

# Rôzne smery vývoja a nové trendy v inovatívnych pneumatických systémoch (5)

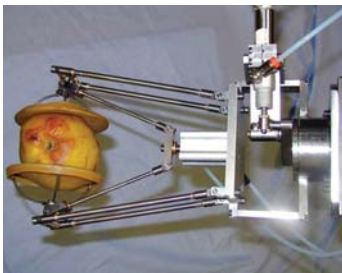
Guido Belforte, Gabriella Eula

## 6. Nové aplikácie

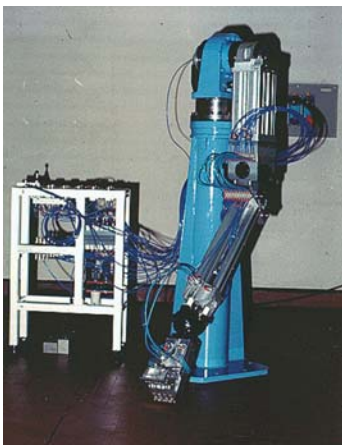
Pneumatika pokračuje vo svojom ťažení a nadobúda čoraz významnejšie postavenie v priemyselných aplikáciách, kde sa doteraz najčastejšie vyskytovali elektromechanické a elektronické zariadenia v rámci výrobných systémov a automatizovaných výrobných liniek. Vďaka novému výskumu a dostupnosti inovovaných komponentov je pneumatika pripravená na uplatnenie v nových aplikáciách a oblastiach. Výrazné zlepšenia sa očakávajú v nasledujúcich oblastiach:

- robotika,
- rizikové prostredie,
- dopravné prostriedky (motorové vozidlá, vlaky, lode),
- poľnohospodárstvo,
- textilný priemysel,
- vysokorýchlostné systémy (rotačné aj lineárne),
- meranie prietoku,
- bioinžinierstvo.

Robotika naďalej púta značný záujem, špeciálne v nepriemyselných aplikáciách, ako napr. bezpečnosť, zábavné parky, údržba budov, záchranárstvo a pod. V tomto kontexte zohráva dôležitú úlohu napr. adaptívne zachytávacie rameno vybavené snímačmi [32], [33]. Ako príklad možno uviesť článkovanú ruku použitú na manipuláciu s krehkými objektmi (obr. 16).



Obr.16 Článkovaná senzorká ruka



Obr.17 Pneumatický telemanipulátor

Obr. 17 zobrazuje telemanipulátor so šiestimi stupňami voľnosti využívajúci piestové lineárne pneumatické motory a lopatkové striedavé motory s harmonickými prevodkami [34].

V oblasti pneumatickej manipulácie boli vyvinuté rýchle a citlivé systémy na prenášanie mechanických komponentov v rámci automatizovaných montážnych liniek, nafukovacie systémy na práškové a granulové materiály a na prenášanie potravinárskych výrobkov, napr. pečeneho tovaru [35]. Integrácia optických a pneumatických

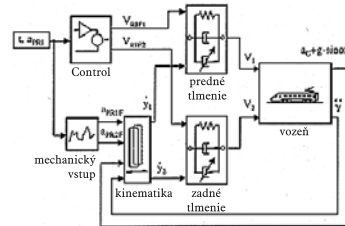
systémov zabezpečuje vhodnosť použitia v prostredí s rizikom výbuchu alebo s vysokou intenzitou elektromagnetického žiarenia [36]. V prostredí s nebezpečenstvom výbuchu možno použiť aj systémy, ktoré sú iskrovo bezpečné vďaka rozhraniu vyžadujúceho extrémne nízky elektrický prúd. Ďalšou, veľmi sľubnou je oblasť dopravných prostriedkov, kde pneumatika nadobúda najmä pri automobiloch, úžitkových automobiloch a koľajových vozidlách stále väčší význam a uplatnenie [37], [38]. Najmä v železničných systémoch tento záujem nie je daný len z hľadiska vertikálneho pruženia, ale tiež rozšírením na aktívne bočné pruženie pre vysokorýchlostné vlaky [39]. Bloková schéma skúšky pneumatického tlmenia je na obr. 18.

