

DOKUMENTACIJA TEHNIČKOG REŠENJA

“ATP DAMPER ZA MERENJE PROTOKA VAZDUHA”

Autori tehničkog rešenja:

- dr Siniša Bikić, docent, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu;
- dr Dušan Uzelac, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu;
- dr Maša Bukurov, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu;
- mr Bogoljub Todorović, asistent, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu;
- MSc Bojan Marković, asistent, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu;
- dr Ivan Pavkov, docent, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu i
- dr Milivoj Radojčin, docent, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu.

Naručilac tehničkog rešenja:

Dutch Environment Corporation BV
Ir. Hanlostraat 18 – 22/7547
RD Enschede
Netherlands

Korisnik tehničkog rešenja:

Dutch Environment Corporation BV
Ir. Hanlostraat 18 – 22/7547
RD Enschede
Netherlands

Godina kada je tehničko rešenje urađeno:

2013

Oblast tehnike na koju se tehničko rešenje odnosi:

Mašinstvo/Energetika i procesna tehnika

Podaci o projektu u okviru koga je realizovano tehničko rešenje:

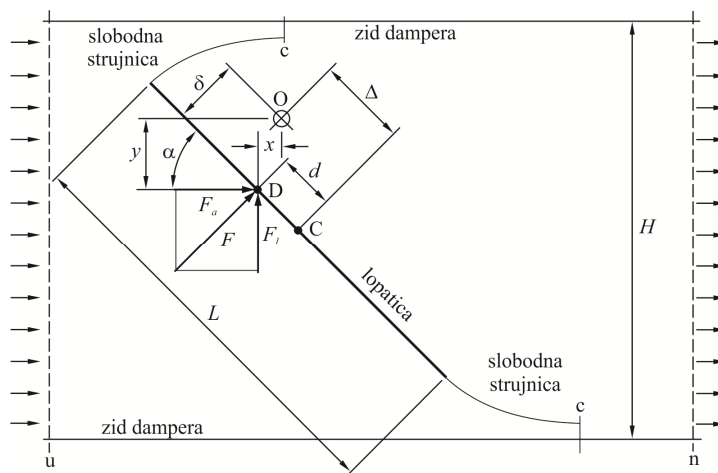
- program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2010-2015;
- rukovodilac projekta: dr Mirko Babić, redovni profesor;
- naziv projekta: Sušenje voća i povrća iz integralne i organske proizvodnje kombinovanom tehnologijom i
- oznaka projekta: TR 31058.

1. Stanje rešenosti problema u svetu – prikaz i analiza postojećih rešenja

Za potrebe merenja protoka vazduha u HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) sistemima razvijeno je na desetine metoda, gde svaka ima svoje prednosti i nedostatke, pa ne može da se govori o najboljoj metodi za merenje protoka vazduha. Usled toga dolazi do stalnog razvoja novih i unapređenja postojećih metoda za merenje protoka vazduha u HVAC sistemima. Jedan od najvećih problema pri merenju protoka vazduha u HVAC sistemima je merenje protoka vazduha sa brzinama strujanja ispod 4 m/s. Ovako male vrednosti brzina strujanja većina postojećih metoda ili ne mogu da izmere ili mere sa velikom nesigurnošću (Schroeder et al., 2004).

Ideja da se formira ATP (Air Torque Position) damper potekla je od stalne težnje naučnika u prošlosti da predvide momentnu karakteristiku leptirastih ventila. Sarpkaja (Sarpkaya, 1959, 1961) je uz pretpostavku nevtložnog i nestišljivog strujanja fluida, razvio teorijski model koji se pokazao kao veoma tačan u predviđanju momentne karakteristike leptirastog ventila sa tankim zidom. Ogawa i dr. (Ogawa et al., 1995) analizirali su momentnu karakteristiku leptirastog ventila kombinujući teoriju slobodnog strujanja i eksperimente. Autori su došli do jednačina koje predviđaju momentnu karakteristiku leptirastog ventila koje su korigovane uzimanjem u obzir uticaja zidova cevi i debljine leptira. Hazenflug (Hasennpflug, 1998) je redefinisao Sarpkajin model koristeći teoriju slobodne strujnice, gde je vizuelno prikazao nekoliko rešenja potencijalnog strujanja vazduha kroz leptirasti zatvarač. Model momentne karakteristike leptirastog zatvarača koji uzima u obzir stišljivost fluida razvili su Moris i dr. (Morris et al., 1989).

Federšpil (Federspiel, 2004a, 2004b) je prilagodio model momentne karakteristike leptirastog ventila koji je predložio Hazenflug (Hasennpflug, 1998) za jednu lopaticu regulacionog dampera kvadratnog preseka, *slika 1*. Pri opstrujavanju lopatice vazduh deluje na lopaticu aerodinamičkim silama. Veličine aerodinamičkih sila zavise od geometrije i orijentacije lopatice. Aerodinamičke sile proizvode aerodinamički moment M na lopatici koji je u vezi sa brzinom strujanja v ispred lopatice i položajem lopatice α .



