

TRENDY PRI ŠETRENÍ ENERGIE STLAČENÉHO VZDUCHU PRI UCHOPOVANÍ PODTLAKOM

Ing. Peter Tuleja, PhD.

TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra
výrobnej techniky a robotiky
Park Komenského 8, 042 00 Košice
e-mail: peter.tuleja2@tuke.sk

Abstract

The paper discusses the energy of compressed air from the point of view of the costs of its production depending on the requirements for its quality. Subsequently, it deals with the current procedures for solving the reduction of operating costs related to the use of vacuum in one-sided gripping with the help of active vacuum suction cups. In its conclusion, the trends that currently rule in this area are indicated.

Key words: energy, compressed air, vacuum, grasping, manipulation

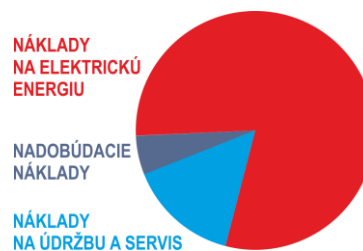
ÚVOD

V súčasnosti je mnoho firiem postavených zoči-voči tvrdej realite ekonomickej rentability pri produkcii svojho portfólia produktov. Podstatný podiel na nákladoch má aj výroba energií potrebných na prevádzku firmy. Pritom za náklady na energiu nie sú rátané iba finančné položky vynaložené na nákup elektriny alebo plynu. Týka sa to aj energií, ktoré je potrebné vyrobiť priamo vo firme (napr. stlačený vzduch). Energetické audity vykonávané vo firmách jednoznačne ukazujú na známy fakt, že najlacnejším artiklom je to, čo nie je potrebné vyrobiť. Toto zvlášť platí pri výrobe

stlačeného vzduchu pre pracoviská najmä v automatizovanej výrobe.

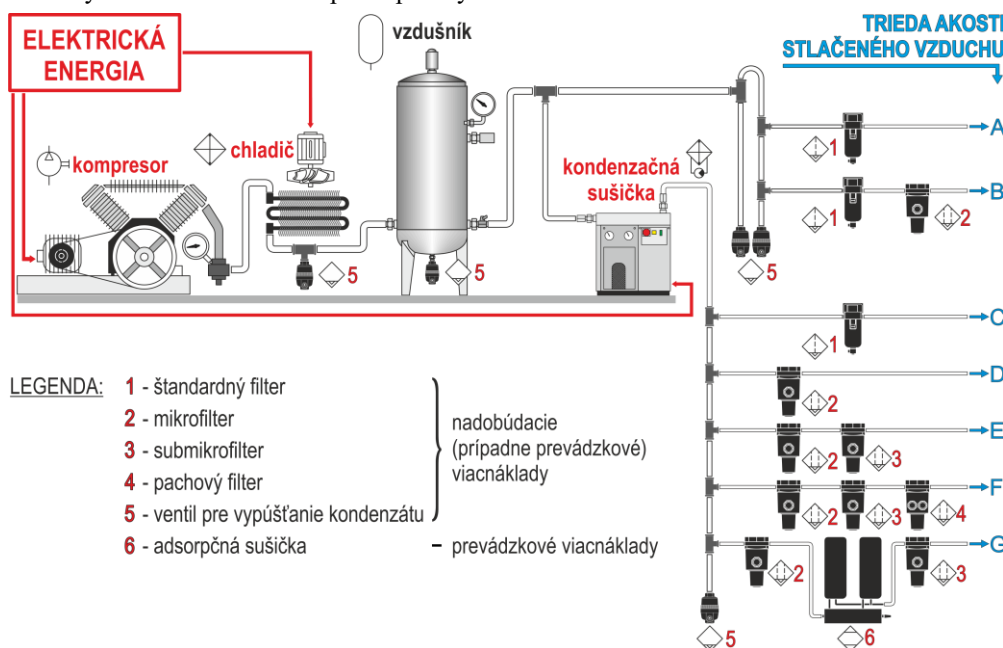
VSTUPNÉ ENERGIE VS SPOTREBA STLAČENÉHO VZDUCHU

Donedávna boli náklady spojené s výrobou stlačeného vzduchu silne podceňované. Stačí sa však zamyslieť nad faktom, že energia stlačeného vzduchu je najdrahšou používanou energiou v technickej praxi a tvrdenie, že ide iba „o vzduch“ neobstoí. Treba si uvedomiť, že náklady na každý využitý liter vyrobeného a vhodne upraveného stlačeného vzduchu spočívajú v troch zložkách nákladov: 5% tvoria nadobúdacie náklady (cena kompresora), 15% pripadá na údržbu a servis a na elektrickú energiu spotrebovanú prevádzkou kompresora pripadá až 80% celkových nákladov [7,8], obr. 1.