Ďalšou zaujímavou aplikáciou je fluidný katalytický konvertor (zmiešavač), ktorý zabezpečuje vyvážený výkon pri nízkom prietoku a nízkej teplote [40]. Spomenúť možno aj aplikáciu v obvodoch dodávky paliva, kde fluidný princíp a PWM ventily možno využiť na zníženie úniku znečisťujúcich látok a na zabezpečenie výkonnejšej dodávky paliva.

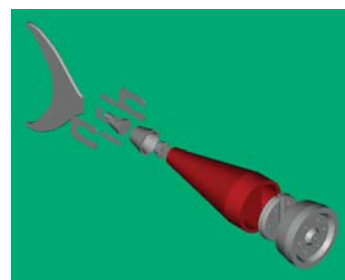
Pneumatiku možno v konečnom dôsledku aplikovať aj na ovládanie pružných plutiev v zdokonalených vysokoúčinných lodných pohonných systémoch (obr. 19).

Aplikácie pneumatiky v oblasti poľnohospodárstva siahajú od uchopovacích zariadení na ovocie a zeleninu a automatizovaných sejacích zariadení až po systémy na triedenie a dopravu produktov rozličných druhov. Vcelku zložitým problémom sa stal aj zber ovocia, ktoré možno veľmi ľahko poškodiť, ktoré má rôzny tvar a je rôzne rozmiestnené na poli v závislosti od termínu zberu.

Pri voľbe najlepšej konštrukcie na mechanizovaný zber napr. hrozna treba zohľadniť viaceré súvislosti a spoločne s týmto výberom riešiť aj ďalšie súčasti, napr. zberacie zariadenie, a to v súvislosti s ukladaním, dovoleným prítlakom, stupňami voľnosti, polohovaním jednotlivých súčastí, kontaktným povrchom, použitými materiálmi a pod. [41] – [43]. Na obr. 20 je zobrazený príklad zberacej jednotky pozostávajúcej z dýchadiel (na odstraňovanie listov z reznej zóny), nožníc (na odrezávanie ovocia), zásobníka – podnosu (na zachytávanie oddeleného ovocia).