Slika 1. Šematski prikaz lopatice ATP dampera (c – kontrakcija vazdušne struje, u – uzvodno, n – nizvodno, H – visina dampera, L – dužina lopatice, D – napadna tačka sile, C – centar lopatice, O – osa obrtanja, x – krak sile F_1 u odnosu na osu obrtanja O, y – krak sile F_a u odnosu na osu obrtanja O, Δ – rastojanje od ose obrtanja O do centra lopatice C u pravcu lopatice, δ – rastojanje od ose obrtanja O do centra lopatice C u pravcu normalnom na pravac lopatice, F – sila vazdušne struje, α – napadni ugao lopatice)

Za sva tri položaja dampera na sistemu: damper sa pravom cevnom deonicom ispred i iza sebe, damper na ulazu u cevovod sa pravom deonicom iza sebe i damper na izlazu iz cevovoda sa pravom deonicom ispred sebe, Federšpil (Federspiel, 2004a) je primenom Bernulijeve jednačine, jednačine o promeni količine

kretanja i jednačine kontinuiteta došao do jednačine pogodno za određivanje brzine strujanja vazduha ATP damperom:

$$v^2 = G^2(\alpha) \frac{2M}{\rho A_u D_h}, \quad (1)$$

gde su:

- v – brzina strujanja vazduha [m/s];
- M – moment kojim vazдушna struja deluje na lopaticu [Nm];
- $G(\alpha)$ – korelacijska funkcija [-];
- ρ – gustina vazduha [kg/m^3];
- A_u – površina poprečnog preseka ispred ATP dampera [m^2] i
- D_h – hidraulički prečnik ispred dampera [m].

Korelacijska funkcija je veličina koja isključivo zavisi od napadnog ugla lopatice:

$$G(\alpha) = \left(\frac{D_h}{\frac{y}{C_{Q,a}^2} + \frac{x}{C_{Q,l}^2 \cdot \tan \alpha}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

gde su:

- x – krak sile F_l u odnosu na osu obrtanja O dampera [m];
- y – krak sile F_a u odnosu na osu obrtanja O dampera [m];
- $C_{Q,a}$ – koeficijent protoka definisan za aksijalni pravac strujanja kroz ATP damper [-];
- $C_{Q,l}$ – koeficijent protoka definisan za pravac normalan na aksijalni pravac strujanja kroz ATP damper [-] i
- α – napadni ugao lopatice [$^\circ$].

Radi se o poluempirijskom matematičkom modelu jer koeficijenti protoka $C_{Q,a}$ i $C_{Q,l}$ moraju da se odrede eksperimentalnim putem. Zapreminski protok vazduha dobija se kao proizvod izmerene brzine strujanja vazduha v i površine poprečnog preseka A_u ispred ATP dampera:

$$Q = v \cdot A_u. \quad (3)$$

Matematički model koji je razvio Federšpil mogao bi da ima univerzalni karakter i da se koristi za različite preseke, oblike lopatica, broj lopatica i način vođenja lopatica. Međutim, autor je ispitivanje metode i verifikaciju matematičkog modela uradio samo za ATP damper sledećih karakteristika:

- kvadratnog preseka 0,61 m x 0,61 m;
- koji ispred sebe nema pravu deonicu (ugrađen na ulazu u cevovod);
- u vidu rešetke, sa četiri lopatice;
- sa jednim tipom ravne lopatice i
- sa suprotnosmernim vođenjem lopatica.

Federšpil je praktično dao tehničko rešenje za ATP damper čije lopatice formiraju rešetku i za dato tehničko rešenje verifikovao matematički model (1). Ustanovio je da je ATP damper merilo zapreminskog protoka vazduha kod koga je razlika izmerene i modelske brzine u granicama $\pm 10\%$ od trenutno izmerene vrednosti brzine strujanja ili $\pm 5\%$ od pune merne skale brzine (uzimao je širu granicu).

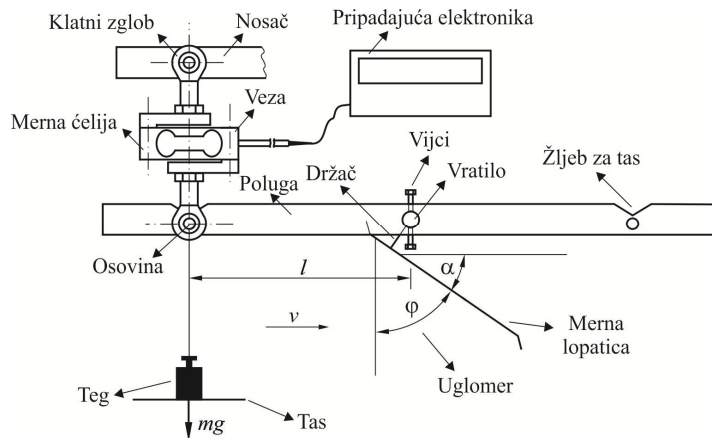
2. Primena tehničkog rešenja

Veoma često na HVAC sistemima postoji zahtev da se meri protok vazduha pri malim vrednostima brzine strujanja vazduha, koji se u većini slučajeva ne rešava samo mernim uređajima koji mogu da mere sa zadovoljavajućom nesigurnošću male vrednosti brzine strujanja vazduha. Često se još u fazi projektovanja ili pri rekonstrukciji HVAC sistema izbegava merenje malih vrednosti brzina strujanja. Suština je da se lokalno ubrzava vazдушna struja kako bi se izmerila brzina, tj protok vazduha (Felker, 2002), (Fisk at el, 2005, 2006), (Schroeder at el., 2000).

