

C02F 1/58 (2006.01)
C02F 1/06 (2006.01)
C02F 1/08 (2006.01)
C02F 9/10 (2006.01)
C02F 11/12 (2019.01)

(19)
 ČESKÁ
 REPUBLIKA



ÚŘAD
 PRŮMYSLOVÉHO
 VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-64**
 (22) Přihlášeno: **11.02.2020**
 (40) Zveřejněno: **14.04.2021**
(Věstník č. 15/2021)
 (47) Uděleno: **03.03.2021**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **14.04.2021**
(Věstník č. 15/2021)

(56) Relevantní dokumenty:
 Ing. Mgr. Marek Vondra, ZAŘÍZENÍ PRO ZAHUŠŤOVÁNÍ ODPADNÍ VODY Z BIOPLYNOVÝCH STANIC, VUT v Brně, PhD Thesis, 2017.
 JP 2003117593 A; JP 2006150158 A; JP 2006212605 A.

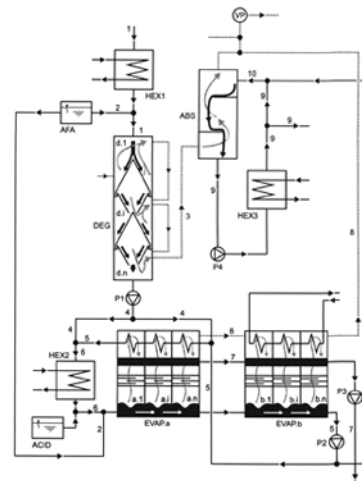
(73) Majitel patentu:
 Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veveří, CZ
 PBS POWER EQUIPMENT, s.r.o., Třebíč, Jejkov,
 CZ

(72) Původce:
 Ing. Karel Pléha, MBA, Lipník, CZ
 Ing. Marek Vondra, Ph.D., Brno, Žabovřesky, CZ
 doc. Ing. Vítězslav Máša, Ph.D., Brno, CZ

(74) Zástupce:
 Ing. Libor Markes, patentový zástupce, Grohova
 145/54, 602 00 Brno, Veveří

(54) Název vynálezu:
**Způsob a zařízení k zahušťování fugátů
 bioplynové stanice**

(57) Anotace:
 Způsob zahušťování fugátů bioplynové stanice zbařeného hrubých pevných částic spočívá v tom, že surový fugát ohřátý na teplotu 45 °C až 70 °C se vede k alespoň jednostupňovému odplynění při tlaku v rozmezí 0,01 až 0,6 bar, přičemž odloučený amoniak se odvádí k absorpci do zahuštěného fugátu, zatím co odplyněný fugát ohřátý na 50 °C až 85 °C, jehož pH se upraví na hodnotu 3 až 7,5, se podrobí odpařování za tlaku 0,1 až 0,6 bar v alespoň dvou stupních odpařování, načež se odplyněný zahuštěný fugát vede k absorpci amoniaku odloučeného při odplynění fugátu a po ochlazení se amoniakem sycený zahuštěný fugát odvádí ke skladování. Zařízení k zahušťování fugátů je tvořeno prvním ohřívачem (HEX1) surového fugátu (1) napojeným na odplyňovač (DEG) k odloučení amoniaku (3) ze surového fugátu (1), který je propojen jednak na straně odloučeného amoniaku (3) s absorberem (ABS) určeným k absorpci amoniaku (3) v zahuštěném fugátu (5), jednak na straně odplyněného fugátu (4) s druhým ohřívачem (HEX2) odplyněného fugátu (4), přičemž druhý ohřívач (HEX2) je napojen na odparku (EVAP) potrubím, do nějž ústí zásobník (ACID) kyseliny a přičemž výstup zahuštěného fugátu (5) z odparky (EVAP) je napojen na vstup absorberu (ABS) amoniaku, z jehož výstupu je veden sycený fugát (9) přes chladič (HEX3) do výstupu ze systému.



Způsob a zařízení k zahušťování fugátu bioplynové stanice

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu zahušťování fugátu separovaného z digestátu bioplynové stanice a zařízení k provádění tohoto způsobu. Zahuštěný fugát je určen pro použití především jako polní hnojivo, v němž je zachován obsah živin.

10

Dosavadní stav techniky

S rozmachem bioplynových stanic v posledních letech je spojena zvýšená produkce digestátu. Digestát je vedlejším produktem výroby bioplynu. Jedná se o hrubou suspenzi vody a zbytků biologického materiálu, který se nerozložil během procesu anaerobní digesce. Digestát ze zemědělských bioplynových stanic je typicky vyvážen na pole a aplikován jako organické hnojivo.

Přestože je digestát kvalitním hnojivem, koncentrace hlavních hnojivých látek (N, P, K) je v něm v porovnání s minerálními hnojivy nízká, pohybuje se v řádu několika procent sušiny. Při aplikaci stejného množství živin na plošnou jednotku si digestát vyžádá několikanásobný přejezd aplikační techniky, čímž se zvyšuje časová náročnost, náklady na pohonné hmoty a údržbu strojů, nemluvě o možném poškození půdní struktury.

