

Zpráva o plnění výzkumného záměru v roce 2007

Číslo tématické skupiny: 444 05 0610

Zodpovědný pracovník: Doc. Ing. Karel Kadlec, CSc.

Téma:

2b) Senzory a aplikace senzorů pro monitorování a řízení chemických a biologických procesů.

- Chemické vodivostní senzory

M. Vrnáta, F. Vysloužil, O. Ekrť, P. Fitl, L. Fišer, D. Kopecký, L. Kučera, L. Kozák

Byla dobudována nová aparatura, umožňující depozici metodou PLD (Impulsní laserová depozice). Aparatura byla vybavena robustním nastavitelným fundamentem s univerzální optickou deskou. Byla nakoupena a instalována fokusační optika.

Byla zprovozněna aparatura Spin Coating, určená pro přípravu zdrojových vrstev MAPLE (Impulsní laserová depozice s použitím matrice) a MAPLE DW (s přímým psaním). Aparatura byla doplněna o kompresor.

Byly navrženy nové metody testování senzorů a pro vyhodnocení zvýšení jejich citlivosti a selektivity. První metoda spočívá v ozařování plynné směsí obsahující detekovaný plyn zářením v oblasti UV. Očekává se, že dojde k fotochemickým pochodům, které povedou ke zvýšení reaktivity cílových složek jinak obtížně detekovatelných (aceton, alkeny a jiná průmyslová rozpouštědla). Druhá metoda je založena na ozařování povrchu aktivní vrstvy a stimulaci povrchových chemických reakcí. Testovací aparatura pro tyto pokusy byla dovybavena rotametry a tlakovými lahvemi se vzorky plynů.

Metodou MAPLE byly připraveny polypyrolové aktivní vrstvy senzorů obsahující nanočástice uhlíku a oxidu cíničitého. Depozice se provedly z dimethylsulfoxidových matric. Zároveň byly připraveny zdrojové vrstvy pro MAPLE DW využívající nových organických materiálů pro matrice - kolagen a dextrin.

Bylo zahájeno v testování senzorů na pracovišti vybudovaném na ÚFMT a byly naměřeny první Nyquistovy diagramy. Vyhodnotila se fázová citlivost na vlhkost a páry alkoholů.

Byl realizován elektronický systém pro řízení teploty chemického vodivostního senzoru včetně řídicí jednotky, která komunikuje s PC prostřednictvím rozhraní USB. Regulátor teploty je implementován do mikroprocesoru centrální jednotky, komunikující s nadřazeným PC.

Byl navržen systém pro ovládání solenoidových ventilů pro přepínání přívodů vzorku do měřicí komory. Systém využívá bezkontaktní a galvanicky oddělené spínače solenoidových ventilů tak, aby byl minimalizován ztrátový výkon na ventilech a tím minimalizován rušivý vliv ohřívání přiváděného vzorku při průchodu ventilem.

Výsledky z dřívějšího výzkumu byly publikovány v časopise Journal of Physics (vol. 76) [A1]. Obsahem článku byla charakterizace polypyrolových aktivních vrstev metodami FTIR a AFM. Byla proměřena odezva na vlhkost a závislost odporu aktivních vrstev na teplotě.

Dříve připravené vzorky (MAPLE) vrstev acetylacetonátů, ftalocyaninů a porfyirinů byly charakterizovány z hlediska chemického složení Ramanova spektroskopii a z hlediska struktury povrchu metodou SEM. Zároveň byla stanoven ablační práh

v závislosti na materiálu matrice. Citlivost deponovaných aktivních vrstev byla změřena pro různé koncentrace oxidu dusičitého a ozónu. Část výsledků byla opublikována v časopise *Sensors & Actuators B* (vol. 125) [A2] a část byla prezentována v časopise *Journal of Physics* (vol. 59) [A3].

Výsledky výzkumu byly dále publikovány na mezinárodních a národních konferencích [C1, D1, G1].