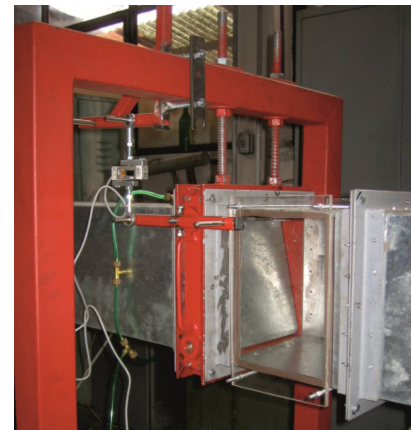
Za potrebe regulacije protoka vazduha na HVAC sistemima najviše se koriste dampri za regulaciju protoka vazduha čije lopatice ne formiraju rešetku (broj lopatica manji od tri). Malim izmenama konstrukcije u odnosu na postojeće regulacione dampere čije lopatice ne formiraju rešetku: izmeštanjem ose obrtanja iz centra lopatice, postavljanjem merila momenta i merila ugla nagiba lopatice i kalibrisanjem predloženog matematičkog modela, dobija se ATP damper čije lopatice ne formiraju rešetku. U nastavku je opisano razvijeno tehničko rešenje ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku koji sa zadovoljavajućom nesigurnošću meri protok vazduha pri malim vrednostima brzina strujanja.

3. Objašnjenje suštine i detaljan opis tehničkog rešenja

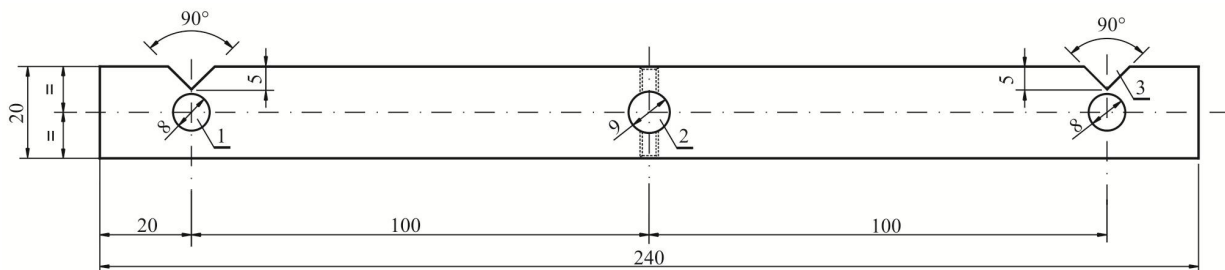
Na *slici 2* dat je šematski prikaz, dok je na *slici 3* dat izgled tehničkog rešenja ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku. Merna lopatica je nosačem u vidu šelni čvrsto vezana za vratilo. Vratilo je pomoću dva vijka čvrsto vezano za polugu, *slika 4*. Čelija za merenje mase opsega od 0 do 3 kg je preko veze i klatnih zglobova postavljena na osovinice koje se nalaze na poluzi i nosaču. Čelija za merenje mase povezana je na pripadajuću elektroniku. Ugao nagiba merne lopatice definiše se pomoću formiranog uglomera.



Slika 2. Šematski prikaz tehničkog rešenja ATP dampera



Slika 3. Laboratorijski prototip tehničkog rešenja ATP dampera



Slika 4. Dimenzije merne poluge ATP dampera

Usled čvrste veze između merne lopatice i vratila moment kojim vazдушna struja deluje na mernu lopaticu teži da uvije vratilo. Kako je vratilo čvrsto vezano za polugu ne dolazi do uvijanja vratila, već se moment vazdušne struje prenosi na polugu koja isteže senzor za merenje mase. Izmerena masa je mera momenta vazdušne struje.

Za potrebe razvoja tehničkog rešenja formiran je laboratorijski prototip ATP dampera, kvadratnog poprečnog preseka 0,25 x 0,25 m sa dve lopatice, gde je jedna lopatica merna, dok je druga lopatica ukočena u horizontalnom položaju, *slika 5*.

