

5.3 Doporučení pro další výzkum

K ověření matematických modelů byly realizovány z důvodu značné časové náročnosti pouze tři měření při reálných podmínkách. Pro získání co nejpřesnějšího modelu absorpční kolony byl bylo nejvhodnější toto čisticí zařízení instalovat na kontinuálně pracující pyrolýzní jednotku. Takováto instalace by dovolovala provést značné množství měření a zpřesnit výsledky stanovené matematickým modelem. Cílem těchto měření by bylo sestavení tzv. „Digital twin“ díky kterému bychom mohli sestavit velice přesný matematický model, díky kterému jsme schopni nasimulovat celé čisticí zařízení v počítači.

Dalším krokem by bylo realizovat provoz čisticího zařízení s různými rozpouštědly s cílem stanovit rozhodující parametry rozpouštědla, které mají největší vliv na čistotu vystupujícího plynu se zařízení. Na jejich základě by bylo navrženo nejvhodnější rozpouštědlo z technologického hlediska. Výsledky by byly opět použity k rozšíření vstupních parametru do „Digital twin“.

Na základě značného množství dat bychom byli následně schopni stanovit jednotlivé koeficienty (např. v rov. 16), které se vyskytují v regresních rovnicích jako funkce fyzikálních veličin a podobnostních čísel. Takto zobecněná rovnice by byla poté platná i pro jiné absorpční kolony s tou výhodou že byla navržena na základě výsledků pro čištění pyrolýzního plynu. Tudiž bude i s největší pravděpodobností vhodnější i pro jiné obdobné aplikace.

Bibliografie

- [1] „Statistika odpadů – Statistics Explained,“ Eurostat, 11 1 2019. [Online]. Available: ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/cs. [Přístup získán 10 4 2019].
- [2] „Uhlí US index - aktuální a historické ceny uhlí US index, graf vývoje ceny uhlí US index - od 7.8.2008 - měna USD,“ kurzycz, [Online]. Available: https://www.kurzy.cz/komodity/uhli-us-index-graf-vyvoje-ceny/nr_index.asp?A=5&idk=116&od=7.8.2008&curr=&default_curr=&unit=&lg=1. [Přístup získán 11 4 2019].
- [3] „Ropa Brent - aktuální a historické ceny ropy Brent, graf vývoje ceny ropy Brent - od 29.9.2003 - měna USD,“ kurzycz, [Online]. Available: <https://www.kurzy.cz/komodity/ropa-brent-graf-vyvoje->