Problémy s využitím digestátu se objevují zejména v oblastech se zvýšenou intenzitou zemědělské výroby, které jsou typické vysokou koncentrací hnojivých látek v půdě, respektive podzemních vodách. V těchto oblastech vzniká nedostatek zemědělské půdy, na kterou by bylo možné digestát ukládat, a to zejména z legislativních důvodů. Situace je kritická zejména pro ty bioplynové stanice, jejichž provozovatelé nedisponují dostatečnou plochou vlastní zemědělské půdy. Řešením je pouze extrémně nákladné vyvážení digestátu na vzdálené pozemky.

30

Problematikou využití digestátu se zabývala celá řada vědeckých studií. Technická řešení problému jsou v zásadě dvojího typu. 1. Odloučení vybraných hnojivých látek (N, P), které umožní aplikaci většího množství digestátu na jednotku plochy. 2. Odloučení čisté vody, které digestát běžně obsahuje více než 90 %, a tím snížení celkového objemu suspenze, která je dále vyvážena na pole či jinak zpracovávána (např. peletizace, kompostování).

Prvním krokem při zahušťování digestátu (tj. odloučení vody a tím snížení objemu) je zpravidla mechanická separace rozměrných pevných částic. Za tímto účelem se používají dekantační odstředivky, šnekové či síťové lisy, kalolisy nebo sedimentace. Produktem mechanické separace jsou tzv. separát (pevná složka s obsahem sušiny typicky nad 18 %) a tzv. fugát (s obsahem sušiny typicky pod 8 %). Složení produktů závisí na vstupním složení digestátu a použité technologii. Fugát ovšem zaujímá většinu z původního objemu digestátu a jako tekutá složka separace představuje hlavní problém jak z pohledu transportu, tak skladování.

Jednou z technologií používaných pro separaci vody z fugátu je odpařování. Výhodou odpařování je schopnost upotřebit odpadní teplo, kterého je v bioplynových stanicích zpravidla přebytek. Samotný proces odpařování fugátu, tj. odstraňování rozpouštědla (vody) v podobě páry ze suspenze, není dostatečný pro dosažení potřebné čistoty separované vody. Důvodem je především přítomnost amoniaku, jehož plynná, v suspenzi nerozpuštěná složka (NH_3), se při odpařování uvolňuje spolu s vodní parou a znečišťuje výsledný produkt - kondenzát.

Dostupná technická řešení založená na odpařování využívají k odstranění amoniaku kombinace odpařování a reverzní osmózy, či jiných membránových technologií, kombinace odpařování a kyselý vypírky par (tzv. scrubber) před jejich kondenzací, nebo kombinace odpařování a stripování amoniaku. Snížení úniku amoniaku do kondenzátu v průběhu odpařování lze dosáhnout

55

snížením pH fugátu pomocí vhodné kyseliny (např. kyselina sírová, kyselina dusičná). Tímto způsobem lze rovněž snížit nároky na navazující operace (membránová filtrace, vypírka par, stripování), jejichž cílem je dosažení potřebné kvality produktů.

- 5 Hlavními nedostatky současných řešení jsou vysoká spotřeba elektrické energie a pomocných chemikálií (zejména kyseliny) a vysoké pořizovací náklady, které zpravidla vylučují rozumnou návratnost investice. Dalšími negativy jsou požadavky na skladování a následné nakládání s vedlejšími produkty zahušťování fugátu (amonné soli, čpavková voda) a produkce ochuzeného koncentráту fugátu, který ztrácí část svých hnojivých vlastností. V některých případech by úbytek dusíku musel být kompenzován komerčními minerálními hnojivy.

Jsou známy technologie, které umožňují převedení dusíkatých látek ze surového fugátu do konečného produktu, a to jejich převedením do netěkavé podoby před zahuštěním fugátu.

- 15 Z CZ 307725 B6 je znám způsob zpracování kapalné frakce fermentačního zbytku z bioplynové stanice spočívající v okyselení kapalné frakce biochemickou oxidací v ní obsaženého amoniakálního dusíku na dusičnany a/nebo dusitany pomocí nitrifikačních mikroorganismů a následným odstraněním 20 až 80 % vody z této kapalné frakce tepelným zahuštěním destilací nebo volným odparem. Přitom zdrojem nitrifikačních mikroorganismů je aktivovaný kal z městských
20 čistíren odpadních vod. Vzhledem k tomu, že mezi bioplynovými stanicemi a čistírnami odpadních vod jsou zpravidla velké vzdálenosti, jeví se jako největší nevýhoda tohoto způsobu jeho logistická náročnost.

- Vynález si klade za úkol navrhnout způsob efektivního zahuštění fugátu při současném zadržení dusíku (amoniaku) ve výsledném koncentráту a produkci čisté vody (kondenzátu), která může být
25 vypuštěna do povrchových vod či jinak využívána, například pro zavlažování a zároveň navrhnout kompaktní zařízení k provádění tohoto způsobu.

