30X
	06	— aktivace CD30X
	07	— start CD30X
	08	— aktivace SD20X
	09	—
	10	—
	11	—

V120-22-UN2 vstupy	00	— Existence roubíku v zásobníku
	01	— Snímač válce č. 5 vyjeto
	02	— Snímač válce č. 6 vyjeto
	03	— Snímač válce č. 6 zajeto
	04	— Snímač válce č. 7 vyjeto
	05	— Snímač válce č. 7 zajeto
	06	— Snímač válce č. 8 zajeto
	07	— Ukončení cyklu PP jednotky ( CD30X )
	08	—
	09	—
	10	—
	11	—



IO-D18-T08 vstupy	00	— Snímač válce č. 1 vyjeto
	01	— Snímač válce č. 1 zajeto
	02	— Snímač válce č. 2 vyjeto
	03	— Snímač válce č. 2 zajeto
	04	— Snímač válce č. 3 vyjeto
	05	— Snímač válce č. 3 vyjeto
	06	— Snímač válce č. 4 vyjeto
	07	— Snímač válce č. 4 vyjeto

IO-D18-T08 výstupy	00	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 1
	01	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 2
	02	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 3
	03	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 4
	04	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 5
	05	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 6
	06	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 7
	07	— CPV 14 výjezd vzduchového válce č. 8

IO-A14-A02 vstupy	00	—
	01	—
	02	—
	03	—

výstupy	00	— MPPES kleště
	01	— MPPES prsty



## 5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá přestavbou jednoúčelového stroje Push-pack. Jako hlavní kritérium byl požadavek na sjednocení pneumatických prvků od jednoho dodavatele, kterým byla firma Festo s přihlédnutím na skladové zásoby firmy ViskoTeepak.

Po seznámení se s funkčností stroje byly navrženy přímočaré motory, popsané v kapitole 4.1, a následně také ventilový terminál, popsaný v kapitole 4.2, a úpravna vzduchu v kapitole 4.3. Bylo také navrženo nové ovládání od firmy Unitronic, popsané v kapitole 4.5

Modernizace jednoúčelového stroje Push-pack je naplánovaná na srpen 2009 zároveň s celkovou opravou. Tento stroj nebylo možné modernizovat dříve, protože výrobní kapacita nedovolovala tento stroj odstavit.

