

Příkonové charakteristiky pro vybraná pomaloběžná míchadla v modelové suspenzi

INPUT CHARACTERISTICS FOR SELECTED SLOW-MOVING AGITATORS IN MODEL SUSPENSION

Andrea Smejtková, Ladislav Chládek – Česká zemědělská universita v Praze, Technická fakulta

Při posuzování a výběru vhodných míchadel se v praxi vychází z experimentálních dat. Vyskytuje se však velké množství různých míchadel pro míchání různých kapalin a suspenzí a ne pro všechny typy míchadel a geometrie míchací nádoby jsou experimentální data dostupná. Proto byly provedeny experimentální práce na jejichž základě byly sestrojeny příkonové charakteristiky pro různé typy pomaloběžných míchadel.

Teoretická část

Pro příkon geometricky podobných míchadel byla odvozena obecná bezrozměrná závislost:

$$Po = f(Re) \quad (1),$$

kde příkonové číslo Po je definováno vztahem:

$$Po = P/n^3 d^5 \rho \quad (-) \quad (2),$$

a Reynoldsovo číslo Re vztahem:

$$Re = nd^2 \rho / \mu \quad (-) \quad (3),$$

P – příkon míchadla (W),

n – otáčky míchadla (s^{-1}),

d – průměr míchadla (m),

ρ – hustota vsádky ($kg.m^{-3}$),

μ – dynamická viskozita vsádky (Pa.s).

Grafický tvar závislosti $Po = f(Re)$ se nazývá příkonová charakteristika (1, 2). Pro zředěné suspenze částic tuhé fáze v kapalině se pro výpočet příkonu při míchání používá stejných závislostí jako pro jednofázové kapaliny za předpokladu, že se použije výsledné hustoty a viskozity suspenze. Koncentrované suspenze se obecně chovají jinak.

Tab. 1. Konstanty rovnice pro výpočet viskozity podle různých autorů (1)

Oblast použití	α_0	α_1	Autor
$c < 0,02$	2,5	–	Einstein
$c < 0,4$	4,5	–	Hatschek

Vliv koncentrace na viskozitu suspenze vyjadřuje obecně (1) rovnice:

$$\mu_{su} = \mu_1(1 + \alpha_0 \cdot c + \alpha_1 \cdot c^2 + \alpha_2 \cdot c^3 + \dots) \quad (Pa.s) \quad (4),$$

kde μ_{su} – viskozita suspenze (Pa.s),

μ_1 – viskozita kapaliny (Pa.s),

c – objemová koncentrace pevné fáze v suspenzi (–),

α_{0-n} – konstanty (–).

Konstanty α v rovnici (4) jsou podle různých autorů uvedeny v tab. I. THOMAS (5) zkoreloval ekvivalentní viskozitu jako funkci objemového zlomku částic kulového tvaru rovnicí (5) s přesností $\pm 7\%$ při $c = 0,2$ a $\pm 13\%$ při $c = 0,5$:

$$\mu_{su} = \mu_1[1 + 2,5c + 10,05c^2 + 0,00273 \exp(16,6c)] \quad (Pa.s) \quad (5).$$

Za hustotu se dosadí hustota suspenze ρ_{su} vypočtená dle vztahu:

$$\rho_{su} = c \cdot \rho_s + (1 - c) \cdot \rho_l \quad (kg.m^{-3}) \quad (6),$$

kde ρ_{su} – hustota suspenze ($kg.m^{-3}$),

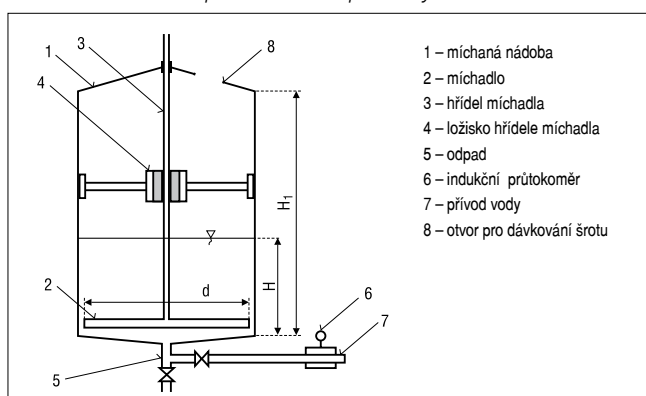
ρ_s – hustota pevné fáze ($kg.m^{-3}$),

ρ_l – hustota kapalné fáze ($kg.m^{-3}$),

c – objemová koncentrace pevné fáze v suspenzi (–).

Tento způsob výpočtu dává dobré výsledky pro hodnoty objemové koncentrace $c < 10\%$. Při větších objemových koncentracích je skutečný příkon větší než takto vypočtený (3).