Izmereni moment ATP dampera glasi:

$$M_m = mgl, \quad (4)$$

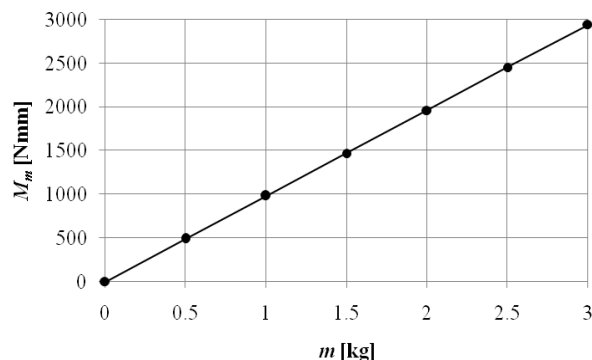
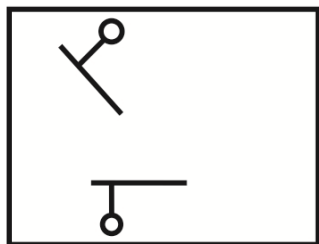
gde su:

M_m – izmereni moment ATP dampera [Nm];

m - masa izmerena na senzoru mase [kg];

g - gravitaciono ubrzanje [m/s^2] i

l - dužina kraka merne poluge [m].



Slika 5. ATP damper čije lopatice ne formiraju rešetku (merna i lopatica fiksirana u horizontalnom položaju)

Slika 6. Linearna karakteristika merila momenta

Pošto ćelija za merenje mase ima linearnu karakteristiku, i merilo momenta ima linearnu karakteristiku, *slika 6*. Ideja je da se što veći moment vazdušne struje prenese sa lopatice na merilo momenta. U prenosu deo momenta se potroši (savijanje lopatice, otpori u ležajevima i mehanizmu prenosa). Usled toga formiran je korekcionni faktor momenta:

$$\gamma = \frac{M}{M_m}, \quad (5)$$

gde je M – moment kojim vazдушna struja deluje na lopaticu dobijen pomoću kontrolnih tegova.

Moment kojim vazдушna struja deluje na lopaticu M dobija se kada se izmereni moment M_m pomnoži sa korekcionim faktorom γ . Da bi se povećao moment kojim vazдушna struja deluje na lopaticu, a samim tim povećala osetljivost mernog uređaja, osa obrtanja lopatice O pomerena je iz centra lopatice C (u pravcu lopatice za $\Delta=105$ mm i u pravcu normalnom na pravac lopatice za $\delta=20$ mm). Za lopaticu sa ovako izmeštenom osom obrtanja formiran je uglomer koji meri ugao nagiba lopatice α u odnosu na horizontalu, *slika 7*. Rotacioni potencijometar mernog opsega od 0 do 10 k Ω kalibrisan je prema formiranom uglomeru, gde se dobija približno linearna karakteristika (zavisnost električne otpornosti R i ugla nagiba lopatice α), *slika 8*.

Kod ATP dampera pod dejstvom sile težine merne lopatice i nosača merne lopatice nastaje nekoristan i nepoželjan moment, “mrtvi” moment (*slika 9*), koji se definiše kao:

$$M_d = g\delta \left[m_1 \left(1 - \frac{\Delta}{\delta} \operatorname{ctg} \alpha \right) + \frac{m_2}{2} \right] \sin \alpha, \quad (5)$$

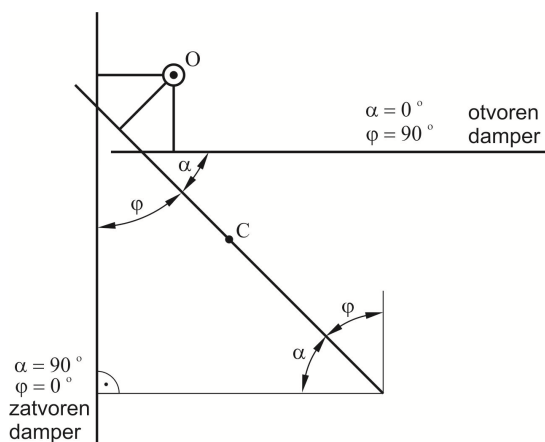
gde su:

m_1 – masa lopatice [kg] i

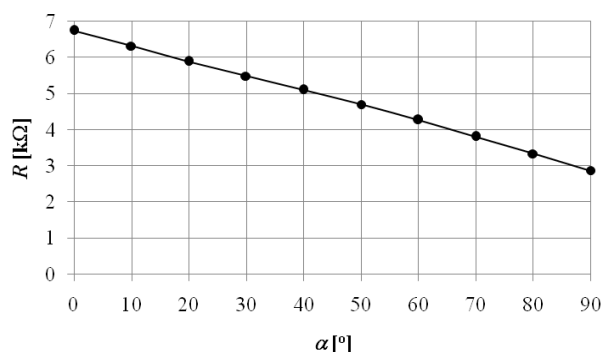
m_2 – masa nosača lopatice [kg].

Kao nekoristan ovaj moment se tarira na vagarskoj elektronici, a nepoželjan je iz dva razloga:

- opterećuje vratilo i ležajeve čime se povećava moment trenja, pa se smanjuje moment vazdušne struje koji se sa lopatice prenosi na merilo momenta i
- povećava opseg merenja momenta i zauzima veći deo mernog opsega, što smanjuje tačnost merenja momenta kojim vazdušna struja deluje na lopaticu.