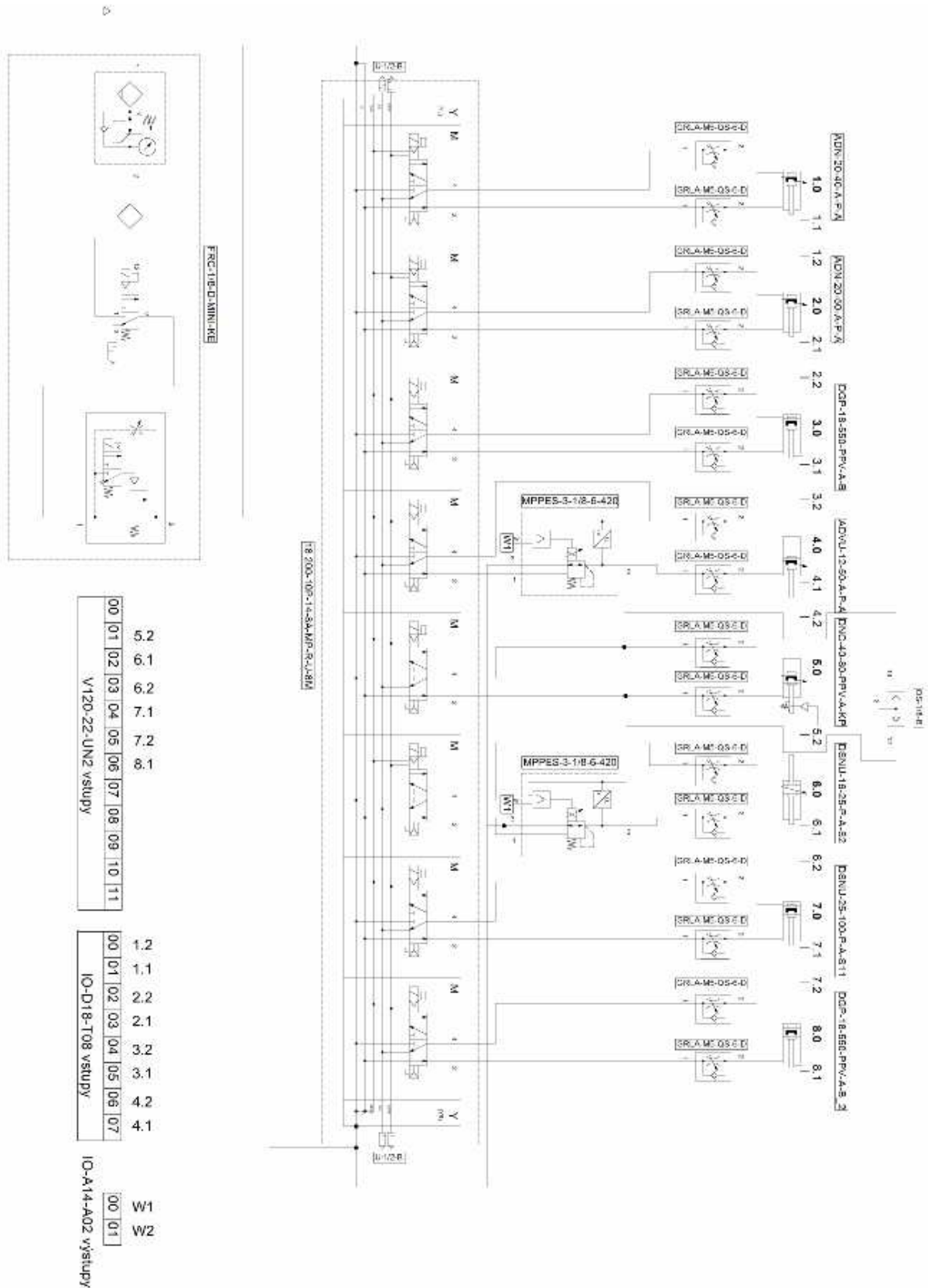


## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Beneš P, Mykiska A, Úvod do pneumatiky : učebnice Festo,1989. 197s. ISBN 80-01-00042-7
- [2] Festo, Válce dle norem DNC [online], 2006/10 [cit. 2009-04-06].  
Dostupné z: [https://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DNC\\_CZ.PDF](https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/DNC_CZ.PDF)
- [3] Festo, Proporcionální redukční ventily [online], 2006/10 [cit. 2009-04-07].  
Dostupné z: [https://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_cs/PDF/CZ/MPPE\\_CZ.PDF](https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/MPPE_CZ.PDF)
- [4] Filco, ISO 8573-1 2001[cit. 2009-04-15]. Dostupné z:<http://www.filco.cz/norma-iso-857312001-cz>
- [5] Program ProPneu, Festo AG, Pneumatické dimenzování
- [6] Festo, Ventilové terminály [online], 2005/07 [cit. 2009-03-25].  
Dostupné z: [https://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_cs/PDF/CZ/TYP10\\_CZ.PDF](https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/TYP10_CZ.PDF)
- [7] Unitronics, Graphic operator panel, [online], 2004/11 [cit. 2009-03-23]  
Dostupné z: <http://www.unitronic.com/Data/Uploads/V120/V120-22-UN2.pdf>
- [8] Unitronics, [cit. 2009-04-22]. Dostupné z: <http://www.unitronics.com/Series.aspx?Page=120>
- [9] Festo, Jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu [online], 2006/10 [cit. 2009-04-07].  
Dostupné z: [https://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_cs/PDF/CZ/D-SERIES\\_CZ.PDF](https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/D-SERIES_CZ.PDF)
- [10] SMC, Výroba a rozvod stlačeného vzduchu [online], [cit. 2009-05-11]  
Dostupné z: [http://217.19.37.249/at/pdf/LG1\\_Einfuehrung.pdf](http://217.19.37.249/at/pdf/LG1_Einfuehrung.pdf)
- [11] Filco, ČSN 690010.5.2 [cit. 2009-04-20].  
Dostupné z: [http://www.filco.cz/index.php?node=25&print\\_tpl=print](http://www.filco.cz/index.php?node=25&print_tpl=print)



# PŘÍLOHY



## **OBSAH PŘILOŽENÉHO DVD**

Bakalářská práce ve formátu Adobe Akrobat ( PDF )  
Instalační program ProPneu – programové dimenzování  
Instalační program FluidDraw- pneumatická schémata  
Pneumatické schéma ve formátu FluidDraw