

OPONENTSKÝ POSUDEK DOKTORSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE

Název doktorské práce: „Analýza procesu míchání ve fermentorech bioplynových stanic“

Autor doktorandské práce : Ing. Luděk Kamarád
Doktorský studijní program
Vědní obor: 2810V009 Technologie odpadů
Agronomická fakulta,
Mendelova univerzita v Brně

Autor posudku : prof. ing. František Babinec, CSc.
Hoblíkova 11
613 00 Brno

Posudek na doktorskou disertační práci byl zpracován na základě žádosti děkanátu Agronomické fakulty MU v Brně, dopis č.j. 13900/2014-291.

Disertační práce doktorského studijního oboru „Technologie odpadů“ pana Ing. Ludka Kamaráda na téma „Analýza procesu míchání ve fermentorech bioplynových stanic“ byla řešena, zpracována a k obhajobě předložena na školicím pracovišti Agronomické fakulty Mendelovy university v Brně.

Disertační práce je logicky členěna do 7 kapitol (mimo seznamy použité literatury, tabulek a obrázků) na více než 150 stranách textu. Text je vhodně doplněn řadou tabulek, obrázků a grafů. V závěru práce je uveden seznam základní použité literatury. Vlastní publikační činnost je v autoreferátu disertační práce charakterizována 5 publikacemi.

Autor práce si v kapitole 2 stanovil cíl práce, který je obsažen v názvu práce. Přesněji je stanoveno 6 dílčích cílů práce, které na sebe logicky navazují.

Práce se zabývá důležitou a v současné době velmi aktuální tématikou efektivity bioplynových stanic s důrazem na proces míchání ve fermentorech. Je potřeba zdůraznit, že se jedná o míchání fermentační suspenze (s vyšším podílem nečerpateľných substrátů), kde významnou roli hrají vlastnosti fermentovaného materiálu (nenewtonská kapalina). Nedostatečná homogenizace při míchání náplně (např. tvorba plovoucích krust, zkratové proudy) negativně ovlivňují proces fermentace a efektivitu provozu fermentorů.

Obsáhlá kapitola 3 (cca 70 stran) nazvaná Literární přehled je věnována komplexu aspektů, které ovlivňují provoz fermentorů bioplynových stanic.

Jednou ze základních vlastností tekutin jsou dynamická a kinematická viskozita. Autor uvádí na obr. 3-2 diagram vyjadřující vztah kinematické a dynamické viskozity pro vodu. V případě suspenzí se nejedná o klasické newtonské kapaliny, ale o kapaliny nenewtonské s proměnlivou tekutostí. Důležitým výsledkem analýz realizovaných v této oblasti je zjištění, že materiál ve fermentoru každé stanice je nutno posuzovat jednotlivě. Autor v dalším textu popisuje absorpci plynu v tekutině a pohyb tuhých částic v tekutinách (usazování, rušené usazování a pohyb suspenze).

V kapitole 3.3 jsou uvedeny metody analýzy procesu míchání. Cílem procesu míchání je homogenizace suspenze, tj. udržování ve vznosu. Při míchání uvažovaných suspenzí je nutno počítat s tvorbou aglomerátů, s tvorbou plovoucích vrstev a sedimentací. Zvyšováním otáček lze proces homogenizace významně podpořit.

Autor správně uvádí, že s otáčkami současně narůstá příkon míchadla (s mocninou otáček míchadla). Samotné zvyšování otáček může vést také k oddělování částic, tj. k segregaci.

Dotaz: Považuji za vhodné osvětlit tvrzení na st.36., míchadla zůstanou trčet ve vrstvě sedimentu nebo plovoucí vrstvy.

Dotaz: K obr. 3-9, jak je zajištěna bezpečnost servisního pracovníka uvnitř vypuštěného prostoru?

Účinnost procesu míchání bude ovlivňovat efektivitu celého provozu fermentoru. Je evidentní, že je nezbytné proces míchání řídit. Autor uvádí vizuální kontrolu, použití stopovače a CFD simulace.