Slika 7. Uglomer formiran za definisanje položaja merne lopatice ATP dampera

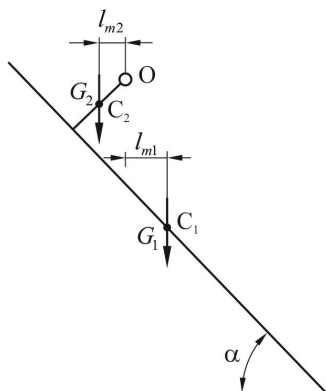


Slika 8. Kalibraciona kriva rotacionog potencijometra

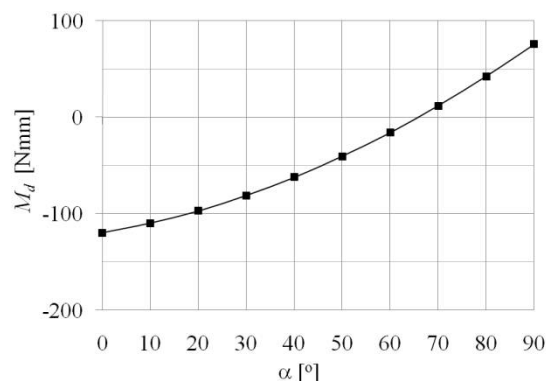
Mrtvi moment je smanjen izborom male mase lima od kojih su napravljene merne lopatice. Korišćen je čelični lim debljine $W=0,75$ mm. Usled male čvrstoće lopatice može da dođe do savijanja lopatice pod dejstvom vazdušne struje, pri čemu se deo momenta koji deluje na lopaticu troši na savijanje lopatice. Savijanje lopatice je smanjeno na najmanju moguću meru postavljanjem dva ojačanja od čeličnog lima širine 10 mm i debljine 2 mm sa obe strane uzdužne ose lopatice.

Pri vertikalnom položaju lopatica ($\alpha=90^\circ$) postoji bočni zazor od 1 mm između kućišta i lopatica koji je neophodan za dovođenje lopatica u željeni položaj. Dužina lopatica ATP dampera je $L=124$ mm, dok je širina lopatica $B=248$ mm.

Vrednost “mrtvog” momenta lopatice razmatranog ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku date su na *slici 10*.



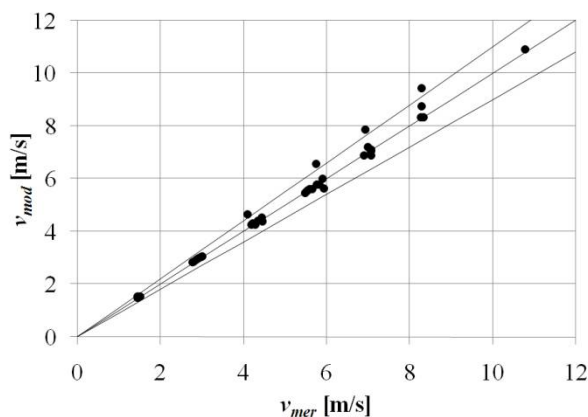
Slika 9. Sile težine merne lopatice G_1 i nosača merne lopatice G_2



Slika 10. Vrednosti “mrtvog” momenta laboratorijskog prototipa ATP dampera

4. Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem i verifikacija tehničkog rešenja

Verifikacija matematičkog modela predloženog ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku, a samim tim i verifikacija predloženog tehničkog rešenja urađena je pomoću dva nezavisna niza izmerenih podataka, gde je brzina strujanja vazduha neposredno ispred dampera bila u opsegu od 0 do 10 m/s. Prvi niz podataka korišćen je za kalibraciju matematičkog modela (1), dok je drugi niz podataka korišćen za verifikaciju kalibrisanog matematičkog modela (v_{mer} – izmerena brzina strujanja i v_{mod} – brzina strujanja dobijena iz matematičkog modela). Verifikacija tehničkog rešenja urađena je za ATP damper ispred i iza koga se nalazi prava deonica cevovoda. Rezultati verifikacije tehničkog rešenja prikazani su na slici 11 (Bikić, 2013).



Slika 11. Rezultati verifikacije tehničkog rešenja

Dobijena je relativna razlika izmerene v_{mer} i modelske brzine v_{mod} u granicama $\pm 10\%$ od trenutno izmerene vrednosti brzine strujanja. Svega par tačaka nalazi se izvan utvrđenih granica. Radi se o mernim tačkama za slučaj kada je damper skroz otvoren $\alpha = 0^\circ$, pri čemu je moment kojim vazdušna struja deluje na mernu lopaticu veoma mali (uglavnom potiče od dejstva vazduha na nosač lopatice).