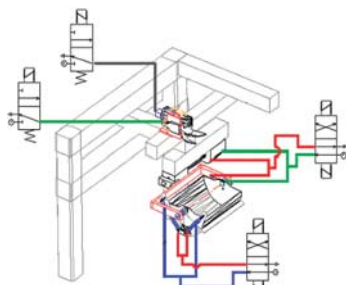


Obr.18 Testovacia schéma na pneumické tlmenie

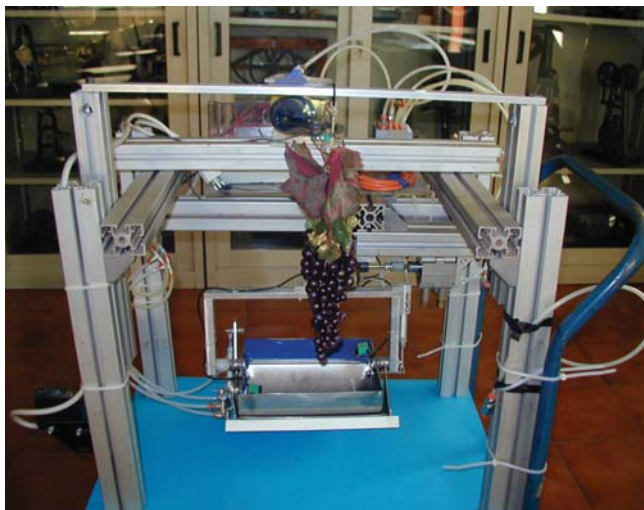


Obr.19 Prototyp pružnej pneumetickej plutvy

Preto musí byť zásobník zhotovený z materiálu prijateľného pre potraviny, musí mať nosnosť schopnú uniesť hmotnosť strapca hrozna, primeranú formu (tvar) zabraňujúcu pomliaždeniu ovocia, nízku hmotnosť na ľahkú manipuláciu, teda musí mať takú jednoduchosť, ktorá umožní takúto konštrukciu realizovať s prijateľnými finančnými investíciami. Po zvážení rôznych vyhotovení zásobníka sa ako výsledné a najlepšie riešenia javí toto: s upevnením zásobníka, rotáciou o 90° tak, že pri zberaní je zásobník v horizontálnej polohe a pri vykladaní ovocia vo vertikálnej; pevnými časťami; dvomi pneumaticky ovládanými západkami, zatvorenými počas zberu a otvorenými počas vykladania. Celý pohyb zabezpečujú pneumatické akčné členy, riadené elektropneumatickými ventilmi. Ďalší ventil je použitý na napájanie kompresora (obr. 20).



**Obr.20 Pneumatický okruh s elektropneumatickými ventilmi použitý na riadenie automatického cyklu zberu ovocia**



**Obr.21**

Všetky ventily sú ovládané povelmi z programovateľného logického automatu (PLC) (obr. 21), čo vytvára kompletný automatizovaný systém zberu. Spomenutý zachytávač bude umiestnený na článkovanom robotickom ramene, pohybujúcom sa so systémom na spracovanie obrazu.

Systémy na báze prúdiaceho vzduchu tvoria základ v textilnom priemysle, kde sa používajú na prepravu, výber a manipuláciu s niťami a vlákňami. Aplikácie v tejto oblasti sa rozvíjajú veľmi sľubne, a to vďaka všestrannosti väzieb medzi prúdmi vzduchu a textilnými produktmi.

Výrazný nárast aplikácií bol zaznamenaný aj v oblasti systémov na vysokorýchlostné polohovanie, či už ide o lineárne (pre posuny) alebo rotačné (pre vysokorýchlostné vretená) systémy. Ložiská so stlačeným vzduchom môžu preklenúť obmedzenia, ktoré sú badateľné pri guľôčkových ložiskách. V niektorých prípadoch sa predpokladá, že možno dosiahnuť rýchlosť otáčania až 80 000 – 100 000 rpm s výrazným zvýšením radiálneho výkonu. Tieto systémy môžu byť pasívne [44] alebo aktívne [45].

V oblasti merania prietokov možno očakávať aplikácie fluidných prietokomerov, ktoré budú kompaktné, jednoducho inštalovateľné, s vysokou presnosťou a spoľahlivosťou, a to najmä vďaka skutočnosti, že neobsahujú žiadne pohyblivé alebo deformovateľné časti. Takéto zariadenia budú tiež schopné prenášať referenčné údaje do vzdialených miest [46], [47].



**Obr.22 Prototyp prenosného objemového plne pneumatického respirátora**

V oblasti biomedicíny sa znovu začína venovať väčšia pozornosť pneumatickým a elektropneumatickým respirátorom so zabudovanými mikropneumatickými obvodmi [48] a PCM ventilmi.

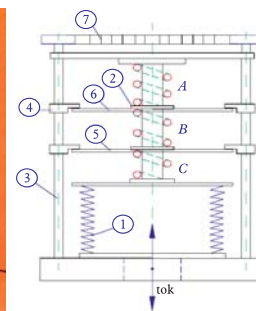
Na obr. 22 je zobrazený prenosný, plne pneumaticky ovládaný respirátor na záchranne činnosti. Prenosné bezpečnostné respirátory sú zariadenia na udržanie života používané v sanitkách, helikoptéroch a pod. na resuscitáciu obetí nehôd. Respirátor zobrazený na obr. 22 je systém s riadením dodávaného objemu podľa pacienta určený pre deti aj dospelých. Poskytuje tri alarmy (strata masky, maximálny tlak a spotreba plynovej tlakovej fľaše), parametre respirácie možno nastaviť v širokom rozsahu režimov. Takto možno regulovať respiráciu od 3 do 80 cyklov/min. a pomer I : E (čas vdychu/čas výdychu) od 1/5 po 2/1. Navyše rozsah prietoku možno regulovať podľa kalibračnej mierky tak, že pomer I : E sa môže meniť bez vplyvu na množstvo pritekajúceho vzduchu k pacientovi.