Dotaz : Při míchání biosuspenzí bude zřejmě vizuální kontrola obtížná. Nakolik je věrohodné použití stopovače?

Dotaz : Jak lze validovat výsledek CFD simulace procesu míchání ve fermentoru?

Možnosti jednotlivých postupů jsou omezené, při míchání popisovaných substrátů je obtížné odhadnout, jaký objem fermentoru je míchán, odhalit existenci zkratových proudění a posoudit vliv ostatních faktorů.

Je známo a autor práce správně uvádí, že míchání je energeticky náročné. Na základě studia literárních odkazů dochází autor k závěrům, že energetická spotřeba míchání může podle odhadů představovat 50 % celkové elektrické spotřeby bioplynové stanice, v extrémních případech až 60 %.

Autor dále uvádí, že vlastní spotřeba energie by se měla pohybovat do 10 %, jsou známy případy vlastní spotřeby přes 14 %.

Kapitola 3.4 je věnována popisu dávkování a dopravy substrátu do fermentoru. Je uvedeno organické zatížení fermentoru a doba zdržení substrátu ve fermentoru. Autor uvádí, že ve fermentoru zpravidla není dosaženo úplného rozkladu organické složky.

Dotaz: Jak se nakládá s neúplně rozloženým substrátem, zbytkem z reaktoru?

Biologická předúprava substrátu je logickým krokem směřujícím k urychlení a prohloubení rozkladu substrátu ve fermentoru eliminací negativních vlastností substrátu.

Dotaz: Stručně charakterizujte rozdíl mezi odstředivým a objemovým čerpadlem.

Kapitola 3.5 je věnována stručnému popisu míchacích zařízení ve fermentorech. Rozsáhlá kapitola 3.6. je věnována mechanickým míchadlům. Autor uvádí údaje vztahující se k použití ponorných /neponorných rychloběžných intervalově provozovaných míchadel i axiálních pomaloběžných míchadel.

Kapitola 3.7 je věnována hydraulickým míchacím systémům. Ze studia literatury vyplývá, že se jedná o míchání vhodné jen pro nízkosušinové materiály. Pro současné bioplynové stanice se jeví jako nedostatečné.

Pneumatické míchací systémy popisované v kapitole 3.8. jsou hodnoceny jako přirozené a vysoce účinné. To zřejmě platí zejména pro případy intenzivní produkce bioplynu s dostatečným přetlakem produkovaného bioplynu. Jak tomu bude v ostatních případech ?

Dotaz: Jaké jsou zkušenosti s pneumatickým mícháním fermentorů s vysokým obsahem sušiny.

Na závěr kapitoly 3 je uveden obr. 3-33 Přehled četnosti instalovaných míchacích systémů v německých BPS. Z procentuálního vyjádření nevyplyvá počet BPS zahrnutých do úvah.

V kapitole 4 je upřesněno zaměření práce a rozsah vlastní práce doktoranda. Experimentálně byly shromažďovány údaje o vlastnostech fermentačních suspenzí (viskozita, obsah sušiny, velikost částic, vstupní substráty) ze dvou BPS s různými míchacími systémy (BPS A a BPS B).

BPS A pracuje s výhradně zemědělskými substráty (nejčastěji prasečí kejda a kukuřičná siláž). BPS B pracuje výhradně s rostlinnými substráty.

Údaje z BPS byly shromažďovány v období listopad 2008 až červenec 2010. Dílčím cílem bylo vytvoření CFD modelů pro simulaci procesu míchání ve sledovaných fermentorech.

Autor popisuje postup měření sušiny, viskozity, měrné hmotnosti suspenze a zjišťování charakteristik částic a testy se stopovačem.

Výsledky práce doktoranda jsou uvedeny v kapitole 5. Po stručné charakterizaci BPS A a BPS B je prezentováno porovnání základních provozních parametrů obou BPS. Graficky je vyhodnoceno dávkování substrátu do obou fermentorů.