Dobijena je ista relativna razlika izmerene i modelske brzine strujanja koju je Federšpil (Federspiel, 2004a, 2004b) dobio za ATP damper čije lopatice formiraju rešetku, a koji se nalazi na ulazu u cevovod. Na ovaj način je verifikovan matematički model ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku, te je ujedno i dat doprinos potvrdi univerzalnosti predloženog matematičkog modela ATP dampera.

Naravno reč je o širokoj granici relativne razlike izmerene i modelske brzine strujanja vazduha koja se odnosi za ceo opseg merenja ugla nagiba lopatice α (od 0 do 90 °). ATP damper bi trebalo da se koristi tako da se prvo podesiti jedan, fiksni ugao nagiba merne lopatice pri kom se meri brzina strujanja vazduha. Ugao nagiba lopatice bira se tako da se brzina strujanja meri sa što manjom nesigurnošću merenja.

Brzina strujanja vazduha merena ATP damperom kreće se u sledećim granicama:

$$v = \bar{v} \pm (|C_v| + |E_v|) = \bar{v} \pm U_v \rightarrow P, \quad (6)$$

gde su:

$\bar{v}$ – aritmetička sredina niza pri istim uslovima ponovljenih merenja brzine strujanja vazduha [m/s];
 C_v – nepouzdanost merenja brzine strujanja vazduha [m/s];
 E_v – sistematska greška merenja brzine strujanja vazduha [m/s];
 U_v – nesigurnost merenja brzine strujanja vazduha [m/s] i
 P – statistička sigurnost merenja [m/s].

Aritmetička sredina niza pri istim uslovima ponovljenih merenja brzine strujanja vazduha glasi:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad (7)$$

gde su:

v_i – brzina strujanja vazduha pri i-tom merenju [m/s] i
 n – broj merenja pri istim uslovima [-].

Nepouzdanost merenja brzine strujanja vazduha računa se prema obrascu:

$$C_v = \frac{z \cdot s_v}{\sqrt{n}} = \frac{z}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial M}\right)^2 s_M^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial \alpha}\right)^2 s_\alpha^2}, \quad (8)$$

gde su:

z – višekratnik standardnog odstupanja [-];
 s_v – standardno odstupanje merenja brzine strujanja vazduha [m/s];
 s_M – standardno odstupanje merenja momenta [m/s] i
 s_α – standardno odstupanje merenja napadnog ugla [m/s].

Parcijalni izvodi brzine strujanja vazduha po momentu i napadnom uglu lopatice (jednačina 1) su:

$$\frac{\partial v}{\partial M} = \frac{G(\alpha)}{(2 \cdot M \rho A_u D_h)^{1/2}}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \alpha} = \frac{\partial G(\alpha)}{\partial \alpha} \cdot \left(\frac{2 \cdot M}{\rho A_u D_h}\right)^{1/2}. \quad (10)$$

Relativna sistematska greška glasi:

$$\varepsilon(E_v) = \frac{|\Delta v|}{v} = \frac{|\Delta G(\alpha)|}{\alpha} + 2 \cdot \frac{|\Delta M|}{M}, \quad (11)$$

gde su:

- Δv – sistematska greška merenja brzine strujanja vazduha [m/s];
 $\Delta G(\alpha)$ – sistematska greška određivanja korelacijske funkcije [°] i
 ΔM – sistematska greška merenja momenta [M].

Relativna nesigurnost merenja brzine strujanja vazduha ATP damperom dobija se iz jednačine:

$$u_v = \frac{U_v}{v}. \quad (12)$$

U *tabeli 1* prikazani su rezultati određivanja nesigurnosti merenja brzine strujanja vazduha ATP damperom čije lopatice ne formiraju rešetku, gde je jedna lopatica merna, dok je druga lopatica fiksirana u horizontalnom položaju (Bikić, 2013). Može da se uoči da ATP damperom mogu da se mere male vrednosti brzina strujanja vazduha malim vrednostima nesigurnosti. Npr. za slučaj kada je napadni ugao merne lopatice $\alpha=90^\circ$ (lopatica u vertikalnom položaju) tada je merna nesigurnost ATP dampera pri brzini strujanja od 2,8 m/s +/- 1,64 %.

Tabela 1. Nesigurnost merenja brzine strujanja predloženim ATP damperom

v [m/s]	1,4				2,8			
α [°]	0	30	60	90	0	30	60	90
s_v [m/s]	0,118	0,242	0,052	0,058	0,210	0,085	0,035	0,015
C_v [m/s]	0,011	0,016	0,003	0,004	0,016	0,015	0,004	0,001
U_v [m/s]	13,7	2,512	0,251	0,216	13,5	0,293	0,078	0,046
u_v [%]	980,4	179,4	17,97	15,45	481,3	10,48	2,80	1,64

Na ovaj način je verifikovano tehničko rešenje ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku. Potvrđeno je da se radi o mernom uređaju koji može da registruje male vrednosti brzina strujanja vazduha prihvatljivim vrednostima merne nesigurnosti.

