

(10) **LT 6011 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **6011** (51) Int. Cl. (2014.01): **B01F 5/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2013 059**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2013 06 03**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2013 12 27**
- (45) Patento paskelbimo data: **2014 03 25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:  
**Vladas VEKTERIS, LT**  
**Andrius STYRA, LT**  
**Vytautas STRIŠKA, LT**  
**Artūras KILIKEVIČIUS, LT**
- (73) Patento savininkas:  
**Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio alėja 11, LT-10223**  
**Vilnius, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
—

(54) Pavadinimas:  
**Pulsuojančio srauto ežektorius**

(57) Referatas:

Išradimas priklauso skysčių prisotinimo deguonimi įrenginių sričiai ir gali būti taikomas vandens paruošimo sistemose, kur reikalaujama valomą vandenį prisotinti deguonimi prieš pat taršos pašalinimo procesą, taip pat gali būti panaudotas kitose pramonės šakose, pvz., biotechnologijos bei chemijos pramonėje, kur reikalingi skysčio prisotinimo dujomis procesai, kai yra kintamas jų tekėjimo debitas. Darbinio skysčio srautas veikiant slėgiui tiekiamas į žiočių ertmę kur yra įsukamas, dėl tangentine kryptimi išdėstytų kiaurymių žiočių sienelėje ir nukreipiamas į žiočių dugną. Papildoma įsukto darbinio srauto turbulencija sukurama dėl dugne esančių iškilimų. Neigiamas slėgis susidaro netaisyklingo trikampio pasvirusios piramidės formos iškilimų siauriausioje jų plokštumoje ties kiaurymę jungiančia žiotis su ežektuojamos terpės ertme. Per šią kiaurymę patenka ežektuojamas srautas, kuris susimaišo su darbinio skysčiu. Pasikeitus dinaminio ir statinio slėgių santykiui

užsuktas srautas pradeda tekėti difuzoriaus link, uždarydamas darbinio skysčio patekimą pro kiaurymes į žiotis, o tai sumažina statinį slėgį, todėl vėl atsirado skysčio tekėjimas tangentine kryptimi išdėstytomis kiaurymėmis į žiočių ertmę. Procesas gali kartotis nuo 1 iki 20,0 kHz. Tai sudaro geras sąlygas dvejų terpių susimaišymui, o iškilimų išdėstymas žiočių dugne didėjančia nuo žiočių centro link sienelės radialinės krypties linkme, užtikrina tolygų ežektuojamos terpės patekimą į žiočių ertmę, kai yra kintamas darbinio skysčio tekėjimo debitas.

Išradimas priklauso skysčių prisotinimo deguonimi įrenginių sričiai ir gali būti taikomas kintamojo debito geriamojo vandens paruošimo sistemose, kur reikalaujama valomą vandenį prisotinti deguonies prieš pat taršos pašalinimo procesą, taip pat gali būti panaudotas kitose pramonės šakose, pvz., biotechnologijos bei chemijos pramonėje, kur reikalingi skysčio prisotinimo dujomis procesai, kai yra kintamas jų tekėjimo debitas.

Žinomas analogas yra ežektorius, sudarytas iš korpuso, kuriame patalpintas konfuzorius su pailginta siaurosios pusės cilindrine dalimi, o ežektuojama terpė patenka į korpusą pro kiaurymę, kuri nukreipta darbinio skysčio tekėjimo kryptimi. Dėl priešingų krypčių sraigtinių linijų pagalba, išdėstytų išilgai srauto tekėjimo krypties ant išorinio ir vidinio paviršių, ežektuojama terpė sumaišoma su darbinio skysčiu. Efektyvus sumaišymas galimas tik esant tam tikram turbulentiškumo laipsniui, kuris tiesiogiai priklauso nuo darbinio skysčio tekėjimo greičio (žr. patentą LT 5527 B, TIK B01F 3/04).

Šio įrenginio konstrukcija negali užtikrinti stabilios ežektuojamos terpės koncentracijos darbiniam skystyje, esant kintamam jo debitui, todėl ir jo efektyvumas keičiasi, kintant darbinio skysčio srauto debitui. Ypač tai pasireiškia esant mažiems darbinio srauto debitams.

Kitas žinomas analogas – maišytuvas-ežektorius, susidedantis iš difuzoriaus, konfuzoriaus ir žiočių. Žiočių ertmė kanalu sujungta su ežektuojama terpe. Konfuzoriaus ir difuzoriaus paviršiuose išilgai darbinio srauto tekėjimo krypties suformuoti kanalai ir iškilimai, dėl kurių vyksta intensyvesnis ežektuojamos terpės ir darbinio skysčio kontaktas ir jie geriau susimaišo (žr. patentą WO99/28021, TIK B01F 5/04). Tačiau analoge išdėstytų kanalų ir iškilimo sistema negali užtikrinti proporcingo ežektuojamos terpės kiekio, pratekančio darbinio skysčio debitui. Esant kintamam darbinio skysčio debitui, ežektuojamos terpės kiekis nėra tiesiškai priklausomas nuo pratekančio darbinio skysčio debito. Tai ypač pasireiškia esant mažiems debitams, kada suformuoti plyšiai ir iškilimai darbinio skysčio tekėjimo kelyje negali sukurti pakankamos srauto turbulencijos. Netiesinė ežektuojamos terpės kiekio priklausomybė nuo darbinio skysčio debito mažina šio maišytuvo – ežektoriaus efektyvumą ir siaurina jo panaudojimo galimybes.