- Senzory na bázi organických polovodičů

K. Široký, J. Jirešová

Pokračoval výzkum v oblasti organických polovodičů s cílem využití tenkých vrstev bisftalocyaninů k detekci nízkých koncentrací NO₂, případně dalších škodlivin v atmosféře. Výsledky týkající se využití tenkých vrstev bisftalocyaninu neodymu k monitorování velmi nízkých koncentrací NO₂ ve vzduchu byly prezentovány na konferenci *Process Control 2007* [C2, F1]. Další výzkum spočíval v nahrazení centrálního kovu - neodymu dalšími kovy ze skupiny lanthanidů – europiem a holmiem. Předběžné výsledky založené na měření elektrické vodivosti tenkých vrstev těchto nově syntetizovaných bisftalocyaninů jsou z hlediska možného využití v senzorech plynů velice slibné.

- Pelistorové senzory

K. Kadlec, M. Karlík

Byla navržena aparatura, která umožňuje bezdotykově měřit teplotu povrchu pelistorových či polovodičových senzorů. Základní součástí měřicí aparatury je bezdotykový IČ-teploměr Kleiber typ 730-LO, který je schopen snímat teplotu na velmi malé ploše v teplotním rozsahu 200 až 1000 °C. Pyrometr Kleiber 730-LO je speciálně uzpůsoben pro aplikace v oblasti výzkumu a vývoje. Je vybaven vláknovou optikou s přídatnou optickou hlavicí, která umožňuje měření velmi malých objektů při průměru snímané plochy 0,5 mm. Znalost teploty aktivní vrstvy senzoru a teplotní závislost výstupního signálu senzoru je důležitá pro optimální nastavení pracovních parametrů senzoru. Pracovní teplota senzoru se pohybuje v rozmezí 200 až 600 °C a jejím nastavením je možno ovlivnit do určité míry i selektivitu senzoru.

Při aplikaci pelistorových senzorů k měření koncentrace hořlavých plynů a par ve vzduchu je důležitá i znalost bezpečnostních charakteristik hořlavých látek. V tomto směru byly výzkumné práce zaměřeny na aplikace odhadových metod příspěvkového typu pro odhad teploty vzplanutí. Referenční jednoúrovňová Bensonova a pokročilá tříúrovňová metoda Marrera a Ganiho byly aplikovány na přibližně 500 látek z pokud možno odlišných homologických řad (alkany, alkeny, alkiny, aldehydy, ketony, étery, organické kyseliny, estery organických sloučenin, halogenované uhlovodíky, aromatické sloučeniny, kondenzované aromáty, organické sloučeniny dusíku, síry, fosforu a křemíku). Průměrná relativní chyba se v obou případech pohybovala mezi 3 až 4 %. Podrobnější rozbor chyb ukazuje také na nekonzistenci v datovém souboru. Teplota vzplanutí není fyzikálně definovaná veličina a proto se i liší způsoby jejího měření, které mají vliv na výslednou hodnotu. Proto nelze jednoduše říci, že značně odlišné hodnoty jsou špatně naměřené, spíše jsou změřeny podle jiné metodiky. Uvádět metodiku měření není bohužel zvykem. Této problematice byl věnovány příspěvky [D2, E1, G2].

- Optické detekční metody a senzory

E. Jirák, A. Korbářová, Havlík J.

V roce 2007 byla v návaznosti na předchozí období věnována hlavní pozornost vývoji automatických metod obrazové analýzy (využívajících snímací CCD a CMOS senzory pro získání obrazu, a na ně navazující zpracování dat v prostředí programů LabVIEW a NIS-Elements) v rámci 3 základních projektů.

V projektu zaměřeném na detekci pevných částic v transparentním prostředí se pokračovalo v rozvoji jednotlivých částí měřicího řetězce. Výsledky byly prezentovány na konferenci Process Control 07 [D3, F2]. Projekt byl dále rozvíjen zaměřením se na úpravu zdroje záření a tím i efektivnějšího využití celé citlivé plochy CMOS senzoru miniaturní kamery. K záznamu a digitalizaci obrazu bylo využito přenosného videorekordéru a byla ověřena jeho funkce a budoucí začlenění v mobilním měřicím zařízení. Nasnímané sekvence byly analyzovány v LabVIEW a byly ověřeny detekční schopnosti zařízení. Částice pohybující se v detekovaném prostoru byly zachyceny na mikroskopické sklíčko, sejmuty digitální kamerou s CCD senzorem připojené k mikroskopu a následně analyzovány v programu NIS-Elements, v němž byla provedena statistická analýza jejich distribuce. Dosažené výsledky byly prezentovány na konferenci CHISA 2007 [E2, G3]. Výzkum dále pokračoval hledáním způsobu zachycení částic na vhodnou matici. V současné době je použito mikroskopické sklíčko s využitím principu elektrostatického odlučovače s korunou bez výboje.