Obr. 1. Schéma experimentální aparatury



Pro měření příkonu míchadla je známo více metod. Jednou z nich je použití míchací stanice sloužící k měření krouticího momentu na hřídeli míchadla při současném měření otáček. Z těchto hodnot je pak možno při znalosti hustoty a viskozity míchaného média stanovit příkon míchadla.

Jiným způsobem měření příkonu elektromotoru míchadla je použití měřicí aparatury, snímající v nastavitelných časových úsecích (milisekundy až sekundy) všechny elektrické parametry elektrického proudu elektromotoru míchadla (napětí, proud, příkon, $\cos\varphi$, výkon činný, výkon zdánlivý a výkon jalový). Z nich se odečte okamžitý elektrický výkon ve wattech. Z hlediska dostupnosti měřících aparatur byla pro experimentální práci vybrána druhá varianta (4).

Experimentální zařízení

Měření příkonu jednotlivých míchadel se provádělo v míchané nádobě, kterou byla mladinová pánev varny Výukového a výzkumného pivovaru České zemědělské univerzity v Praze. Nádobu je stojatá, nerezová, s mírně kuželovým dnem, bez narážek s topným pláštěm pro ohřev parou. Průměr nádoby $D = 1,2$ m, výška nádoby nad kuželovým dnem $H_1 = 1,4$ m. Schema experimentální aparatury je na obr. 1.

Lopátkové míchadlo bylo atypické, s lomenými lopatkami, poblíž středového hřídele se čtyřmi otvory. Průměr míchadla $d = 1,0$ m. Kotvové míchadlo mělo průměr $d = 0,58$ m a výšku $h_1 = 0,55$ m. Rámové míchadlo vzniklo z kotvového míchadla přidáním horní příčky.

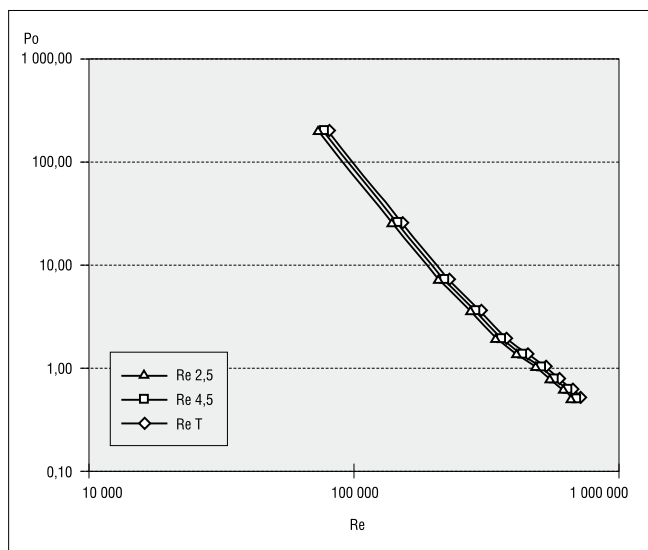
Jako vsádka při míchání byla použita modelová suspenze o objemu 6,2 hl. Kapalnou fází byla voda z vodovodního řadu o teplotě 10 °C. Pevnou fází tvořil ječný šrot. Byl použit jarní sladovnický ječmen Bojos ze Školního zemědělského podniku ČZU v Lánech. Tento ječmen byl našrotován na diskovém drtiči SKIOLD SK 2500, velikost mlecí spáry byla nastavena na 0,5 mm.