Siūlomo įrenginio tikslas – padidinti pulsuojančio srauto ežektoriaus

efektyvumą, užtikrinant ežektuojamos terpės debito tiesinę priklausomybę nuo darbinio skysčio srauto debito.

Išradimo tikslas pasiekiamas dėl žiočių dugne išdėstytų netaisyklingo trikampio nuožulniosios piramidės formos iškilimų radialine kryptimi, kiekiu  $m$ , su kiauryme piramidės sienelėje, kurios ašis statmena sienelei, o pati sienelė žiočių ašies atžvilgiu sudaro kampą  $\alpha$ . Kiaurymė, esanti iškilimo sienelėje, jungia žiočių ertmę su ežektuojamos terpės ertme. Darbinio skysčio ertmė su žiočių ertme sujungta kiaurymėmis, kurios nukreiptos tangentine kryptimi, kiekiu  $n$ , pasvirusiomis kampu  $\beta$  į žiočių dugną. Iškilimų su kiaurymėmis, kurios jungia žiočių ertmę su ežektuojamos terpės ertme kiekis  $m$ , susietas su kiaurymių, jungiančių darbinio skysčio ir žiočių ertmes kiekiu, šia priklausomybe:

$$m = kn,$$

čia:  $k$  – sveikasis skaičius  $\geq 2$ .

Išradimas iliustruojamas brėžiniais, parodytais fig. 1 – 3.

Fig. 1 – bendras įrenginio vaizdas pjūvyje. Šiame brėžinyje pavaizduotas ežektoriaus difuzorius, žiotys, žiočių dugnas su iškilimais bei ežektuojamos terpės ir darbinio skysčio įtekėjimo kiaurymės.

Fig. 2 – pjūvis A – A fig. 1 per kiaurymes, kurios nukreiptos kampu  $\beta$ , tangentine kryptimi į žiočių dugną. Šiame brėžinyje taip pat matyti iškilimų išsidėstymas žiočių dugne tangentine kryptimi nukreiptų kiaurymių, esančių žiočių sienelėse, atžvilgiu.

Fig. 3 – pjūvis B – B fig. 2, jame matyti kiaurymės padėtis iškilimų sienelėje, kuri sudaro su žiočių ašimi posvyrio kampą  $\alpha$  ir sujungia žiočių ir ežektuojamos terpės ertmes.

Pulsuojančio srauto ežektorių, kaip pavaizduota fig.1, sudaro korpusas 1, kuriame suformuotas difuzorius 2. Cilindrinės formos žiotis 3 susijungia su difuzoriumi 2 ties siaurėjančia jo dalimi 4. Žiotys 3 nuo darbinio skysčio ertmės 5 atskirtos sienele 6. Statmenai cilindrinės formos žiočių 3 ašiai 7 suformuotas dugnas 8, kuris atskiria žiočių 3 ertmę nuo ežektuojamos terpės ertmės 9, kuri suformuota korpuse 1. Žiočių 3 dugne 8 radialiai, didėjančia kryptimi sienelės 6 pusėn, išdėstyti netaisyklingo trikampio nuožulniosios piramidės formos iškilimai 10, kurių siauriausia

plokštuma 11 sudaro su ašimi 7 kampą  $\alpha$ . Iškilimo 10 plokštumoje 11, statmenai jos paviršiui, suformuota kiaurymė 12, jungianti žiotis 3 su ežektuojamos terpės ertme 9. Žiočių 3 sienelėje 6 tangentine kryptimi suformuotos kiaurymės 13, kurios kampu  $\beta$  nukreiptos į žiočių dugną 8. Iškilimų 10 su kiaurymėmis 12 kiekis  $m$  susietas su sienelės 6 kiaurymių 13 kiekiu  $n$  šia priklausomybe:

$$m = kn,$$

čia:  $k$  – sveikasis skaičius  $\geq 2$ .