Projekt zaměřený na oblast analýz pro potravinářský a mikrobiologický průmysl byl zaměřen na zdokonalování systému pro analýzu množství plísně *Penicillium cammemberti* na povrchu potravinářských produktů. Systém byl rozšířen na jiný tvar výrobků, jejichž snímání muselo být prováděno po částech. Následně byl celý obraz výrobku programově poskládán a vyhodnocen. Byla vylepšena vyhodnocovací část o další funkce obrazové analýzy a realizován přehlednější výstup ve formě protokolu. Výsledky byly publikovány formou odborného článku [B2].

Třetím projektem bylo vytvoření systému, který vyhodnocuje velikost částic práškového katalyzátoru, slisovaného do válečků o rozměru cca 1x1 mm. Na velikosti těchto válečků závisí průběh procesů, kterých se katalyzátor účastní. Byly zahájeny práce na tvorbě systému, umožňujícího přesné měření částic. Systém využívá CCD senzor pro sejmutí obrazu částic, rozsypaných na kontrastní podložce a program LabVIEW pro jejich vyhodnocení. V programu dochází nejprve ke zjištění orientace jednotlivých částic, poté k vystřížení každé částice z obrazu, její otočení do požadovaného směru a poté měření průměru a délky válce. Výstupem je histogram četnosti délky a průměru a soubor, obsahující všechna naměřená data. Výsledky získané programem byly porovnávány s ručním měřením částic pomocí elektronického posuvného měřítka s konstatováním, že přesnost je dostatečná a rychlost měření pomocí CCD senzoru a programu je řádově vyšší než žádaná. Systém, který splňuje všechny stanovené požadavky je nový a je nesporným přínosem a bude jej možno využívat v průmyslové praxi.

Z prostředků výzkumného záměru byl zakoupen generátor METEX MXG-9810A, který je určen pro generování synchronizačních a testovacích pulsů využívaných pro řízení kamery s CCD senzorem a pro definici časových úseků ve zpracovávaném měřonosném signálu při nefelometrické detekci pevných částic v transparentním prostředí. S částečným přispěním tohoto výzkumného záměru vznikla na našem pracovišti nová laboratoř obrazové analýzy, která slouží studentům k procvičení hlavních postupů snímání obrazů pomocí CCD senzorů a obrazové analýzy a využívá se i pro základní ověřování aplikací v oblasti výzkumu a vývoje [D4, F3].

- Biosenzory

H. Uhrová

Bylo zakoupeno zařízení firmy Tectronik – Senzytec, využívající biosenzory pro stanovení obsahu etanolu, glukosy + fruktosy, kyseliny L-mléčné, kyseliny octové a kyseliny L-malonové ve vínech. Byly ověřovány parametry udávané výrobcem. Podle výrobce lze s jedním senzorem a dvěma nově připravenými pufrý provést celkem nejvýše 6 analýz. Bylo zjištěno, že při kontinuálním měření je možné provést více měření, než výrobce udává. U glukózového senzoru je možné s jedním senzorem a dvěma pufrý provést až 10 měření. Kontrolní měření byla záměrně prováděna na připraveném vzorku glukózy. Odchyłka celkového průměru naměřených hodnot od standardního vzorku dosáhla 0,6 %. Mezi jednotlivými měřeními a připraveným vzorkem se odchylky pohybovaly v rozmezí maximálně ± 5 %. Měření se senzorem pro stanovení etanolu byla provedena na vzorku bílého vína se známým obsahem alkoholu. Bylo zjištěno, že lze s jedním senzorem a dvěma pufrý provést 14 až 20 analýz. Odchyłka v měření byla pro průměr z naměřených hodnot ± 2 %. Doba použitelnosti je oproti údaji deklarovanému výrobcem při správném skladování delší. Na základě provedených měření lze počítat s dobou použitelnosti minimálně o 50 % delší. V návaznosti bude testována možnost aplikace etanolového senzoru na zředěné roztoky surového lihu a ovocných destilátů.