30 Podstata vynálezu

- Uvedený úkol splňuje způsob zahušťování fugátu bioplynové stanice zbaveného hrubých pevných částic, který spočívá v tom, že surový fugát ohřátý na teplotu 45 °C až 70 °C se vede k alespoň
35 jednostupňovému odplynění při tlaku v rozmezí 0,01 až 0,6 bar. Přitom se odloučený amoniak odvádí k absorpci do zahuštěného fugátu, zatím co odplyněný fugát ohřátý na 50 °C až 85 °C, jehož pH se upraví na hodnotu 3 až 7,5, se podrobí odpařování za tlaku 0,1 až 0,6 bar v alespoň dvou stupních odpařování. Nato se odplyněný zahuštěný fugát vede k absorpci amoniaku odloučeného při odplynění fugátu a po ochlazení se amoniakem sycený zahuštěný fugát odvádí ke skladování.

- 40 Do surového fugátu se před jeho odplyněním s výhodou přidá rostlinný protipěnivý přípravek v množství 0,1 až 1,5 l na 1 m³ fugátu.

- Tlak v jednotlivých stupních odplynění se s výhodou nastaví tak, aby teplota varu v 1. stupni byla
45 minimálně o 2 °C nižší než teplota fugátu na vstupu do odplynění a teplota v n-tém stupni odplynění byla minimálně o 2 °C nižší než rovnovážná teplota v předchozím stupni.

Ke zvýšení účinnosti odplynění může fugát při odplynění stékat ve vrstvě.

- 50 Odplyněný fugát se před úpravou pH mísí s výhodou s recirkulovanou částí zahuštěného fugátu v poměru 1:10 až 1:28.

Zahuštěný fugát před smísením s odplyněným fugátem může odebírat teplo parám odpařujícího se fugátu.

- 55 Ke zvýšení účinnosti absorpce část ochlazeného amoniakem syceného zahuštěného fugátu

recirkuluje před vstup do absorbéru.

Zařízení k zahušťování fugátu je tvořeno prvním ohřívačem surového fugátu napojeným na odplyňovač k odloučení amoniaku ze surového fugátu, který je propojen jednak na straně
5 odloučeného amoniaku s absorbérem určeným k adsorpci amoniaku v zahuštěném fugátu, jednak na straně odplyněného fugátu s druhým ohřívačem odplyněného fugátu. Přitom druhý ohřívač je napojen na odparku potrubím, do něž ústí zásobník kyseliny. Výstup zahuštěného fugátu z odparky je přitom napojen na absorbér amoniaku, z jehož výstupu je veden sycený fugát přes chladič do výstupu systému.

10 Ke snížení pěnivosti zpracovávaného fugátu do potrubí mezi prvním ohřívačem a odplyňovačem a/nebo mezi druhým ohřívačem a odparkou ústí zásobník rostlinného oleje.

15 Do potrubí odplyněného fugátu před druhým ohřívačem může ústit recirkulovaná část zahuštěného fugátu po průchodu chladicím potrubím odparky.

Objasnění výkresů

20 Vynález bude dále objasněn pomocí výkresu, na němž obr. 1 představuje schéma zapojení zařízení podle vynálezu k zahušťování fugátu bioplynové stanice.

Příklady uskutečnění vynálezu

25 Na poloprovozním dále popsaném zařízení byl proveden test způsobu zahušťování fugátu bioplynové stanice. Přitom odsazené odstavce v následujícím textu uvádějí konkrétní příklad testované technologie, zatímco neodsazené odstavce se týkají popsané technologie a zařízení obecně.

30 Surový fugát 1 z bioplynové stanice po mechanické separaci, s obsahem sušiny 3 %, pH 8,6, teplotou 21 °C a celkovým obsahem amoniakálního dusíku 4500 mg/l byl v prvním ohřívači HEX1 ohřát na teplotu 65 °C.

35 V rámci popsané technologie může mít vstupní proud surového fugátu 1 teplotu mezi 10 a 40 °C v závislosti na předchozím skladování a roční době. Obsah sušiny v surovém fugátu 1 se pohybuje mezi 1 a 8 % v závislosti na předchozím způsobu mechanické separace pevných částic. Rozměry pevných částic v surovém fugátu 1 nepřekračují 3 mm ve všech směrech. pH surového fugátu 1 se pohybuje v rozmezí 7,5 a 9,5 v závislosti na složení substrátu v bioplynové stanici a
40 technologickém postupu anaerobní fermentace. Obsah amoniaku vyjádřeného jako NH₄-N je v rozmezí 10 a 100 g na kg sušiny.

Surový fugát 1 je následně v ohřívači HEX1 ohříván na teplotu 45 až 70 °C. Jako ohřívač lze použít deskový výměník s minimální velikostí štěrbin 3 mm nebo vícechodý výměník typu trubka v trubce
45 s fugátem v trubkovém prostoru. Maximální teplotní rozdíl mezi horkou a studenou stranou výměníku nesmí dlouhodobě překročit 20 °C, čímž je minimalizováno zapékání organických látek na teplosměnné ploše. Teplota stěny na studené straně by neměla v žádném bodě výměníku dlouhodobě překročit 85 °C. Jako ohřevné médium pro výměník lze využít horkou vodu z chlazení kogenerační jednotky o teplotě mezi 75 a 89 °C. Minimální teplota horké vody na výstupu z
50 ohřívače HEX1 je 70 °C.

