

Oponentský posudek disertační práce

Zařízení pro zahušťování odpadní vody z bioplynových stanic

Autor práce: Ing. Mgr. Marek Vondra

Školitel: prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.

Pracoviště: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojní,
Ústav procesního inženýrství

Úvod

Předložená disertační práce má 142 stran textu, z toho 65 obrázků, 20 grafů a 21 tabulek. Při jejím zpracování čerpal doktorand ze 118 citovaných literárních zdrojů. O jeho erudici a kvalitě práce svědčí m. j. i 5 příspěvků v zahraničních časopisech či sbornících z konferencí, jejichž byl hlavní autor nebo spoluautor.

Aktuálnost tématu disertační práce

Dizertační práce řeší velice aktuální problematiku zpracování odpadních vod z bioplynových stanic (BPS). Pro tyto vody je obtížné nalézt vhodné využití, neboť jsou značně znečištěné. Jejich použití jako hnojiva je limitováno příslušnými ekologickými předpisy. Zahušťování těchto odpadních vod se proto jeví jako jedna z možností jejich zpracování a následného využití.

Dosažení v disertaci stanoveného cíle

Hlavním cílem předložené disertační práce bylo navrhnout, vyrobit a uvést do spolehlivého provozu odparku na zahušťování fugátu z BPS a získání zahuštěného podílu, který by bylo možné využívat jako hnojivo. Získaný destilát musí splňovat příslušné ekologické předpisy tak, aby bylo možné jej vypouštět do přírody. Další dílčí cíle práce byly: Popis teoretických základů odpařování, rešerše současného stavu poznání v oblasti odpařování odpadních vod ze zemědělské výroby, tvorba matematických modelů, porovnání vybraných odparek a volba technologie,

návrh integrace odpadky do BPS a její hodnocení, stanovení vybraných fyzikálních vlastností fugátu, návrh a příprava experimentálního zařízení a experimentální vývoj prototypu odpadky. Výše uvedené cíle disertační práce byly splněny, kromě požadované kvality destilátu. Tato složita problematika bude vyžadovat další výzkum.

Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Tématem práce je studium problematiky zahušťování odpadních vod (fermentačních zbytků) z BPS. V těchto kapitolách se doktorand nejdříve zabývá problematikou a technologií BPS. Popisuje jejich bilanci, zejména z hlediska produkce digestátu vč. jeho složení. Z energetické bilance BPS vychází, že značná část odpadního tepla z kogeneračních jednotek není využívána. Toto nízkopotencionální teplo zcela správně navrhuje využít ve vakuové odparce pro zahušťování digestátu.

V další části doktorand posuzuje jednotlivé druhy odparek, které by bylo vhodné pro tento účel využít. Z posuzovaných typů se zaměřil na cirkulační odparku, trubkovou odparku se splývajícím filmem a vícestupňovou mžikovou odparku (VMO). Na základě spotřeby tepelné a elektrické energie volí VMO.

Teoretický přínos disertační práce

Na základě výsledků provedené rešerše se doktorand zaměřil na vícestupňovou mžikovou odparku. Teoretická část práce je převážně zaměřena na matematické modelování a bilancování tří výše uvedených typů odparek. Důležitým výsledkem této části disertační práce je vyhodnocení instalace VMO na ekonomiku BPS. Uvedené doby návratnosti, v závislosti na různých cenových relacích, mohou realizátorům navrhované odpadky usnadnit rozhodování.

Praktický přínos disertační práce

Největším praktickým přínosem disertační práce je vybudování a provozní ověření vícestupňové mžikové odpadky. Zejména při jejím uvádění do chodu, odstraňování provozních, konstrukčních i výrobních problémů prokázal doktorand nejen experimentátorskou erudici, ale též schopnost praktického řešení vzniklých problémů. Tato činnost vyžadovala veliké úsilí a vytrvalost. Díky těmto vlastnostem se nakonec podařilo VMO uvést do dlouhodobějšího chodu a tak splnit hlavní cíl disertační práce.

Vhodnost použitých metod řešení

Disertační práce obsahuje jak teoretickou, tak i experimentální část. Na základě literární rešerše, teoretických rozborů a provozních požadavků si doktorand navrhl experimentální zaří-

zení. Po jeho laboratorním ověření provedl celou řadu jeho úprav a rekonstrukcí. Každá postupná úprava či rekonstrukce VMO vedla ke zlepšování její funkce. Doktorand tak prokázal schopnost řešit zadaný úkol jak z teoretického hlediska, tak zejména i po praktické stránce. Použitá metodika je naprosto správná.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Použité výpočtové i experimentální metody byly aplikovány zcela v souladu s pravidly běžnými ve vědecké práci. Zejména v experimentální práci doktorand prokázal značnou erudici. Totéž se týká i návrhu a vybudování variant vícestupňové mžikové odparky.

Zda doktorand prokázal odpovídající znalosti v daném oboru

V problematice bioplynových stanic, zpracování digestátu i odpařování se doktorand orientuje velmi dobře. Tyto znalosti plně využil v předložené práci.

Formální úroveň práce

Požadavky týkající se struktury práce byly beze zbytku splněny. Její struktura je přehledná a logická. Grafická úroveň práce je velmi dobrá. Jazyková úroveň je poněkud slabší (problémy shody podmětu s přísudkem).