- Aplikace senzorů pro monitorování a řízení procesů

K. Kadlec, J. Hofmann

Byla zpracována studie o senzorech a snímačích využitelných pro monitorování tlaku. Byly porovnány vlastnosti a aplikační možnosti snímačů tlaku, využívajících různých principů, byly zhodnoceny přednosti a nedostatky jednotlivých typů snímačů [B3 až B6]. Problematika měření technologických veličin byla prezentována v dalších příspěvcích - snímače pro měření průtoku [E3, G4], hladiny [E4, G5], tlaku [D5, F4] a měření tepla [D6, F5].

Byla publikována studie o současných experimentálních možnostech stanovení fyzikálních a chemických vlastností prachů odlučovaných pomocí průmyslových elektrických odlučovačů. Studie je doplněná naměřenými hodnotami vlastností prachů z tepláren a spaloven průmyslového odpadu [B1]. Ve spolupráci s ČVUT FEL byl studován vznik zpětné koróny a její vliv na účinnost elektrického odlučování. Byl vytvořen zjednodušený model prachové vrstvy, který umožňuje popsat vlastnosti zpětné koróny pro typické parametry elektrického odlučovače. Proběhly úvodní experimenty na měřicí aparatuře pro částečné výboje na FEL. Výsledky byly publikovány na konferenci CHISA [G6]. Ve spolupráci s ČVUT FEL proběhla příprava experimentálního pracoviště pro měření elektrického náboje prachových částic v elektrickém poli a elektrické permitivity prachu.

Byl zpracován přehled o fyzikálních principech a konstrukci optických senzorů používaných v praxi pro měření koncentrací prachových částic v ovzduší a proměřena distribuce velikostí prachových částic dodaných výrobcem odlučovačů pomocí obrazové analýzy a laboratorního laserového analyzátoru (porovnání výsledků měření a stanovení omezujících faktorů uvedených metod). [Škodová J., Hofmann J.: Fyzikální vlastnosti prachových částic. Bakalářská práce VŠCHT Praha 2007].

- Metrologická problematika

J. Macháč

Publikované příspěvky se zabývají otázkami správností měření. V centru pozornosti je tedy kalibrace, kontrolní měření, metrologická konfirmace, mezilaboratorní porovnávání a řízení procesů měření. Dále pak jsou to chyby měření a určování nejistoty měření a způsoby vyjadřování výsledků měření a jejich interpretace [B7]. Další část se zabývá vztahem užívaných jednotek k měření, tedy konkrétně Metrickou konvencí a Mezinárodní soustavou jednotek SI, dále pak aplikací soustavy SI v našich i anglosaských zemích. Upozorňuje se i nekompatibilitu některých používaných jednotek a jejich opětovné pronikání do našeho ekonomického a odborného používání [B8]. Poslední část je věnována problémům rozdílného pojmenování malých a velkých čísel v Evropě a v Americe, používání desetinného oddělovacího znaku a uvádí zavedené předpony pro binární násobky pro rozlišení od dekadických čísel [B9]. Terminologii a nedostatkům v odborných textech se věnuje příspěvek [B10].

Presentace výsledků: A – 3, B – 10, C – 2, D – 6, E – 4, F – 5, G – 6

Prezentace výsledků

A) Články v recenzovaných mezinárodních časopisech a periodikách

1. Vrňata M., Kopecký D., Vysloužil F., Ekrť O., Myslík V., Fitl P., Jelínek M., Kocourek T.: *Polypyrrole active layers of gas sensors prepared by MAPLE technology*. Journal of Physics: Conference Series (2007), Vol. 76, pp. 1 - 6, ISSN 1742-6588
2. Fryček R., Vysloužil F., Myslík V., Vrňata M., Kopecký D., Ekrť O., Fitl P., Jelínek M., Kocourek T., Šipula R.: *Deposition of organic metalocomplexes for sensor applications by MAPLE*, Sensors and Actuators B (2007) Vol.125, pp. 189 - 194, ISBN 0925-4005
3. Myslík V., Fryček R., Vrňata M., Vysloužil F., Fitl P., Jelínek M.: *Organic active layers for chemical sensors prepared by Matrix Assisted Pulse Laser Deposition (MAPLD)*. Journal of Physics: Conference Series (2007), Vol. 59, pp. 79 - 83, ISSN 1742-6588