- ceny/nr_index.asp?A=5&idk=38&od=29.9.2003&curr=USD&default_curr=USD&unit=&lg=1.
[Přístup získán 11. 4. 2019].
- [4] „PXE - Zemní plyn - aktuální a historické ceny zemního plynu, graf vývoje ceny zemního plynu - od 7.8.2008 - měna USD,“ kurzycz, [Online]. Available: <https://www.kurzy.cz/komodity/index.asp?A=5&idk=6329&od=7.8.2008&do=10.4.2019&curr=>. [Přístup získán 11. 4. 2019].
- [5] „Elektřina - aktuální a historické ceny elektřiny, graf vývoje ceny elektřiny - 1 rok - měna EUR,“ kurzycz, [Online]. Available: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/>. [Přístup získán 11. 4. 2019].
- [6] „Zelená dohoda pro Evropu,“ [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs#opaten. [Přístup získán 12. 12. 2020].
- [7] R. H. Perry a D. Green, Perry's Chemical Engineers' Handbook 8. vyd., New York: McGraw-Hill, 2007, ISBN: 0-07-049841-5.
- [8] P. Ditl, Difúzně separační pochody, Praha: ČVUT, 2008.
- [9] P. Hasal, I. Schreiber, D. Šnita a et al., Chemické inženýrství I, Praha: VŠCHT Praha, 2007. ISBN 978-80-7080-002-7.
- [10] S. Naicker, S. A. Iwarere, P. Naidoo a D. Ramjuge, „apor Liquid Equilibrium Data for 2,3-Pentanedione +(Acetaldehyde or Acetone) at (100, 150, and 200) kPa,“ *Journal of Chemical & Engineering Data*, sv. 6, č. 64, 2019.
- [11] E. Sapei, P. Uusi-Kyynya, K. I. Keskinena, J.-P. Pokkia a V. Alopaeusa, „Vapor–liquid equilibrium for the binary systems tetrahydrothiophene + toluene,“ *Fluid Phase Equilibria*, č. 296, pp. 4-8, 2010.
- [12] U. Besson, „The History of the Cooling Law: When the Search for Simplicity can be an Obstacle,“ *Science & Education*, sv. 8, č. 21, pp. 1085-1110, 2010.
- [13] T. K. Sherwood, R. L. Pigford a C. R. Wilke, Mass transfer, McGraw-Hill: Book Company, 1975.
- [14] E. E. Ludwig, Applied Process Design Volume 2, For Chemical and Petrochemical Plants, Houston, USA: Gulf Professional Publishing, 1994. ISBN 9780080527376.
- [15] R. E. Terybal, Mass - Transfer Operation, New York: McGRAW-HILL COMPANY, 1981, ISBN 0-07-066615-6.
- [16] H. L. Shulman, C. F. Ullrich, A. Z. Proulx and J. O. Zimmerman, "Performance of packed columns. II. Wetted and effective-interfacial areas, gas - and liquid-phase mass transfer rates," *AIChE Journal*, vol. 2, no. 1, p. 253–258, 1955.
- [17] H. L. Shulman, C. F. Ullrich and N. Wells, "Performance of packed columns. I. Total, static, and operating holdups," *AIChE Journal*, vol. 2, no. 1, p. 247–253, 1955.
- [18] H. L. Shulman, C. F. Ullrich, N. Wells and A. Z. Proulx, "Performance of packed columns. III. Holdup for aqueous and nonaqueous systems," *AIChE Journal*, vol. 2, no. 1, p. 259–264, 1955.
- [19] H. L. Shulman a L. J. Delaney, „Performance of packed columns: V. Effect of solute concentration on gas-phase mass transfer rate,“ *AIChE Journal*, sv. 5, č. 3, p. 290–294., 1959.

- [20] H. L. Shulman and J. E. Margolis, "Performance of packed columns. IV. Effect of gas properties, temperature, and pressure on gasphase mass transfer coefficients," *AIChE Journal*, vol. 3, no. 2, p. 157–161, 1957.
- [21] K. Onda, H. Takeuchi a Y. Okumoto, „Mass Transfer Coefficients Between Gas and Liquid Phases in Packed Columns,“ *Journal of Chemical Engineering of Japan*, sv. 1, č. 1, pp. 56 - 62, 1968.
- [22] Siemens, Gas analyzer for determination of total hydrocarbon content FIDAMAT 6, Operating Instructions, Karlsruhe, Německo: Siemens, 2019 AG.
- [23] C. J. Geankoplis, Transport Processes and Unit Operations 3th edition, Minnesota: University of Minnesota, 1978.
- [24] J. Haydary, Z. Koreňová, J. Markoš, J. Annus a . L. Jelemenský, „Pyrolysis and combustion of Scrap tyre,“ *Petroleum and Coal*, p. 48, 1. 1. 2006.
- [25] P. T. Williams, „Pyrolysis of waste tyres: A review,“ *Waste Management*, pp. 1714-1728, 01. 08. 2013.
- [26] P. T. William a R. P. Bottrill, „Sulfur-polycyclic aromatic hydrocarbons in tyre pyrolysis oil,“ *Fuel*, pp. 736-742, 01. 05. 1995.
- [27] G.E.I.T. Europe bvba, *USER'S MANUAL GAS 3100 SYNGAS Portable Analyser*, Bunsbeek (Belgie): G.E.I.T. Europe bvba, Walmersumstraat 8,, 2017.
- [28] J. Dedková a C. Martin, *Technologie pro čištění a úpravu syntézních plynů, Návod na provoz a údržbu*, Hradec Králové: ATEKO a.s., 2019.
- [29] P. Stoček, J. Dedková a K. Hrušek, *Čištění syntézního plynu, technologické schéma*, Hradec Králové: ATEKO a. s., 2017.
- [30] P. Bůček, *Vedoucí laboratoře analýzy odpadů a pavli IET, VŠB - TUO [ústní sdělení]*, Ostrava 10. 8., 2020.
- [31] Kolektiv pracovníků VŠB - TU Ostrava Centrum ENET, *Zpráva z analýzy vzorků aměření: Zplyňování tuhých paliv z odpadní biomasy*, Ostrava, 2019.
- [32] J. Good, L. Ventress, H. Knoef, U. Zielke, P. Hansen, W. van de Kamp, P. de Wild, B. Coda, B. Coda, S. van Paasen, J. Kiel, K. Sjöström, T. Liliedahl, C. Unger, J. Neeft, M. Suomalainen a P. Simell, „Page 1 of 44Sampling and analysis of tar and particles in biomass producer gases -Technical Report,“ 01. 07. 2005. [Online]. Available: http://www.tarweb.net/results/pdf/Technical-Report-version-3_8-final.pdf. [Přístup získán 13. 02. 2020].
- [33] ČSN P CEN/TS 15439. *Zplyňování biomasy – Dehet a částice v plynných produktech – Vzorkování a analýza.*, 2006.
- [34] Siemens AG, ULTRAMAT 6 and OXYMAT 6 Analyzers for IR-absorbing gases and oxygen, Karlsruhe, Němesko: Siemens , 2016.
- [35] RASCHIG GmbH, *Raschig Super-Ring Plus Product Bulletin 251*, Ludwigshafen: RASCHIG GmbH, 2019.
- [36] Sulzer Ltd., *Random packing, From competitive products to advance solutions*, Winterthur: Sulzer Ltd., 2019.