V obou fermentorech jsou instalována pomaluběžná míchadla BSP A – 1 míchadlo, BSP B 2 pomaluběžná míchadla a po 1 rychloběžném míchadlu. Je posouzen obsah sušiny a organické sušiny ve fermentačních suspenzích. Měření poukázala na významné rozdíly. Dále je posouzena měrná hmotnost suspenzí, která se jeví jako velmi podobná. Značnou pozornost autor věnoval velikosti částic a délce částic ve fermentačních suspenzích.

Z měření viskozit fermentovaného materiálu ukázalo rozdílné hodnoty viskozit. Měření při provozní i při zvýšené teplotě ukazuje na 3 x vyšší dynamickou viskozitu ve fermentoru B ve srovnání s fermentorem A.

Další porovnání je uvedeno v tabulce 5-1 na str. 99. Výsledky měření a analýz ukazují, že porovnání dvou technologií při různých vstupech a různém vybavení technologií není jednoduché.

Měření viskozity a sběr údajů o viskozitě byl použit pro odhad dynamické viskozity pomocí CFD modelu. Porovnání výsledků je na obr. 5-20 a 5-21. Vytvořené CFD modely byly použity k odhadu rychlosti proudění a viskozity pro oba fermentory. Pomocí CFD modelů je rovněž simulována i distribuce substrátu ve fermentoru.

Verifikace výsledků získaných pomocí CFD modelů je velmi obtížná. Experimenty na laboratorních fermentorech nejsou postačující. Zcela jistě se současně projeví efekt zvaný „scale up“ (změna měřítko).

Diskuse dosažených výsledků je bohatá, Autor široce a kriticky diskutuje vliv všech v práci uvedených veličin.

Dotaz: Na str.136 je použit termín „procentní bod“. Použití tohoto termínu v daném případě vyžaduje vysvětlení.

Výsledky práce jsou zpracovány na dobré grafické úrovni, zpracování jednotlivých kapitol je přehledné. S ohledem na způsob měření a nastavení podmínek fermentačního procesu lze získané výsledky použít pro jiné bioplynové stanice.

Shrnutí

Analýza procesu míchání ve fermentorech bioplynových stanic je zaměřena na široké spektrum faktorů ovlivňujících výsledek fermentačního procesu. Měření byla realizována na vybraných provozních fermentorech v relativně delším časovém intervalu, což dává možnost lepšího porovnání získaných hodnot.

Dílčím cílem byl i sběr dat pro vytvoření souboru vstupních údajů pro vytvoření CFD modelů. V současnosti se mohou dosažené výsledky modelování jevit jako pro praxi obtížně použitelné. Experimenty na laboratorních fermentorech jsou rovněž úzkým profilem procesu ověřování výsledků. Jde však o vědeckou práci, jejíž výsledky nelze očekávat okamžitě.

- Při obhajobě je potřeba vyzvednout vlastní přínos disertanta.

Závěr :

Po prostudování disertační práce konstatuji, že autor práce splnil cíle disertační práce. Celá práce je metodicky dobře uspořádána, jednotlivé kapitoly na sebe navazují, práce je poměrně rozsáhlá. Přehled o současném stavu řešené úlohy disertant poměrně detailně nastínil rozsah zadání. Disertační práce byla zpracována s využitím dostatečného počtu zdrojů, práce přináší nové vědecké a provozní poznatky, které mohou být aplikovaně využity i při výstavbě fermentorů.

Cíl disertační práce byl podle uvedených výsledků naplněn. S ohledem na tuto skutečnost doporučuji disertační práci k obhajobě. Po úspěšné obhajobě disertační práce doporučuji disertantovi udělit vědeckou hodnost „philosophie doctor“ ve zkratce Ph.D.

V Brně dne 15.08. 2014


prof.ing. František Babinec, CSc.