B) Články v tuzemských časopisech

1. Maryška M., Hofmann J.: *Fyzikální a chemické vlastnosti prachů z elektrických odlučovačů*. Chem. Listy 101, 138-143 (2007), ISSN 0009-2770
2. Korbářová A., Jiráček E., Pipek P., Bělková B.A.: *Obrazová analýza v potravinářství – měření plochy plísni na salámech*. AUTOMA 13, 12, 9-10, (2007), ISSN 1210-9592
3. Kadlec K.: *Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití (část 1)*. AUTOMA 13, 2, 28-31, (2007), ISSN 1210-9592
4. Kadlec K.: *Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití (část 2)*. AUTOMA 13, 7, 25-29, (2007), ISSN 1210-9592
5. Kadlec K.: *Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití (část 3)*. AUTOMA 13, 10, 23-26, (2007), ISSN 1210-9592
6. Kadlec K.: *Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití (část 4)*. AUTOMA 13, 11, 42-46, (2007), ISSN 1210-9592
7. Macháč J., Jakeš B.: *Otázky správnosti měření v praxi II: Zajišťování správnosti měření a interpretace výsledků*. AUTOMA 13, 1, 56-59, (2007), ISSN 1210-9592.
8. Macháč J., Jakeš B.: *Otázky správnosti měření v praxi III: Nekompatibilita některých používaných jednotek*. AUTOMA 13, 3, 82-84, (2007), ISSN 1210-9592.
9. Macháč J., Jakeš B.: *Otázky správnosti měření v praxi IV: Velká a malá čísla, závěr*. AUTOMA 13, 4, 62-63, (2007), ISSN 1210-9592.
10. Jakeš B., Macháč J., Taufer I.: *Proč se nedodržují normy pro formální úpravu odborných textů*. AUTOMATIZACE 50, 5, 332-334, (2007), ISSN 0005-125X.

C) Přednáška na mezinárodní konferenci

1. Vrňata M., Kopecký D., Vysloužil F., Ekrť O., Myslík V., Fitl P., Jelínek M., Kocourek T.: *Polypyrrole active layers of gas sensors prepared by MAPLE technology*. Přednáška na konferenci Sensors and their applications XIV, Liverpool, UK, 11.9.-13.9. 2007
2. Jirešová J., Široký K.: *Monitoring of Nitrogen Dioxide Concentration in the Ambient Air*. Přednáška - 16th Int. Conference Process Control 2007, Štrbské Pleso, High Tatras, Slovak Republic, June 11-14, 2007

D) Poster na mezinárodní konferenci

1. Fitl P., Myslík V., Jelínek M., Vrňata M., Kopecký D., Vysloužil F., Kocourek T., Fryček R.: *Thin Films of Metallophthalocyanines deposited by MAPLE Technology*. Poster on the Spring Meeting E-MRS 2007, Strasbourg, France, 28.5.-1.6.2007
2. Kolská, Z., Kuča, K., Jun, D., Karlík, M.: *Estimation methods for some characteristics estimation of the organic substances based on structure knowledge*. 59. Zjazd chemikov, High Tatras, Slovak Rep., September 2-6, 2007
3. Havlík J., Jiráček E., Korbářová A.: *Continual monitoring of pollution of clean room with solid particles using image analysis*. Poster on the 16th International Conference on Process Control'07, Štrbské Pleso, Slovakia, June 11-14 2007
4. Korbářová A., Jiráček E., Havlík J.: *New laboratory of image analysis for elementary education*, . Poster on the 16th International Conference on Process Control'07, Štrbské Pleso, Slovakia, June 11-14 2007
5. Havlík J., Kadlec K., Fišer L., Macháč J.: *Smart pressure transmitter – laboratory practice*. Poster on the 16th International Conference on PROCESS CONTROL 07, Štrbské Pleso, High Tatras, Slovak Republic, June 11-14, 2007
6. Kopecký D., Kadlec K.: *Heat consumption measurement – laboratory practice*. Poster on the 16th International Conference on PROCESS CONTROL 07, Štrbské Pleso, High Tatras, Slovak Republic, June 11-14, 2007

E) Přednáška nebo poster na národní konferenci

1. Karlík M., Kolská Z.: *Porovnání dvou příspěvkových odhadových metod a metody založené na teorému korespondujících stavů při odhadu teploty vzplanutí*. Přednáška na 54. konferenci chemického a procesního inženýrství CHISA 2007, Srní 15.-18.10.2007
2. Havlík J., Jiráček E.: *Využití obrazové analýzy pro měření prašnosti*, Poster na 54. konferenci chemického a procesního inženýrství CHISA 2007, Srní, 15.-18. října 2007
3. Kadlec K.: *Principy měření průtoku*. Přednáška na semináři Škola průtoku 2007 Emerson Process Management. Chocerady, 23.-24.5.2007
4. Kadlec K.: *Snímače hladiny*. Přednáška na semináři Škola hladiny 2007 Emerson Process Management. Milovy, 23.-24.10.2007