Obr. 1 Náklady na výrobu stlačeného vzduchu

Stlačený vzduch použitý v konkrétnej prevádzke musí ale spĺňať aj isté kvalitatívne aspekty, obr. 2, tab. 1. Náklady s tým spojené sa započítavajú do servisu a údržby.



Obr. 2 Náklady spojené s prípravou a úpravou stlačeného vzduchu [2,6] upravené autorom

Ak v triede A kvality stlačeného vzduchu je povolená prítomnosť menších mechanických nečistôt a kompresorového oleja a oblasť jeho využitia je v bežnej priemyselnej prevádzke (upínacie prípravky, ofukovanie triesky a pod.), v najprísnejšej triede kvality G sa nesmie vôbec tvoriť kondenzát ani pri uvedenej teplote rosného bodu (-30°C) a prítomnosť kompresorového oleja musí byť eliminovaná na uvedenú hodnotu ($<0,0001\%$), pričom veľkosť pevných častíc nesmie presiahnuť $0,01\ \mu\text{m}$, oblasť využitia takto kvalitne upraveného vzduchu je v prevádzkach, kde je stlačený vzduch využívaný na dopravu práškov a granulátov, prípadne sušenie elektronických modulov (po ochrannom lakovaní) a pod.

tab. 1 Triedy akosti stlačeného vzduchu. Zdroj: [2,6]; upravené autorom

Trieda	Zbytkový obsah nečistôt	
	Nečistoty	Obsah
A	tuhé častice	$<5\ \mu\text{m}$
	kvapalný kompresorový olej	$\approx 1\%$
	kondenzát	$\approx 4\%$
B	tuhé častice	$\leq 0,3\ \mu\text{m}$
	kvapalný kompresorový olej	$\approx 1\%$
	kondenzát	$\approx 4\%$
C	tuhé častice	$<5\ \mu\text{m}$
	pary kompresorového oleja	$\approx 3\%$
	kondenzát	$\approx 3\%$
	atmosferický rosný bod	-17°C
D	tuhé častice	$\leq 0,3\ \mu\text{m}$
	pary kompresorového oleja	$\approx 0,1\%$
	atmosferický rosný bod	cca -17°C
E	tuhé častice	$\leq 0,01\ \mu\text{m}$
	pary kompresorového oleja	$<0,0001\%$
	atmosferický rosný bod	-17°C
F	tuhé častice	$\leq 0,01\ \mu\text{m}$
	pary kompresorového oleja	$<0,0001\%$
	atmosferický rosný bod	-17°C
	odstránenie pachov	
G	tuhé častice	$\leq 0,01\ \mu\text{m}$
	pary kompresorového oleja	$<0,0001\%$
	atmosferický rosný bod	cca -30°C

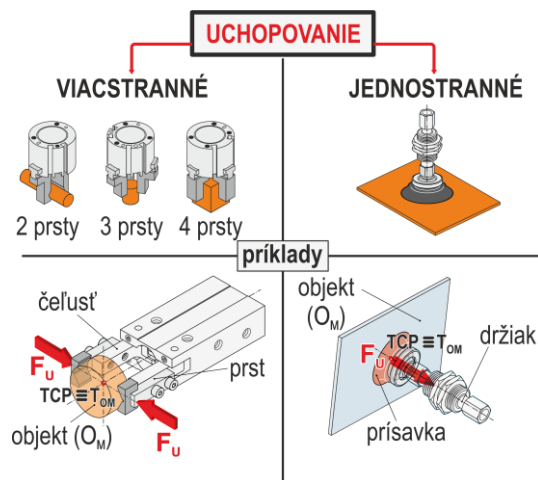
Z uvedeného vyplýva, že nie všetky prevádzky nutne vyžadujú ten najkvalitnejší stlačený vzduch, teda cenu jednotkového objemu (1m^3) je nutné istým spôsobom spriemerovať.