Výsledky a diskuse

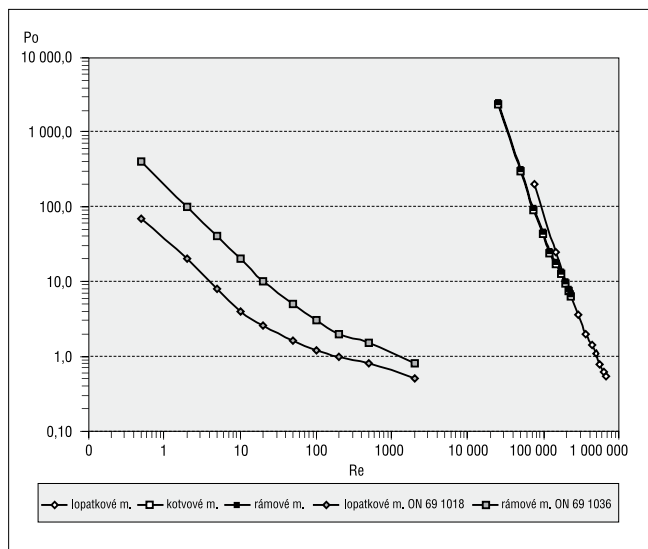
Příkon pro každé míchadlo byl snímán měřicí aparaturou NanoWip. Sledované parametry elektrického proudu pro každé nastavení frekvence otáčení míchadla se snímaly a ukládaly v intervalu 2 s do paměti, hodnoty se ukládaly pro každé měření po dobu 2 min. Z těchto naměřených hodnot pak byl stanoven průměrný příkon pro danou frekvenci. Frekvence otáčení míchadla se nastavovala frekvenčním měničem Omron Sysdrive v rozsahu 0–50 Hz, což odpovídalo otáčkám míchadla v rozsahu 0–60 min^{-1} . Míchadlo se začalo otáčet při 1,7 Hz, měření se provádělo od nastavené hodnoty 7 Hz, což odpovídalo otáčkám míchadla 6,7 min^{-1} . Z takto získaných hodnot příkonu byly vypočteny hodnoty P_o podle vztahu (2) a hodnoty Re podle vztahu (3). Objemová koncentrace pevné fáze v suspenzi byla $c = 0,02451$. Viskozita suspenze byla stanovena ze vztahu (4) s koeficientem $\alpha_0 = 4,5$ a její hodnota byla $\mu_{su} = 1,452 \cdot 10^{-3}$ Pa.s a hustota suspenze byla stanovena podle vztahu (6) a její hodnota byla $\rho_{su} = 987,055$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Byly ověřeny různé způsoby výpočtu viskozity suspenze. Viskozita suspenze byla stanovena ze vztahu (4) s koeficienty podle tab. I. a ze vztahu (5). Takto získané hodnoty viskozity byly použity pro stanovení Reynoldsova kritéria a na základě průběhu příkonových charakteristik pro lopátkové míchadlo vzájemně porovnány (obr. 2.).

Obr. 2. Příkonové charakteristiky pro lopátkové míchadlo a různé hodnoty Re , $D/d = 1,2$, $H_2/D = 0,46$



Obr. 3. Příkonové charakteristiky pomaloběžných míchadel



Pozn.: lopátkové míchadlo ($D/d = 1,2$; $H_2/D = 0,46$), kotvové a rámové míchadlo ($D/d = 1,2$; $H_2/D = 0,46$), lopátkové míchadlo ON 69 1018, kotvové míchadlo ON 69 1036.

Z průběhu příkonových charakteristik na obr. 2. vyplývá, že způsob výpočtu dynamické viskozity nemá rozhodující vliv. Pro následující výpočty Re byl zvolen výpočet viskozity podle vztahu (4) a koeficient $\alpha = 4,5$.

Příkonové charakteristiky v logaritmických souřadnicích jsou na obr. 3. V tomto obrázku jsou ještě doplněny příkonové charakteristiky normalizovaných míchadel (lopátkové míchadlo se šikmými lopatkami ON 69 1018 a kotvové míchadlo se skloněnými rameny ON 69 1036).

Příkonová charakteristika pro rámové míchadlo podle normy není v literatuře dostupná.

Příkonové charakteristiky lopátkového a kotvového míchadla jsou posunuty oproti příkonovým charakteristikám normalizovaných míchadel do vyšších hodnot Re . To je způsobeno použitím atypických míchadel s odlišnými komplexy míchacího zařízení a použitím míchací nádoby s kuželovým dnem.

Příkonové charakteristiky pro kotvové a rámové míchadlo jsou prakticky shodné. Z toho lze odvodit na základě teorie podobnosti, že při návrhu míchacího zařízení s rámovým míchadlem lze použít známé příkonové charakteristiky pro míchadlo kotvové při zachování geometrické podobnosti míchacího zařízení.

Souhrn

V práci jsou na základě měření sestrojeny příkonové charakteristiky pomaloběžných míchadel při míchání v modelové suspenzi. Bylo použito atypické lopatkové míchadlo, kotvové a rámové míchadlo. Suspenze byla připravena z vody a ječného šrotu o definované velikosti částic a objemové koncentraci. Získané příkonové charakteristiky byly porovnány s příkonovými charakteristikami normalizovaných míchadel. Byly ověřeny různé způsoby výpočtu viskozity suspenze.

Klíčová slova: Pomaloběžná míchadla, příkon míchadel, příkonová charakteristika, modelová suspenze, hustota suspenze, viskozita suspenze.

Literatura

1. STREK, F.: *Míchání a míchací zařízení*. SNTL Praha, 1977, 384 s.
2. NOVÁK, V.; RIEGER, F.: *Hydraulické pochody*. ČVUT Praha, 2000, 318 s., ISBN 80-01-02153-X.
3. *Měření příkonu míchadla při míchání suspenzí – návod*. [online] www.fs.cvut.cz/cz/u218/pedagog/PREDMETY/4rocnik/zks/power-sus/psunavod.htm (změněno 27. 1. 2009, citováno 24. 4. 2009).