- [37] „Distillation Column Packing,” Okutani Ltd. [Online]. Available: <https://www.okutanikanaami.co.jp/en/mist/distillation-column-packing.html>. [Přístup získán 20 10 2020].
- [38] Spraying System Co., "Industrial Hydraulic Spray Products," 2019. [Online]. Available: https://www.spray.com/-/media/dam/industrial/usa/sales-material/catalog/cat75hyd_metric.pdf. [Accessed 10 8 2020].
- [39] A. A. Ibrahim, „Experimental Study of Liquid Distribution in Packed Column,” *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, sv. 2, č. 10, pp. 271-283, 1998.
- [40] H. Wu, B. Buschle, Y. Yang, C. Tan, F. Dong, J. Jiabin a M. Lucquiaud, „Liquid distribution and hold-up measurement in counter current flow packed column by electrical capacitance tomography,” *Chemical Engineering Journal*, sv. 1, č. 353, pp. 519-532, 2018.
- [41] Pfaudler International, „COLUMN INTERNALS,” 6 2018. [Online]. Available: https://www.pfaudler.com/uploads/files/E_Pfaudler-Edlon_PTFE-PFA-Column-Internals-5Edl-1E.pdf. [Přístup získán 20 10 2020].
- [42] P. Michálek, „Kanalizační řád,” 2. 8. 2017. [Online]. Available: http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-14-1.pdf. [Přístup získán 10. 10. 2020].
- [43] D. W. Green a M. Z. Southard, PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, 9Th edition, London: McGraw Hill Education, 2019.
- [44] J. R. Keiser, M. Howell, S. Lewis a R. M. Connatser, „Corrosion Studies Of Raw and Treated Biomass-Derived Pyrolysis Oils,” v *Corrosion Conference & Expo*, Salt Lake City, 2012.
- [45] Q. Lu, J. Zang a X. Zhu, „Corrosion properties of bio-oil and its emulsions with diesel,” *Chin. Sci. Bull.*, sv. 1, č. 53, p. 3726–3734, 2008.
- [46] L. Zhiru, THE DEGRADATION EFFECTS OF PYROLYSIS LIQUIDS ON METALS, PLASTICS AND ELASTOMERS, Toronto: University of Toronto, 2001.

Životopis

Osobní údaje

Adresa	Moyzesova 1388/1, Ostrava 70800
E-mail	jan.kielar@vsb.cz
Telefon	+420736690638; +420596997157; +48795041149
Datum narození	4/11/1991

Pracovní zkušenosti

Období	2016 – současnost
Povolání nebo vykonávaná funkce	