Ako priemerná hodnota nákladov na prípravu 1m^3 stlačeného vzduchu triedy B sa dnes uvádza cca $0,06 - 0,07\text{€}$.

Je zrejmé, že so zvyšovaním triedy kvality stlačeného vzduchu porastie aj jeho cena. Toto zvýšenie budú predstavovať viacnásobky spojené s nákupom potrebného technického vybavenia kompresorovne (mikrofiltry, submikrofiltry, sušičky a pod.), obr. 1.

SPOTREBA STLAČENÉHO VZDUCHU PRI UCHOPOVANÍ PODTLAKOM

Manipulačné úlohy v automatizovaných prevádzkach sú realizované dvojakým spôsobom: ako tzv. viacstranné uchopovanie alebo ako jednostranné uchopovanie, obr. 3.



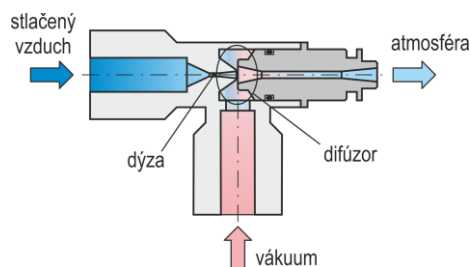
Obr. 3 Druhy uchopovania

Kým pri viacstrannom uchopovaní dochádza ku kontaktu medzi objektom manipulácie a uchopovacím efektorom minimálne z dvoch strán (alternatívne to môže byť aj z troch prípadne aj zo štyroch strán, podľa počtu prstov uchopovacieho efektora), pri jednostrannom uchopovaní je kontakt iba z jednej strany objektu manipulácie.

Tento fakt spôsobuje niektoré problémy, najmä čo sa týka rozľahlosti, poddajnosti, prípadne aj vlastností materiálu objektu manipulácie.

Samostatnú skupinu jednostranného uchopovania pritom predstavuje uchopovanie použitím tzv. aktívnej prísavky. Tento prípad je charakteristický tým, že prísavka je „napájaná“ zo zdroja podtlaku, ktorým môže byť buď výveva (objemový vyvíjač podtlaku) alebo ejektor (prúdový vyvíjač podtlaku).

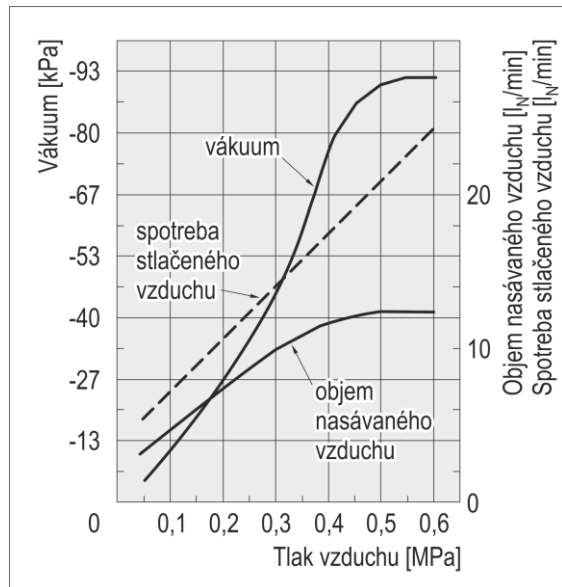
Prevažnú časť realizácií manipulačných úloh s aktívnou prísavkou predstavujú obvody s prúdovými vyvíjačmi – ejektormi. Tie pre svoje fungovanie potrebujú prúd stlačeného vzduchu, ktorý prechodom cez sústavu dýza-difúzor vytvára lokálny podtlak, obr. 4.



Obr. 4 Princíp ejektora [2]

Keďže vákuum je vyvíjaný iba pri prietoku vzduchu ejektorom, bežný princíp jeho využívania spočíva v jeho aktivácii počas celej doby manipulačnej úlohy.

Ak je pri manipulačnej úlohe objekt manipulácie fixovaný dvojicou prísaviek pri ktorých využiteľnom priemere (z neho vyplývajúcej účinnej ploche) je potrebná kvalita vákuu -90 kPa, čo zodpovedá tlaku 0,5 MPa pretekajúceho vzduchu cez zvolený ejektor, obr. 5. Odpočtom z grafu spotreba stlačeného vzduchu pretekajúceho ejektorom je viac ako 20 l_N/min.