S ohledem na složení a pH fugátu byl do proudu ohřátého surového fugátu 1 nasáván z nádrže AFA protipěnový přípravek 2 - řepkový olej, který byl dávkován v poměru 1 litr na tunu fugátu.

55

V rámci popsané technologie lze jako protipěňivý přípravek použít rostlinný olej (slunečnicový, řepkový), který neznehodnocuje hnojivé vlastnosti fugátu. Dávkování protipěňivého přípravku 2 se pohybuje mezi 0,1 a 1,5 litry na tunu fugátu. Nasávání protipěňivého přípravku 2 do proudu ohřátého surového fugátu 1 zajišťuje podtlak v potrubním systému. Napojení protipěňivého přípravku 2 musí být v dostatečné blízkosti před odplyňovačem DEG tak, aby byl dostatečný nasávací podtlak v potrubí zajištěn.

Následně byl ohřátý surový fugát 1 přiváděn do pětistupňového odplyňovače DEG, ve kterém byl udržován absolutní tlak v rozmezí 0,2 bar (první komora) až 0,074 bar (poslední komora). Odpovídající teplota varu v jednotlivých stupních odplyňovače je vždy o 4 °C nižší, než je teplota fugátu na výstupu z předchozí komory, respektive na vstupu do odplyňovače DEG v případě komory první. Odplynění ohřátého surového fugátu 1 probíhá ve filmu kapaliny, která stéká po kuželové vestavbě. Úhel mezi osou kuželů a jejich pláštěm je 40°. Odloučené plyny 3 (NH₃, CO₂, H₂O g.) procházejí odplyňovačem DEG ve směru proudu roztoku a odcházejí do absorbéru ABS. Na výstupu z odplyňovače DEG měl odplyněný fugát 4 teplotu 40 °C a koncentraci amoniakálního dusíku 520 mg/l.

V rámci popsané technologie ohřátý surový fugát 1 obohacený o protipěňivý přípravek 2 vstupuje do jedno nebo více stupňového odplyňovače DEG, ve kterém je udržovaný absolutní tlak v rozmezí 0,01 až 0,6 bar. Tlak v jedné nebo více komorách odplyňovače DEG je nastaven s ohledem na teplotu proudu ohřátého surového fugátu 1 tak, aby platilo, že teplota varu roztoku při daném tlaku v komoře odplyňovače DEG je minimálně o 2 °C nižší, než je teplota proudu na vstupu do první komory odplyňovače nebo rovnovážná teplota v předcházející komoře odplyňovače. Vlivem teplotního rozdílu mezi vstupujícím fugátem a rovnovážnou teplotou varu v komoře odplyňovače DEG dojde k mžikovému odpaření části rozpouštědla (vody) a uvolnění velké části ve fugátu rozpuštěných plynů (NH₃, CO₂). Vznikající mikrobubliny vodní páry vytvářejí koncentrační spád mezi plynnou a kapalnou fází, čímž zintenzivňují přestup hmoty (NH₃, CO₂). Odloučené plyny (NH₃, CO₂, H₂O g.), zejména amoniak 3, procházejí odplyňovačem DEG ve směru proudu fugátu obtokovým potrubím a odcházejí z odplyňovače DEG do absorbéru ABS. Absolutní tlak klesá napříč odplyňovačem DEG ve směru proudění odplyňovaného fugátu. Platí, že v komoře d.1 je tlak nejvyšší a v komoře d.n nejnižší. Pro komory d.1 až d.n-1 odplyňovače DEG platí, že z nich odplyňovaný fugát pokračuje do sousední komory ve směru klesajícího tlaku.

Účinnost odplynění může být zvýšena přísávaním vzduchu nebo jiného plynu do komory jednostupňového nebo do první komory d.1 vícestupňového odplyňovače DEG prostřednictvím obtokového potrubí. Pro stanovení počtu stupňů odplyňovače platí vztah $N,deg = C,am / 1000$, kde C,am je koncentrace NH₄-N v mg na litr ohřátého surového fugátu 1 a N,deg je výsledný počet stupňů zaokrouhlený na nejbližší vyšší celé číslo.

Odplynění surového fugátu 1 v odplyňovači DEG probíhá ve filmu kapaliny, čímž se minimalizuje pění fugátu. Vytvoření filmu kapaliny je zajištěno použitím kuželové vestavby, která se skládá z jednoho vertikálně uloženého kuželu nebo ze série minimálně dvou vertikálně uložených kuželů, jejichž osy leží na jedné přímce. V případě sériového uložení vždy platí, že dva sousedící kužely mají různou orientaci. Série minimálně dvou kuželů je tvořena opakující se kombinací kolmého kruhového kuželu a komolého kruhového kuželu, přičemž průměr podstavu kolmého kruhového kuželu je vždy menší než průměr dolní podstavu komolého kruhového kuželu. V sérii minimálně dvou vertikálně uložených kuželů vždy platí, že na podstavu kolmého kruhového kuželu navazuje dolní podstava komolého kruhového kuželu a na horní podstavu komolého kruhového kuželu navazuje vrchol kolmého kruhového kuželu. Dále pro oba kužele platí, že úhel mezi osou kuželu a pláštěm je 30 až 45°.