Na testovanie prototypov respirátorov treba používať mechanický alebo pneumatický model pacienta. Ak sa použijú pevné zásobníky, model by mal byť zostrojený s veľmi veľkým objemom (50 dm<sup>3</sup> pre model pľúcneho laloku dospelého človeka), aby sa dosiahli požadované parametre realizovaného modelu respiračného systému s vysokým stupňom presnosti, a to aj pri použití mimo laboratórneho prostredia [49], [50].

Na obr. 23a je zobrazený testovací model s premenlivým objemom. Ide o relatívne ľahké a kompaktné zariadenie, čo ho predurčuje vykonávať kontrolu mechanických respirátorov priamo na mieste. Zmena objemu sa pri tomto prototypu (obr. 23b) dosahuje pomocou zhodných gumových mechov (1), rozsah pohybu je obmedzený tromi vhodnými pružinami A – B – C, aby bolo možné simulovať objem pľúcneho laloku dospelého človeka, dieťaťa a dojčťa. Pružiny sú usporiadané do série a oddelené vhodnými rozperami (2). Voľba objemu sa dosahuje tromi hriadeľmi (3), z ktorých každý je vybavený dvomi zarážkami (4) umiestnenými na dvoch rôznych úrovniach a pootočených o 180°. Zarážky vďaka vhodnému riadeniu blokujú platničku (5) (objem 1 = dojčťa) alebo platničku (6) (objem 2 = dieťa). Ak sú uvoľnené obidve platničky (5) a (6), zvolený je objem 3 = dospelý. Rotačný pohyb (3)



a) prototyp testera prenosného ventilátora (okysličovača ?)



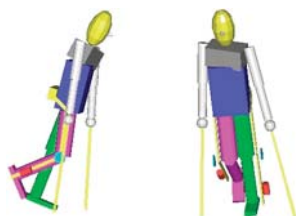
b) vnútorné usporiadanie prenosného testera

**Obr.23**

sa dosahuje pomocou elektrického motora. Pohon sa prenáša z jedného hriadeľa na ostatné ozubeným pásmom (7) a tromi remenicami. Pomocou špeciálne vyvinutého softvéru umiestneného v testeri možno ovládať výber objemu, reset snímača, viaceré nastavenia rôznych parametrov a experimentálnych testov. Celá jednotka je riadená z konzoly pozostávajúcej s podsvieteného displeja a klávesnice s dvadsiatimi tlačidlami. Pomocou klávesnice možno voliť rôzne typy testov, ktoré možno na zariadení realizovať (bežný, samoopakujúci sa, asistovaný, trendový test, test netesnosti/posunu) s odporom a objemom vzduchu zodpovedajúcim pre každý z uvedených troch prípadov (dospelý, dieťa, dojča).

Starnutie populácie v priemyselných krajinách a vzrastajúca pozornosť venovaná problematike rehabilitácie nás núti zaoberať sa úplne novou skupinou úloh. Medzi tie dôležité patrí potreba vyvinúť interaktívne asistenčné zariadenie pre starých a invalidných ľudí a na pomoc v práci pre tých, ktorí sa starajú o ľudí v núdzi. Schopnosť prispôsobenia pneumatických systémov z nich robí horúcich kandidátov na použitie v situáciách, kde je stále možnosť a potreba kontaktu s postihnutými pacientmi [51] – [54].