F) Článek (plný text) ve sborníku mezinárodní konference

1. Jirešová J., Široký K.: *Monitoring of Nitrogen Dioxide Concentration in the Ambient Air*. Proceedings 16th Int. Conference Process Control'07, Full text on CD pdf-file ID: 077, p. 077_1 – 077_3. Ed. Slovak University of Technology, Bratislava 2007, ISBN 978-80-227-2677-1
2. Havlík J., Jiráček E., Korbářová A.: *Continual monitoring of pollution of clean room with solid particles using image analysis*. Proceeding 16th International Conference on Process Control'07, Full text on CD: pdf-file ID: 058, Slovak University of Technology, Bratislava 2007, ISBN 978-80-227-2677-1
3. Korbářová A., Jiráček E., Havlík J.: *New laboratory of image analysis for elementary education*, Proceeding 16th International Conference on Process Control'07, Full text on CD: pdf-file ID: 140, Slovak University of Technology, Bratislava 2007, ISBN 978-80-227-2677-1
4. Havlík J., Kadlec K., Fišer L., Macháč J.: *Smart pressure transmitter – laboratory practice*. Summaries Volume 16th International Conference on PROCESS CONTROL 07, Ed. Slovak University of Technology, Bratislava 2007, Full text on CD Proceedings 2007, pdf-file ID: 046, pp. 046_1 - 046_7, ISBN 978-80-227-2677-1
5. Kopecký D., Kadlec K.: *Heat consumption measurement – laboratory practice*. Summaries Volume 16th International Conference on PROCESS CONTROL 07, Ed. Slovak University of Technology, Bratislava 2007, Full text on CD Proceedings 2007, pdf-file ID: 047, pp. 047_1 - 047_3, ISBN 978-80-227-2677-1

G) Článek (plný text) ve sborníku národní konference

1. Fitl P., Myslík V., Vrňata M., Vysloužil F., Náhlík J., Kopecký D., Ekrt O., Jelínek M.: *Thin Films of Metallophthalocyanines deposited by MAPLE Technology*. 54. konference CHISA 2007. Sborník 1, s. 214. Plné texty přednášek na CD příspěvek V 087, str. 1-16. Česká společnost chemického inženýrství, Praha, 2007, ISBN 80-86059-47-2
2. Karlík M., Kolská Z.: *Porovnání dvou příspěvkových odhadových metod a metody založené na teorému korespondujících stavů při odhadu teploty vzplanutí*. 54. konference chemického a procesního inženýrství CHISA 2007, Srní. Sborník 1, s. 50. Plné texty přednášek na CD, příspěvek B3.8, str. 1-6, Česká společnost chemického inženýrství, Praha 2007, ISBN 80-86059-47-2
3. Havlík J., Jiráček E.: *Využití obrazové analýzy pro měření prašnosti*, 54. konference chemického a procesního inženýrství CHISA 2007. Sborník 1, s. 209. Plné texty přednášek na CD, ID: V082, s. 1-6. Česká společnost chemického inženýrství, Praha 2007, ISBN 80-86059-47-2
4. Kadlec K.: *Principy měření průtoku*. Sborník semináře Škola průtoku 2007 Emerson Process Management. Vydal Emerson Process Management, Praha 2007, plný text na CD Škola průtoku 2007 Emerson Process Management, Praha 2007

5. Kadlec K.: *Snímače hladiny*. Sborník semináře Škola hladiny 2007 Emerson Prosess Management. Plný text na CD Škola hladiny 2007 Emerson Prosess Management, Praha 2007
6. Veselka P., Hofmann J.: *Vliv elektrických vlastností prachových částic na účinnost odlučování*. 54. konference chemického a procesního inženýrství CHISA 2007, Sborník 1, s. 168. Plné texty přednášek na CD, příspěvek V 041, str. 1-8, Česká společnost chemického inženýrství, Praha, 2007, ISBN 80-86059-47-2