V případě vícestupňového uspořádání odplyňovače je tlakový rozdíl mezi komorami zajištěn pomocí hydraulického zámku, který je vymezen sousedícími podstavami lichých a sudých kuželů, počítáno od vstupu proudu fugátu do odplyňovače.

Odplyněný fugát 4 je z odplyňovače DEG odváděn pomocí odstředivého čerpadla P1 s dvojitou mechanickou ucpávkou. Vertikálně uložené potrubí mezi dnem odplyňovače DEG a čerpadlem P1 musí být minimálně 1 m dlouhé pro zajištění dostatečného tlaku na sání čerpadla. Pro dosažení potřebné úrovně odplynění lze za čerpadlo P1 zařadit recirkulaci části fugátu zpět na vstup do odplyňovače DEG.

Za odplyňovačem DEG se odplyněný fugát 4 mísí s recirkulující částí zahuštěného fugátu 5 v poměru 1 ku 18. Teplota směsi je 63 °C, obsah sušiny 11,5 %, pH 6,5, koncentrace amoniakálního dusíku je 1960 mg/l.

V rámci popsané technologie se za čerpadlem P1 odplyněný fugát 4 může mísit s recirkulující částí zahuštěného fugátu 5 v poměru 1:10 až 1:28. Napojení odplyněného fugátu 4 na recirkulující část zahuštěného fugátu 5 může být před i za rekuperační částí odparky EVAP.a.

Směs 6 odplyněného fugátu 4 a recirkulovaného zahuštěného fugátu 5 byla ohřátá na teplotu 70 °C.

V rámci popsané technologie může být směs 6 odplyněného a recirkulovaného zahuštěného fugátu 5 o teplotě mezi 40 a 80 °C v tepelném výměníku HEX ohřívána na teplotu 50 až 85 °C. Jako tepelný výměník HEX lze použít deskový výměník s minimální velikostí štěrbin 3 mm nebo vícechodový výměník typu trubka v trubce s fugátem v trubkovém prostoru. Maximální teplotní rozdíl mezi horkou a studenou stranou výměníku nesmí dlouhodobě překročit 20 °C, čímž je minimalizováno zapékání organických látek na teplosměnné ploše. Teplota stěny na studené straně by neměla v žádném bodě výměníku dlouhodobě překročit 85 °C.

Následně bylo redukováno pH směsi 6 pomocí kyseliny sírové nasávané ze zásobní nádrže ACID na hodnotu 6,4.

V rámci popsané technologie lze použít kyselinu sírovou nebo dusičnou, přičemž pH suspenze směsi 6 je redukováno na hodnotu 3 až 7,5 v závislosti na složení surového fugátu 1 a koncentraci amoniaku. Nasávání kyseliny do proudu směsi 6 zajišťuje podtlak v potrubním systému. Napojení větve kyseliny na proud směsi 6 musí být v dostatečné blízkosti před částí EVAP.a odparky tak, aby byl dostatečný nasávací podtlak v potrubí zajištěn.

S ohledem na složení a pH fugátu se do proudu okyselené směsi 6 nasával protipěnový přípravek 2 z nádrže AFA, a to řepkový olej při dávce 0,1 litru na tunu směsi.

V rámci popsané technologie jako protipěnový přípravek lze použít rostlinný olej (slunečnicový, řepkový), který neznehodnocuje hnojivé vlastnosti fugátu. Dávkování protipěnového přípravku se pohybuje mezi 0,05 a 1 litr na tunu fugátu. Nasávání protipěnového přípravku 2 do proudu směsi 6 zajišťuje podtlak v potrubním systému. Napojení protipěnového přípravku 2 musí být v dostatečné blízkosti před odparkou EVAP.a tak, aby byl dostatečný nasávací podtlak v potrubí zajištěn.

Okyselená směs 6 byla přiváděna do vakuové odparky EVAP, kterou tvoří tři komory rekuperační části EVAP.a a tři komory chladicí části EVAP.b. Absolutní tlak v odparce byl nastaven v rozmezí 0,25 bar (1. komora) až 0,094 bar (6. komora). Odpovídající teplota varu v jednotlivých komorách odparky byla vždy o 4,2 °C nižší, než je teplota fugátu na výstupu z předchozí komory, respektive na vstupu do vakuové odparky v případě komory první. Vlivem teplotního rozdílu mezi vstupujícím fugátem a rovnovážnou teplotou varu v odpařovacích komorách dojde k mžikovému odpaření části rozpouštědla (vody). Díky sníženému pH je minimalizováno uvolňování amoniaku, jehož koncentrace v kondenzátu je na úrovni 25 mg/l při pH 8,1. Výstupní zahuštěný fugát 5 byl částečně recirkulován s odplyněným fugátem 4 a částečně přečerpáván do absorbéru ABS. Zahuštěný fugát 5 měl teplotu 45 °C, obsah sušiny 12 %, pH 6,4 a koncentraci celkového amoniaku 2036 mg/l.