Náměty k diskuzi, připomínky a dotazy

I přes celkově kladné hodnocení mám k předložené práci některé připomínky:

- s.55 Na obr.29 a v textu na str.56 je uvedeno, že se vstupující fugát ohřívá brýdovým kondenzátem z posledního stupně odparky. V praxi se k ohřevu využívá přímo brýdová pára. Tak se využije mnohem větší množství odpadního tepla. Navíc je toto teplo na vyšší teplotní hladině.
- s.62 V textu je uvedeno že: „FFE sice také kondenzační teplo využívá, ale jen v prvních dvou komorách. Téměř třetina destilátu vyžaduje ke zkondenzování externí chladicí vodu.“ Na toto tvrzení platí předchozí připomínka. To zn., že se většina kondenzačního tepla brýd z posledního stupně odparky využije k přehřevu fugátu a teprve zbytek brýd se zkondenzuje chladicí vodou.
- s.68 V textu je uvedeno že: " Předpokládáme-li dostatečnou kvalitu destilátu pro jeho vypouštění do povrchových vod, kterou lze dle dostupných výsledků dosáhnout úpravou pH nástríku, změní se díky odpařování celkový objem fermentačních zbytků, které musí být skladovány, přepravovány, případně prodávány." Jak se bude využívat destilát?

Je reálné jeho vypouštění do povrchových vod? Jak vyplývá z výsledků v práci uvedených experimentů, tak je destilát nadměrně znečištěn (10000 až 30000 mg/l amoniakálního dusíku). I v případě citovaných úspěšných experimentů zahraničních autorů (graf č.20) je obsah amoniakálního dusíku v rozsahu cca 2000 až 4000 mg/l. Takto znečištěný destilát pravděpodobně nebude možné, bez další úpravy, vypouštět do přírody. Podle tab.3 na s. 21 je maximálně přípustné množství celkového dusíku v odpadní vodě z bioplynových stanic 40 mg/l a amoniakálního dusíku 20 mg/l.

- s.94 V textu je uvedeno že: "salinita slané vody (3200 a 10 240 ppm, jednorázově 31 300 ppm)" Nikde však není uvedeno, zda se jednalo o chlorid sodný či jinou sůl.
- s.95 V tab. 15 jsou m. j. uvedeny účinnosti destilátu v %. Tato účinnost však není specifikována. Podle s. 99 to má být množství destilátu vztažené na vstupující množství. Hodnoty v příslušném sloupci tabulky 15 však tomu neodpovídají. $43,4 \text{ l/h destilátu} \cdot 100 / 1200 \text{ l/h nástriku} = 3,62 \%$ x v tabulce je uvedeno 3,70 %; $43,3 \cdot 100 / 1200 = 3,61 \%$ x 3,65; $29,5 \cdot 100 / 1200 = 2,46 \%$ x 2,60; $78,9 \cdot 100 / 2400 = 3,29 \%$ x 3,35 atp. V téže tabulce je u sloupce průtok uvedena jednotka (m^3/s).
- s.112 V tabulkách 18 až 19 jsou uvedeny parametry získaného destilátu (pH, koncentrace amoniakálního dusíku v g/l a vodivost v $\mu\text{S}/\text{cm}$). Proč nebyly zjišťovány též hodnoty CHSK a BSK₅, když v těchto jednotkách jsou určovány limity pro kvalitu vypouštěných odpadních vod? Lze určit korelaci mezi vodivostí destilátu a jeho organickým znečištěním vyjádřeným např. v CHSK?
- s.117 Podle našich poznatků úprava pH nezlepší kvalitu destilátu natolik, aby jej bylo možné vypouštět do přírody. To je zřejmé i z citovaných výsledků zahraničních autorů. Čištění fugátu se musí provádět chemickou cestou.

Další připomínky k předložené práci:

V práci není uvedena přesnost použitých měřících přístrojů. To by mělo být uvedeno v každé dizertační práci. Další, méně závažné připomínky, jsem vyznačil v dizertační práci.

Za největší přínos práce vidím dotažení tohoto typu odparky do provozuschopného stavu. Z ryze praktického hlediska bych pro pokračující práce na této problematice doporučil též experimentální posouzení cirkulační nebo filmové odparky. Jejich provoz by byl stabilnější, i když možná méně energeticky efektivní.

Závěrečné vyjádření

Předložená práce má dobrou úroveň. Při jejím zpracování musel doktorand zvládnout nejen potřebné vědecké disciplíny, ale i prokázat konstrukční, organizační a manuální zručnost. Nejcennější na práci je vybudování a úspěšné provozní ověření vícestupňové mžikové odparky.

Podle předpisů MŠMT má dizertační práce splňovat následující požadavky:

Dizertační práce je výsledkem řešení konkrétního vědeckého nebo uměleckého úkolu; prokazuje schopnost doktoranda samostatně tvůrčím způsobem pracovat a musí obsahovat původní a autorem disertační práce publikované výsledky vědecké nebo umělecké práce nebo výsledky přijaté k uveřejnění.

Mohu konstatovat, že tyto požadavky předložená práce splňuje a proto doporučuji, aby po zodpovězení všech připomínek a celkově úspěšné obhajobě práce byla panu Ing. Mgr. Marku Vondrovi ve smyslu Zákona o vysokých školách udělena vědecká hodnost

„Philosophiae doktor (Ph.D.)“

V Praze 10. 5. 2017



doc. Ing. Pavel Hoffman, CSc.

ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ústav procesní a zpracovatelské techniky