5. Literatura

- Schroeder, C., Krarti, M., Brandemuehl, M., (2000). Error Analysis of Measurement and Control Techniques of Outside Air Intakes Rates in VAV Systems, ASHRAE Transactions, Vol. 106, No. 2, pp. 26 – 27, ISSN 0001 - 2505.
- Sarpkaya, T., (1959). Oblique impact of a bounded stream on a plane lamina, Journal of the Franklin Institute, Vol. 267, No. 3, pp. 229 – 242, ISSN 0016 - 0032.
- Sarpkaya, T., (1961). Torque and cavitation characteristics of butterfly valves, Journal of Applied Mechanics, Vol. 28, No. 4, pp. 511 – 518, ISSN 0021 – 8936.
- Ogawa, K., Kimura, T., (1995). Hydrodynamic characteristics of a butterfly valve - Prediction of torque characteristics, ISA Transactions, Vol. 34, No. 4, pp. 327 – 333, ISSN 0019 - 0578.
- Hassenpflug, W. C., (1998). Free Streamlines, Computers and Mathematics with applications, Vol. 36, No. 1, pp. 69 - 129, ISSN 0898 - 1221.
- Morris, M.J., Dutton, J.C., (1989). Aerodynamic torque characteristics of butterfly valves in compressible flow, Journal of Fluid Engineering, Vol. 11, No.1, pp. 392 – 399, ISSN 0098-2202.
- Federspiel, C., (2004a). Using the Torque Characteristics of Dampers to Measure Airflow Part I: Analysis and Testing, HVAC&R Research, Vol. 10, No. 1, pp. 53 – 64, ISSN 1078 - 9669.
- Federspiel, C., (2004b). Using the Torque Characteristics of Dampers to Measure Airflow, Part II: Model Development and Validation, HVAC&R Research, Vol. 10, No. 1, pp. 65 – 72, ISSN 1078 - 9669.

Felker, L., (2002). Minimum outside air damper, ASHRAE Journal, Vol. 4, No. 4, pp. 30 – 36, ISSN 0001 – 2491.

Fisk, W. J., Faulkner, D., Sullivan, D.P., (2005). Technologies for Measuring Flow Rates of Outdoor Air in HVAC Systems: Some Causes and Suggested Cures for Measurement Errors, ASHRAE Transactions, Vol. 111, No. 2, pp. 456 – 463, ISSN 0001 - 2505.

Fisk, W. J., Faulkner, D., Sullivan, D.P., (2006). Measuring of OA Intake Rates, ASHRAE Journal, Vol. 48, No. 8, pp. 50 – 57, ISSN 0001 – 2491.

Bikić, S., (2013). Razvoj metode merenja protoka vazduha pomoću regulacione žaluzine, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.



Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централна: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeans@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____

Ваш број: _____

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 5. редовној седници одржаној дана 25.11.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 17.2.2: У циљу верификације новог техничког решења предлажу се рецензенти:

- Др Живан Спасић, доцент, Машински факултет у Нишу
- Др Милан Рацков, доцент, Факултет техничких наука у Новом Саду

АТП ДАМПЕР ЗА МЕРЕЊЕ БРЗИНЕ СТРУЈАЊА ВАЗДУХА

Аутори: Синиша Бикић, Душан Узелац, Маша Букуров, Богољуб Тодоровић, Бојан Марковић, Ивана Павков и Миливој Радојчин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки

Recenzija tehničkog rešenja

Podaci o tehničkom rešenju:

Naziv tehničkog rešenja:	ATP damper za merenje protoka vazduha
Autori tehničkog rešenja:	Siniša Bikić, Dušan Uzelac, Maša Bukurov, Bogoljub Todorović, Bojan Marković, Ivan Pavkov i Milivoj Radojčin
Realizatori:	Fakultet tehničkih nauka i Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu
Projekat na kojem je razvijeno tehničko rešenje:	Sušenje voća i povrća iz integralne i organske proizvodnje kombinovanom tehnologijom (TR 31058)
Oblast na koju se odnosi:	Mašinstvo/Energetika i procesna tehnika
Korisnici:	Dutch Environment Corporation BV Ir. Hanlostraat 18 – 22/7547, RD Enschede, Netherlands
Kategorija tehničkog rešenja:	Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi (M85)

Podaci o recenzentu:

Ime, prezime i zvanje:	Dr Milan Rackov, docent
Uža naučna oblast za koju je izabran u zvanje, datum izbora u zvanje i naziv fakulteta:	Mašinski elementi, mehanizmi, grafičke komunikacije i dizajn, 23.10.2013., Fakultet tehničkih nauka
Ustanova gde je zaposlen:	Fakultet tehničkih nauka

Stručno mišljenje recenzenta:

Rezultat naučno-istraživačkog rada "ATP damper za merenje protoka vazduha" ispunjava uslove za priznanje svojstva tehničkog rešenja i to kao **novi merni instrument (M85)**, sve u smislu odredbi koje se odnose na tehnička rešenja u Pravilniku koji je 21.03.2008. godine doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Obrazloženje tehničkog rešenja:

Jedan od najvećih problema pri merenju protoka vazduha u HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) sistemima je merenje protoka vazduha sa brzinama strujanja ispod 4 m/s. Ovako male vrednosti brzina strujanja većina postojećih metoda ili ne mogu da izmere ili mere sa velikom nesigurnošću.