Okyselená přehřátá směs 6 s přísadkou protipěnicího přípravku 2 vstupuje do 1. komory a.1 rekuperační části EVAP.a odparky. V 1. odpařovací komoře a.1 udržován absolutní tlak v rozmezí 0,1 až 0,6 bar. Tlak v 1. odpařovací komoře a.1 nastaven s ohledem na teplotu proudu směsi 6 tak, aby platilo, že teplota varu směsi 6 při daném tlaku v odpařovací komoře a.1 minimálně o 2 °C nižší, než je teplota proudu směsi 6 na vstupu do rekuperační části EVAP.a. Vlivem teplotního rozdílu mezi vstupující směsí 6 a rovnovážnou teplotou varu v odpařovací komoře a.1 dojde k mžikovému odpaření části rozpouštědla (vody). Díky sníženému pH je minimalizováno uvolňování plynného amoniaku (NH₃).

V rámci popsané technologie se rekuperační část EVAP.a odparky skládá z min. jedné a maximálně osmi odpařovacími komorami a.1 až a.n. Chladicí část EVAP.b odparky se skládá z min. jedné a maximálně pěti odpařovacími komorami b.1 až b.n. Jednotlivé odpařovací komory mohou stát samostatně nebo mohou být sdruženy do modulů. V rámci modulu sdílí sousední odpařovací komory svoje stěny. Rekuperační část EVAP.a a chladicí část EVAP.b mohou stát samostatně nebo být sdruženy do jednoho modulu.

Absolutní tlak klesá napříč částmi vakuové odparky EVAP.a, EVAP.b. Platí, že v komoře a.1 je tlak nejvyšší a v komoře b.n nejnižší. Vytvořený tlakový spád zajišťuje pohyb zahušťované směsi 6, kondenzátu 7 vody a inertních plynů 8 skrze odparku počínaje 1. odpařovací komorou a.1 a konče poslední odpařovací komorou b.n, přes níž procesní proudy opouštějí prostory odparky. Pro odpařovací komory a.1 až b.n-1 platí, že z nich procesní proudy pokračují do sousední odpařovací komory ve směru klesajícího tlaku.

Pro libovolnou odpařovací komoru a.i, b.n platí, že vytvořená vodní pára a uvolněné inertní plyny stoupají odpařovací komorou skrze demistery. Vodní pára kondenzuje na povrchu chladicího potrubí. V demisterech dochází k odloučení drobných kapiček zahušťované směsi, které jsou unášeny proudem vodní páry a inertních plynů. Kolmá horizontální vzdálenost mezi provozní nezpěněnou hladinou zahušťovaného roztoku a spodní hranou demisteru je minimálně 0,5 m. Chladicí potrubí je umístěno nad demistery v horní části odpařovací komory. Pod chladicím potrubím je umístěn záchytný žlab kondenzátu. Jako chladicí médium v rekuperační části EVAP.a odparky je používána recirkulující část koncentrovaného fugátu 5. Jako chladicí médium v chladicí části EVAP.b odparky je používána externí chladicí voda s maximální vstupní teplotou 30 °C a maximální výstupní teplotou 40 °C. Oba chladicí proudy procházejí odpařovacími komorami proti směru proudění zahušťované směsi.

Výstupní proud zahuštěného fugátu 5 je z poslední odpařovací komory b.n odčerpáván odstředivým čerpadlem P2 s dvojitou mechanickou ucpávkou. Vertikálně uložené potrubí mezi dnem poslední komory b.n a čerpadlem P2 musí být minimálně 1 m dlouhé pro zajištění dostatečného tlaku na sání čerpadla.

Odčerpáný zahuštěný fugát 5 je částečně recirkulován a používán jako chladicí médium pro rekuperační část EVAP.a odparky. Zbytek odčerpáného zahuštěného fugátu 5 odchází do absorberu ABS. Koncentrace sušiny v zahuštěném fugátu 5 je mezi 6 a 16 % a záleží zejména na původním složení surového fugátu 1, odpařovacím výkonu odpařovací jednotky EVAP a poměru mezi hmotnostními průtoky rozděleného zahuštěného fugátu 5 za čerpadlem P2.

Kondenzát 7 vodní páry je z poslední odpařovací komory b.n odčerpáván pomocí třetího odstředivého čerpadla P3. Vertikálně uložené potrubí mezi dnem poslední komory b.n a druhým čerpadlem P2 musí být minimálně 1 m dlouhé pro zajištění dostatečného tlaku na sání čerpadla. Koncentrace amoniaku vyjádřeného jako NH₄-N v kondenzátu 7 je rovna nebo nižší než 50 mg/l a pH je mezi 6,5 a 8,5.