Pre invalidov bola tiež vyvinutá aktívna „kroková“ protéza, ktorej pohyb sa uskutočňuje prostredníctvom pneumatických akčných členov [55] (obr. 24).



Obr.24 Aktívna „kroková“ protéza

## Záver

Súčasný trendy smerujú k optimalizácii komponentov integrovaním nových materiálov a rôznych technológií, ako aj smerom k miniaturizácii, integrácii snímačov a riadenia a vývoju zlepšených akčných členov na špeciálne účely. Množstvo základných problémov naďalej zostáva otvorených a sú novými hranicami pneumatiky. Tieto otvorené otázky sa týkajú najmä trenia, problematiky napájania a životného prostredia a nových aplikácií. Najmä trenie je stále prekážkou pri vývoji komponentov s vysokou účinnosťou. Preto treba venovať úsilie na vysporiadanie sa s problémami tesnenia. Problémy spotreby energie zase smerujú k vývoju rozhraní s takmer nulovou spotrebou, zdrojov stlačeného vzduchu prispôsobujúcich sa pracovnému tlaku a nízkotlakové pneumatiky na upratovanie v domácnosti a bežné využitie. Riešenia zahŕňajúce problematiku životného prostredia a nebezpečenstvo elektromagnetického žiarenia môžu byť dobrými stimulmi pri vývoji optopneumatických systémov.

Pozornosť sa v konečnom dôsledku musí venovať vývoju flexibilných akčných členov s vysokým pomerom výkonu a hmotnosti v nových aplikáciách mimo priemyslu a v neštruktúrovanom prostredí (aplikácie v oblasti bioinžinierstva, zábavné parky, vysokovýkonné lodné pohony a pod.).

Z toho vyplýva, že pneumatika je živou, rastúcou technológiou vďaka pokračujúcemu prílevu zlepšených prvkov a silnému záberu do oblasti nových aplikácií, v ktorých sa nachádza množstvo významných podnetov na realizáciu ďalšieho výskumu a vývoja.

## Literatúra

(vybrané tituly)

- [32] MATTIAZZO, G., MAURO, S., RAPARELLI, T., VELARDOCCIA, M.: A fuzzy controlled pneumatic gripper for asparagus harvesting, Intelligent Components and Instruments Control Application SICICA 94, June 1994, Budapest, pp. 131 – 136.
- [33] FERRARESI, C., MANUELLO BERTETTO, A.: Self-adaptive three-fingered robot hand with tactile sensors. 4<sup>th</sup> Symposi-

um on Measurement and Control in Robotics ISMCR 95, Smolenice, June 1995, pp. 275 – 280.

[34] MATTIAZZO, G., RAPARELLI, T.: Mechanical Design of a 6 d. o. f. Pneumatic Telemanipulator. ISMCR 95, Smolenice, June 1995, pp. 225 – 230.

[35] BELFORTE, G., BELLOSTA, F., D'ALFIO, N., RAPARELLI, T.: A sensorized system for delicate piece selection, handling and packaging. Robotics and factories of the future 87, San Diego, July 1987, pp. 483 – 488.

[36] FREUND, J., TOFFER, H.: Leistungsarme, intelligente und buskocompatible stelleimichkugeln für fluide im Ex-Bereich. 1st Int. Fluid Power Conference, Aachen, March 1998.

[37] FUJITA, T., OKUMURA, H., KAGAWA, T.: Effect of connecting conduit on characteristics of air spring with subtank. Flucome 97, Hayama, September 1997, pp. 433.

[38] SORLI, M., QUAGLIA, G.: Analysis of vehicular air suspension. 4th JHPS, Tokyo, November 1999, pp. 389 – 394.

[39] SORLI, M., FRANCO, W., MAURO, S., QUAGLIA, G., GIUZIO, R., VERNILLO, G.: Features of the lateral active pneumatic suspensions in the ETR 470 high speed train. Mechatronics 98, September 1998, pp. 621 – 626.