4. CHLÁDEK, L.; PŘIKRYL, M.; ZEMAN, J.: Měření příkonového kritéria atypického listového míchadla při míchání modelové suspenze. *Jemná mechanika a optika*, 54, 2009 (5), s. 154–157.
5. THOMAS, D. G.: Transport characteristics of suspension: VIII. A note on the viscosity of Newtonian suspensions of uniform spherical particles. *J. Colloid Sci.*, 20, 1965 (3), s. 267–277.

Smejtková A., Chládek L.: Input Characteristics for Selected Slow-Moving Agitators in Model Suspension

In the work is by measuring constructed input characteristics of slow-moving agitators for mixing in a model suspension. An atypical paddle agitator, anchor and frame agitator were used. The suspension was prepared from water and barley meal of defined particle size and volume concentration. The acquired input characteristics were compared with input characteristics of standard agitators. Various methods of suspension viscosity calculation have been verified.

Key words: Slow-moving agitators, agitator input, input characteristic, model suspension, suspension density, suspension viscosity.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Andrea Smejtková, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 Suchbátka, Česká republika, e-mail: smejtkova@tf.czu.cz

ROZHLEDY

Jaggard K. W., Koch H. J., Arronzo Sanz J. M., Cattanach A., Duval M., Eigner H., Legrand D., Olsson R., Qi A., Thomsen J. N., Swaaij N. V., Minerva N.

Rozdíl mezi potenciálním a skutečným výnosem v jednotlivých řepařicích zemích (*The yield gap in some sugar beet producing countries*)

Účinnost zemědělského systému může být vyjádřena jako rozdíl mezi potenciálním a skutečným výnosem plodiny (výnosovým rozpětím – yield gap); čím vyšší je výnosové rozpětí, tím méně efektivní je systém. Jeden ze způsobů, jak určit výnosové rozpětí v pěstování cukrové řepy, je porovnat výnos z dodávek do cukrovaru s výnosy dosaženými bez praktických omezení souvisejících s příjmy, které jsou určeny pouze dostupností tepla, světla a vody. Oficiální odrůdové pokusy podléhají obvykle malým nebo žádným omezením. Pracovní skupina IIRB (Skupina rostlina a půda) soustředila výnosové údaje v posledním desetiletí z národních pěstitelských statistik a z řady zemí pěstujících řepu cukrovou. Tyto údaje ukazují, že výnosy ve všech zemích stoupají, v některých rychleji než v jiných. Ukazují rovněž, že výnosové rozpětí je ve většině zemí stabilní, i když v některých zemích je větší. Jen v USA se zdá být pěstování stále efektivnější. Tyto výsledky jsou diskutovány ve vztahu k pěstebním protokolům odrůdových pokusů a národním výnosovým statistikám.

Abstracts of Papers, 73^d IIRB Congress, Brussels, 14–15/02/2012, s. 9–10.

Švachula

Inman-Bamber G., Jackson P., Bonnett G., Morgan T.
Dosáhneme vrcholu CCS (komerční třtinový cukr)?
(*Have we reached peak CCS?*)

Nárůst komerčního třtinového cukru CCS (commercial cane sugar) je až 1,8× vyšší než nárůst obsahu sacharosu v třtině. V článku se zmiňují limity CCS a obsahu cukru v třtině, maximální hodnota CCS dosažitelná v australských cukrovarech se pohybuje okolo 18 %, zatímco obsah sacharosu v třtině, pěstované ve skleníku, je 21 % (předpokládá se zvýšení obsahu sacharosu v třtině na 27 %).

Int. Sugar J., 113, 2011, č.1355, s.798–803.

Kadlec

Awatade M. N., Kadam M. L.
Použití redox senzoru v automatickém titračním systému ke stanovení cukrů
(*Use of redox sensor in auto-titration system for estimation of sugars*)

Jedním z klíčových parametrů při kontrole fermentačního procesu v lihovaru a při zpracování cukru je stanovení různých druhů cukrů. Analýza cukrů klasickou manuální titrací je postup velmi zdlouhavý a nepřesný a automatické titrační systémy dostupné na trhu nejsou vhodné pro metodu Lane Eynonovu, která se široce používá. Cílem této práce byl vývoj a ověření automatického titratoru, vhodného pro Lane Eynonovu metodu s využitím redox elektrod a snímáním redox potenciálu v redukčně-oxidačních reakcích.

Int. Sugar J., 114, 2012, č.1357, s.26–29.

Kadlec