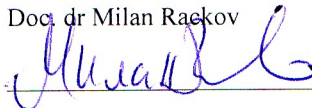
Razvijeno je tehničko rešenje ATP dampera čije lopatice ne formiraju rešetku koji sa zadovoljavajućom nesigurnošću meri protok vazduha pri malim vrednostima brzina strujanja.

Tehničko rešenje je verifikovano primenom eksperimentalne metode na oformljenom postrojenju za ispitivanje ATP dampera u okviru Laboratorije za mehaniku fluida, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Ilustracije radi za damper sa dve lopatice (merna i lopatica fiksirana u horizontalnom položaju) kada je merna lopatica u vertikalnom položaju (ugao nagiba lopatice $\alpha=90^\circ$) merna nesigurnost ATP je $\pm 1,64\%$ pri brzini strujanja vazduha od 2,8 m/s.

Kao rezultat razvoja tehničkog rešenja proizašao je veći broj naučnih radova, a tehničko rešenje prihvatio je gore pomenuti korisnik.

U Novom Sadu
18.12.2015.

Recenzent,
Doc. dr Milan Rackov



Recenzija tehničkog rešenja

Podaci o tehničkom rešenju:

Naziv tehničkog rešenja:	ATP damper za merenje protoka vazduha
Autori tehničkog rešenja:	Siniša Bikić, Dušan Uzelac, Maša Bukurov, Bogoljub Todorović, Bojan Marković, Ivan Pavkov i Milivoj Radojčin
Realizatori:	Fakultet tehničkih nauka i Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu
Projekat na kojem je razvijeno tehničko rešenje:	„Sušenje voća i povrća iz integralne i organske proizvodnje kombinovanom tehnologijom“ (TR 31058)
Oblast na koju se odnosi:	Mašinstvo/Energetika i procesna tehnika
Korisnici:	Dutch Environment Corporation BV Ir. Hanlostraat 18 – 22/7547, RD Enschede, Netherlands
Kategorija tehničkog rešenja:	Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi (M85)

Podaci o recenzentu:

Ime, prezime i zvanje:	Dr Živan Spasić, docent
Uža naučna oblast za koju je izabran u zvanje, datum izbora u zvanje i naziv fakulteta:	Teorijska i primenjena mehanika fluida, 09.09.2013., Mašinski fakultet u Nišu
Ustanova gde je zaposlen:	Mašinski fakultet u Nišu

Stručno mišljenje recenzenta:

Rezultat naučno-istraživačkog rada **“ATP damper za merenje protoka vazduha”** ispunjava uslove za priznanje svojstva tehničkog rešenja i to kao **novi merni instrument (M85)**, sve u smislu odredbi koje se odnose na tehnička rešenja u Pravilniku koji je 21.03.2008. godine doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Obrazloženje tehničkog rešenja:

Predloženo tehničko rešenje, ATP (Air Torque Position) damper čije lopatice ne formiraju rešetku, rešava problem merenje protoka vazduha u HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) sistemima pri malim vrednostima brzina strujanja vazduha (ispod 4 m/s). Sa stanovišta merne nesigurnosti većina postojećih tehničkih rešenja ima problem pri merenju protoka vazduha pri ovako malim vrednostima brzina strujanja.

U Laboratoriji za mehaniku fluida, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, na formiranom postrojenju za ispitivanje ATP dampera, eksperimentalnom metodom je verifikovano predloženo tehničko rešenje. Ustanovljena je zadovoljavajuća nesigurnost merenja protoka vazduha pri malim vrednostima brzina strujanja. ATP damper sa dve lopatice od kojih je jedna merna, a druga u fiksiranom položaju ima mernu nesigurnost $\pm 1,64\%$ pri brzini strujanja vazduha od 2,8 m/s i uglu nagiba merne lopatice od 90° .

Kao rezultat razvoja tehničkog rešenja proizašao je veći broj naučnih radova, odbranjena je doktorska disertacija na temu “Razvoj metode merenja protoka vazduha pomoću regulacione žaluzine”, a tehničko rešenje koristi jedan od vodećih proizvođača ventilacione opreme.

U Nišu
18.12.2015.

Recenzent,
Doc. dr Živan Spasić

Ž. Spasić



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл
Ваш број: _____
Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 6. редовној седници одржаној дана 23.12.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 24. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

24.2.16. На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

Назив техничког решења:

АТП ДАМПЕР ЗА МЕРЕЊЕ БРЗИНЕ СТРУЈАЊА ВАЗДУХА

Аутори: Синиша Бикић, Душан Узелац, Маша Букуров, Богољуб Тодоровић, Бојан Марковић, Ивана Павков и Миливој Радојчин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Рале Дорословачки