Obr. 5 Charakteristiky ejektora [2,6]

Ak je teda každá z prísaviek napájaná vlastným ejektorom a čas manipulačnej úlohy je rovný 10 sekundám, spotreba vzduchu bude dvojnásobná.

Ak počas jednej smeny (8 hodín) pri robotickej manipulácii prebehne každú minútu pracovného času jedna takáto manipulačná úloha bude celková spotreba stlačeného vzduchu za jednu pracovnú smenu:

$$T_c \cdot 2 \cdot V_s = (8 \cdot 60 \cdot 0,167) \cdot 2 \cdot 20 = 3206,4 \text{ l}_N$$

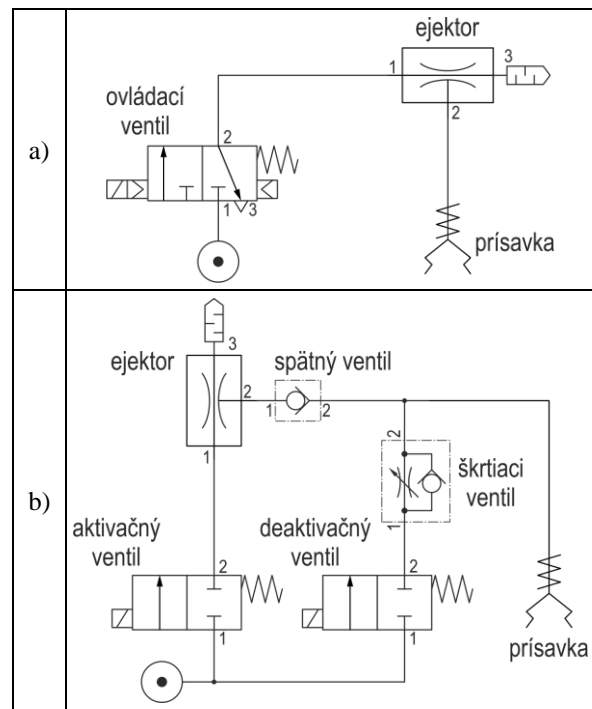
kde T_c - je celkový čas prislúchajúci manipulačným úlohám počas jednej smeny [min] a V_s je minútová spotreba stlačeného vzduchu jedným ejektorom [l_N/min].

Počas jednej smeny teda spotrebujeme 3,2m³ stlačeného vzduchu.

Ak by sme rovnakú manipulačnú úlohu realizovali za podmienky, že by sme dokázali obmedziť generovanie podtlaku napr. na čas 0,8s, celková spotreba vzduchu by poklesla na 256,5 l_N, teda ušetrili by sme takmer 3 m³ stlačeného vzduchu (2,95 m³).

Ak v úvahách budeme pokračovať ďalej a budeme uvažovať s trebárs 20 robotizovanými alebo automatizovanými pracoviskami, ušetríme denne 59 m³ stlačeného vzduchu. Pri cene 0,06€/m³ je denná úspora 3,54€, pri 3-zmennej prevádzke je to 10,62€ a ročne (pri priemernom počte pracovných dní 250) je to 2 655€.

Pritom stačí upraviť pôvodný model pneumatickej schémy (obr. 6a) na modifikovaný model (obr. 6b)).

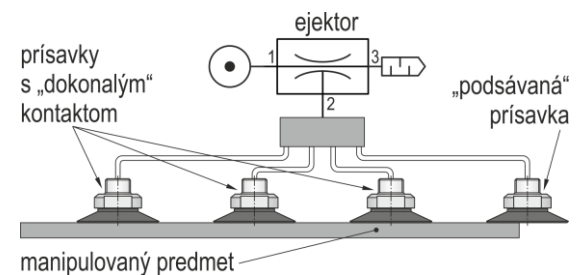


Obr. 6 Modely pneumatického zapojenia prísavkového ejektora [1]

Navýšenie nadobúdacích nákladov na obvod podľa obr. 6b) je v porovnaní s úsporou prevádzkových nákladov minimálne.

Treba poznamenať, že úspory stlačeného vzduchu musia byť garantované dodržiavaním základných pravidiel pre používanie prísavkových uchopovacích efektorov.