Před vstupem do vakuového absorberu ABS byl zahuštěný fugát 5 smíchán s recirkulující částí syčeného fugátu 9 vystupujícího z absorberu ABS, přitom fugát 10 vstupující do absorberu ABS měl teplotu 36 °C a pH 6,9.

5 Ve třípatrovém absorberu ABS došlo ke kondenzaci vodní páry a reakci amoniaku se vstupujícím fugátem 10. Absolutní tlak v absorberu ABS byl na úrovni 0,07 bar. Odpovídající teplota varu (39 °C) je o 3 °C vyšší než teplota vstupujícího fugátu 10.
10 Koncentrace celkového dusíku ve vystupujícím syceném fugátu 9 byla 18 240 mg/l, při pH 7,6. Po výstupu z absorberu byl sycený fugát 9 ochlazen na teplotu 32 °C. Ochlazený sycený fugát 9 byl částečně recirkulován přes absorber ABS, částečně byl jako jeden z konečných produktů odveden ze systému ke skladování. Poměr mezi objemem výstupního syceného fugátu 9 a surového fugátu 1 fugátu je 0,25.

10 V rámci popsané technologie může být teplota vstupujícího fugátu 10 mezi 30 a 50 °C a pH v rozmezí 4,0 a 8,0. Směs odloučených plynů 3 odchází z odplyňovače DEG do absorberu ABS, kde je protisměrně skrápěna vstupním fugátem 10 s hodnotou pH pod 8,0. Absorber ABS je konstruován jako sprchový kondenzátor, v němž se vytvoří mezi jednotlivými patry přepážek
15 filmové clony kapaliny, jimiž prochází směs plynů z odplyňovače DEG. V přímém kontaktu se vstupujícím fugátem 10 dochází ke kondenzaci vodní páry a k chemické reakci amoniaku s fugátem. Patrová vestavba absorberu ABS sestává minimálně ze 2 horizontálně uložených pater.

20 Aby bylo zajištěno dostatečné množství kapaliny pro správnou funkci absorberu ABS, je sycený fugátu 9 z absorberu cirkulován čtvrtým čerpadlem P4 přes chladič HEX3, který odvádí teplo z kondenzace vodní páry. Jako chladič HEX3 lze použít deskový výměník s minimální velikostí štěrbin 3 mm nebo vícechodý výměník typu trubka v trubce s fugátem v trubkovém prostoru. Jako chladičí médium je použita chladičí voda s maximální vstupní teplotou 30 °C a maximální výstupní teplotou 40 °C.

25 Do cirkulujícího syceného fugátu 9 je před vstupem do absorberu ABS přiveden zahuštěný fugát 5 z odparky EVAP. Přebytek objemu cirkulujícího výstupního syceného fugátu 9 je za chladičem HEX3 odveden do skladovacího tanku. Poměr mezi objemem výstupního syceného fugátu 9 a surového fugátu 1 je minimálně 0,5.

30 Ve vakuovém absorberu ABS je udržován absolutní tlak v rozmezí 0,05 až 0,3 bar. Rovnovážná teplota varu kapaliny při daném tlaku v absorberu ABS musí být minimálně o 2 °C vyšší než teplota vstupujícího fugátu 10.

35 Směs nezkondenzovaných a nezreagovaných a inertních plynů z absorberu ABS a odpařovací jednotky EVAP je ze systému odváděna pomocí vodokružné vývěvy nebo vodního ejektoru VP. Stablní tlakové poměry v systému jsou zajištěny přísáváním proudu vzduchu do směsi plynů před ejektorem VP.