[40] TESAR, V.: Axisymmetric fluidic valves for use in automobile exhaust gas aftertreatment. Flucome 97, Hayama, September 1997, pp. 529.

[41] KONDO, N., MONTA, M., FUJIURA, T.: Robotics for bio-production system. ASAE-Monograph, Ed. AL., 1997, pp. 2 – 9.

[42] BELFORTE, G., EULA, G., NIEDDU, F., RAPARELLI, T., TURCO, G.: Automatic Fruit Harvesting Devices. XXX CIOSTACIGR V Conf. on Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems, Turin, 2003, pp. 347 – 356.

[43] BELFORTE, G., EULA, G., RAPARELLI, T., TURCO, G.: Automatic table grape and kiwifruit harvester. IMG04, Genoa (Italy) July 2004 (in press).

[44] BELFORTE, G., RAPARELLI, T., VIKTOROV, V.: Theoretical investigation of fluid inertia effects and stability on self-acting gas journal bearing. Journal of Tribology, vol. 121, October 1999, pp. 836 – 843.

[45] BELFORTE, G., RAPARELLI, T.: Development of a new actively compensated pneumatic journal bearing. 4<sup>th</sup> Scandinavian Int.Conference, Tampere, September 1995, pp. 493 – 503.

[46] BELFORTE, G., CARELLO, M., EULA, G., PASTORELLI, S.: Development of a new feed-back fluidic flowmeter with hot wire sensor. Flucome 97, Hayama, September 1997, pp. 151 – 155.

[47] SATO, S., OKADA, S., SATO, T.: Development of a fluidic gas meter for domestic use. Flucome 97, Hayama, September 1997, pp. 139.

[48] BELFORTE, G., RAPARELLI, T., EULA, G.: Pneumatic control of a portable artificial respirator. IFToMM Symposium on Theory of Machines and Mechanisms, Nagoya, September 1992, pp. 413 – 417.

[49] BELFORTE, G., EULA, G., RAPARELLI, T.: A tester for artificial respirators. MEASUREMENT – Journal of International Measurement Confederation – IMEKO, 27 – 200, Measurement 27, 2000, 241 – 250.

- [50] BELFORTE, G., EULA, G., RAPARELLI, T.: Mechanical ventilators and ventilator testers. Conference on Mechanics and Sport, Tarvisio (UD), January 2003.
- [51] KITAGAWA, A., SANADA, K.: New applications of fluid power to human-machine cooperative systems. 4<sup>th</sup> JHPS, Tokyo, November 1999, pp. 157 – 162.
- [52] HAYAKAWA, Y., YAMAMOTO, T., ISEKI, N., AMANO, Y., PANDIAN, S. R., KAWAMURA, S.: Development of an autonomous transfer machine using pneumatic actuators. 4<sup>th</sup> JHPS, Tokyo, November 1999, pp.169 – 174.
- [53] SANADA, K.: A study control techniques for powerassisted chair. 4<sup>th</sup> JHPS, Tokyo, November 1999, pp. 175 – 180.
- [54] NORITSUGU, T.: Pneumatic soft actuator for a humanfriendly actuation system. 4<sup>th</sup> JHPS, Tokyo, November 1999, pp. 605 – 610.
- [55] BELFORTE, G., GASTALDI, L., SORLI, M., MANUELLO BERTETTO, A., MAZZEO, A.: Active orthosis: experiments with a healthy subject. 8<sup>th</sup> Int. Workshop on Robotics RAAD 99, München, June 1999, pp. 317 – 322.

**prof. Guido Belforte**  
**Ing. Gabriella Eula**

**Department of Mechanics**  
**Politecnico di Torino – Technical University**  
**Corso Duca degli Abruzzi 24**  
**10129 Torino, Italy**  
**e-mail: [gabriella.eula@polito.it](mailto:gabriella.eula@polito.it)**