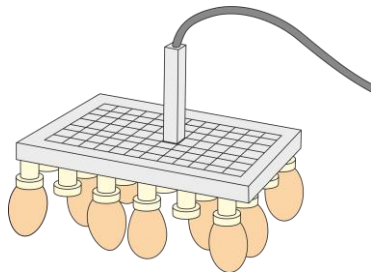
V prvom rade je potrebné zamedziť tzv. podsávanie prísaviek (zabezpečiť dokonalý kontakt prísavky s povrchom objektu manipulácie), obr. 7.



Obr. 7 Príklad nedostatočného kontaktu prísavky s objektom manipulácie [2]

Zanedbanie tohto pravidla vedie k rovnakým stratám ako je tomu v prípade netesností v obvode [5].

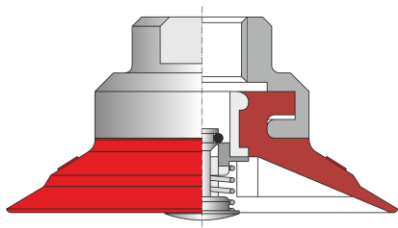
Rovnako tomu bude aj v prípade, ak niektorá z prísaviek na uchopovacom efektore nebude obsadená, obr. 8.



Obr. 8 Príklad neobsadenej prísavky [1,3]

Je nutné zdôrazniť, že v prípade, ak nie je možné zamedziť podsávanie alebo neobsadenie prísavky, je potrebné zvážiť možnosť úpravy pneumatického obvodu na variantu podľa obr. 6b).

Spoľahlivým riešením je jedine použitie špeciálneho vyhotovenia prísavky s uzatváracím ventilom [4], obr. 9.



Obr. 9 Špeciálna úprava prísavky (dovybavenie spätným ventilom) [1,3]

ZÁVER

Šetrenie energií v automatizovaných prevádzkach priemyslu je trendom súčasnosti. Rovnako, ako je dôležité dbať na udržbu rozvodov stlačeného vzduchu v prevádzke v snahe zamedziť jeho úniku je potrebné zvážiť možné úpravy pneumatického obvodu pri manipulácii s využitím podtlaku tak ako je opisované v tomto článku.

Ušetrené prevádzkové náklady pokryjú násobne viacnáklady nutné na zvýšený počet komponentov v obvode.

Literatúra

- [1] Hajduk, M., Šidlovská, E., Tuleja, P.: Unilateral Gripping Mechanism Effectors, In: Applied Mechanics and Materials, Vol. 332 (july 2013), section OPTIROB 2013, Chapter 3: Robotics and Automation Systems, Control, pp. 181-185, Trans Tech Publications 2013, Switzerland, ISSN: 1662-7482
- [2] Hajduk, M., Tuleja, P.: Základy pneumatických mechanizmov I. - Výroba, úprava a rozvod

stlačeného vzduchu a vákua, Edícia vedeckej a odbornej literatúry, TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2013, ISBN 978-80-553-1605-5

- [3] Smrček, J., Palko, A., Tuleja, P.: Robotika - Uchopovacie efekory, skriptum, 1. vyd., TU SJF Košice 2007, ISBN 978-80-8073-961-4
- [4] Sukop, M., Tuleja, P., Jánoš, R., Juruš, O., Marcinko, P., Semjon, J., Vagaš, M.: Using the Vacuum in Handling Tasks in the Context of Operating Cost Savings. In: Journal of Automation and Control. Vol. 5, no. 2 (2017), p. 85-88. - ISSN 2372-3041. Spôsob prístupu: <http://www.sciepub.com/portal/downloads?doi=10.12691/automation-5-2-12&filename=automation-5-2-12.pdf> - 2017
- [5] Tuleja, P., Šidlovská, E.: Stratégia šetrenia energie v automatizovaných prevádzkach využívajúcich stlačený vzduch. In: Transfer inovácií. Č. 30 (2014), s. 133-136. - ISSN 1337-7094. Spôsob prístupu: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/30-2014/pdf/133-136.pdf>
- [6] Kol.: SMC Training, Stlačený vzduch a jeho využití, SMC Industrial Automation CZ, Brno, 2002/2007 (firemná literatúra)
- [7] <http://www.limex-technik.cz/blog/90-kolik-vas-stoji-stlacený-vzduch>
- [8] <https://www.atlascopco.com/sk-sk/compressors/greenproduction/compressor-operating-cost-tco>

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu KEGA 1/0215/23 Výskum a vývoj robotizovaných pracovísk vybavených priemyselnými a kolaboratívnymi robotmi