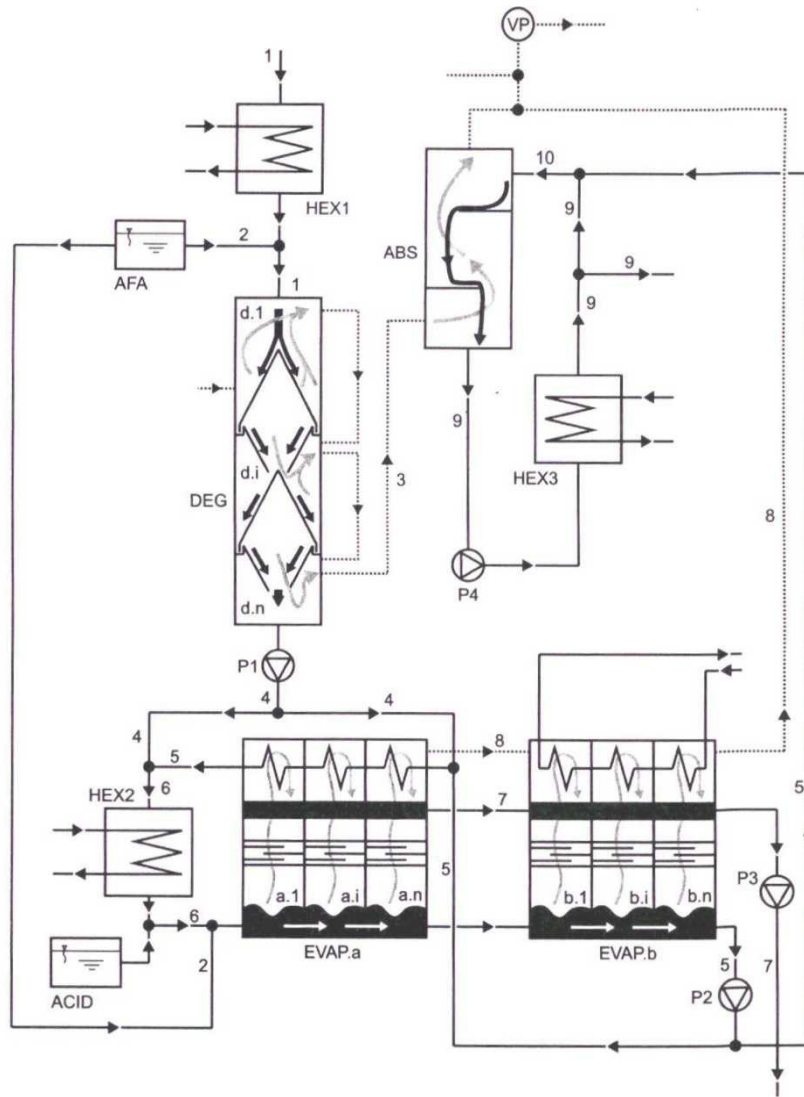
40 Popsaný vynález lze použít i pro jiné typy průmyslových či zemědělských odpadních a procesních vod s vysokou koncentrací amoniaku. Podmínkou je obsah sušiny do 8 % objemových a nízká koncentrace těkavých látek, které by mohly znehodnotit kvalitu produktů zahušťování.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob zahušťování fugátu bioplynové stranice zbaveného hrubých pevných částic, **vyznačující se tím**, že surový fugát ohřátý na teplotu 45 °C až 70 °C se vede k alespoň
5 jednostupňovému odplynění při tlaku v rozmezí 0,01 až 0,6 bar, přičemž odloučený amoniak se odvádí k absorpci do zahuštěného fugátu, zatímco odplyněný fugát ohřátý na 50 °C až 85 °C, jehož
pH se upraví na hodnotu 3 až 7,5, se podrobí odpařování za tlaku 0,1 až 0,6 bar v alespoň dvou
10 stupních odpařování, načež se odplyněný zahuštěný fugát vede k absorpci amoniaku odloučeného
při odplynění fugátu a po ochlazení se amoniakem sycený zahuštěný fugát odvádí ze systému.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se do surového fugátu před jeho odplyněním
přidá rostlinný protipěnový přípravek v množství 0,1 až 1,5 l na 1 m³ fugátu.
- 15 3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že tlak v jednotlivých stupních odplynění
se nastaví tak, aby teplota varu v 1. stupni byla minimálně o 2 °C nižší než teplota fugátu na vstupu
do odplynění a teplota v n-tém stupni odplynění byla minimálně o 2 °C nižší než rovnovážná
teplota v předchozím stupni.
- 20 4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že fugát při odplynění stéká
ve vrstvě.
5. Způsob podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že odplyněný fugát se před
úpravou pH mísí s recirkulovanou částí zahuštěného fugátu v poměru 1:10 až 1:28.
- 25 6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že zahuštěný fugát před smísením s odplyněným
fugátem odebírá teplo parám odpařujícího se fugátu.
7. Způsob podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že část ochlazeného amoniakem
30 syceného zahuštěného fugátu recirkuluje před vstupem do absorbéru.
8. Zařízení k zahušťování fugátu způsobem podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je tvořeno
prvním ohřívačem (HEX1) surového fugátu (1) napojeným na odplyňovač (DEG) k odloučení
amoniaku (3) ze surového fugátu (1), který je propojen jednak na straně odloučeného amoniaku (3)
35 s absorbérem (ABS) určeným k absorpci amoniaku (3) v zahuštěném fugátu (5), jednak na straně
odplyněného fugátu (4) s druhým ohřívačem (HEX2) odplyněného fugátu (4), přičemž druhý
ohřívač (HEX2) je napojen na odparku (EVAP) potrubím, do nějž ústí zásobník (ACID) kyseliny
a přičemž výstup zahuštěného fugátu (5) z odparky (EVAP) je napojen na vstup absorbéru (ABS)
amoniaku, z jehož výstupu je veden sycený fugát (9) přes chladič (HEX3) do výstupu ze systému.
- 40 9. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že do potrubí mezi prvním ohřívačem (HEX1)
a odplyňovačem (DEG) a/nebo mezi druhým ohřívačem (HEX2) a odparkou (EVAP) ústí zásobník
(AFA) rostlinného oleje.
- 45 10. Zařízení podle některého z nároků 8 a 9, **vyznačující se tím**, že do potrubí odplyněného fugátu
(4) před druhým ohřívačem (HEX2) ústí recirkulovaná část zahuštěného fugátu (5) po průchodu
chladicím potrubím odparky (EVAP).

1 výkres

50



Obr. 1