### Pulsuojančio srauto ežektoriaus veikimas

Darbinio skysčio srautas veikiant slėgiui tiekiamas į darbinio skysčio ertmę 5 korpuse 1, iš kurios per kiaurymes 13, nukreiptas tangentine kryptimi, patenka į žiočių ertmę 3. Dėl kiaurymių 13 nukreiptų tangentine kryptimi išdėstymo, darbinio skysčio srautas yra įsukamas, o dėl jų posvyrio kampo  $\beta$ , srautas dar ir nukreipiamas į žiočių dugną 8. Įsuktas srautas, pasiekęs žiočių dugną 8, kur jame esantys iškilimai 10, išdėstyti radialine didėjančia kryptimi žiočių sienelių link, sukelia papildomą užsukto srauto turbulenciją. Sukelta papildoma srauto turbulencija dėl iškilimų 10 kintamo aukščio, mažėjančių link srauto sukimosi ašies, kuri sutampa su žiočių 7 ašimi, lieka pastovi, nes kintant sukimosi greičiui centro link mažėja ir spindulio ilgis tarp gretimų iškilimų. Tokiu būdu turbulencijos intensyvumas pagal visą iškilimo ilgį lieka pastovus. Nukreiptas į dugną 8 ir žiotyse 3 besisukantis srautas, aplenkdamas iškilimą 10 ties briauna, sudarančią su dugnu 8 siauriausią plokštumą 11, kurioje suformuota kiaurymė 13, ties ją sudaro neigiamą slėgį. Dėl suformuoto neigiamo slėgio per kiaurymę 13, esančią iškilimo 10 plokštumoje 11, ežektuojama terpė patenka į žiotis 3. Ežektuojama terpė dėl iškilimų 10 sukurtos turbulencijos pradeda maišytis su darbinio skysčiu ir kitą iškilimą 10 jau pasiekia ežektuojamos terpės ir darbinio skysčio mišinys. Dėl susiformavusios terpės tankio pasikeitimo ežektuojama zona ties kitu iškilimu 10 keičiasi, keičiasi ir srauto dinaminis slėgis, o tai proporcingai keičia ir srauto dinaminio ir statinio slėgių santykį. Padidėjęs srauto statinis slėgis nukreipia susiformavusį mišinį difuzoriaus 2 link. Tekantis srautas užblokuoja tangentine kryptimi esančias kiaurymes 13 ir pristabdo iš ertmės 5 darbinio skysčio patekimą į žiotis 3. Tekant nuo žiočių 3 dugno 8 srautui difuzoriaus 2 link mažėja statinis srauto slėgis, o tai atidaro darbinio skysčio tekėjimą pro tangentine kryptimi

nukreiptas kiaurymes 13 į žiočių ertmę 3. Sumažėjus statiniam slėgiui proporcingai didėja dinaminis slėgis ir darbinis skystis vėl pradeda tekėti pro tangentine kryptimi nukreiptas kiaurymes 13. Procesas kartojasi dažniu, priklausomu nuo tiekiamo darbinio skysčio slėgio, žiočių 3 matmenų, kiaurymių 13 pasvirimo kampo  $\beta$ . Srauto pulsacijos dažnis gali svyruoti nuo 1 iki 20 kHz. Ežektuojamos terpės kiekis daugiausia priklauso nuo iškilimo 10 dydžio ir jų santykinio kiekio kiaurymių 13, nukreiptų tangentine kryptimi, atžvilgiu. Ežektuojamos terpės kiekio tiesinė priklausomybė nuo darbinio skysčio srauto, esant kintamiems jo debitams, užtikrinama netaisyklingo trikampo nuožulnios piramidės formos iškilimais 10, išdėstytais radialine kryptimi ir didėjančiais žiočių sienelių 6 link ir jų apibrėžtų kiekio santykiu su kiaurymių 13, nukreiptų tangentine kryptimi sienelėje 6, kiekiu.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Pulsuojančio srauto ežektorius, susidedantis iš korpuso (1) su difuzoriumi (2), kurio siaurėjanti kūginė dalis (4) pereina į cilindrinės formos žiotis (3), ties kuriomis per sienelę (6) pagal visą jos išorės perimetrą suformuota ertmė (6), susijungianti su kiauryme, kurios ašis statmena žiočių (3) ašiai (7), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad priešingoje pusėje nuo difuzoriaus (2), statmenai žiočių ašiai (7), suformuotas dugnas (8), kuriame radialine kryptimi nuo centro išdėstyti netaisyklingo trikampio nuožulniosios piramidės formos iškilimai (10), tolygiai didėjantys sienelių (6) link, o siauriausia piramidės šoninė plokštuma (11) sudaro kampą  $\alpha$  su žiočių ašimi (7), antra piramidės šoninė plokštuma tolygiai pereina į dugną ties kitos piramidės plokštumos (10) pradžia, mažėjančia žiočių centro (7) link.

2. Pulsuojančio srauto ežektorius pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kiekvieno netaisyklingo trikampio nuožulniosios piramidės formos iškilimo (10) plokštumoje (11), sudarančioje kampą  $\alpha$  su žiočių ašimi (7), suformuota kiaurymė (12), statmena šiai plokštumai (10) ir jungianti žiotis (3) su ežektuojamos terpės ertme (5).

3. Pulsuojančio srauto ežektorius pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad žiočių (3) sienelėje (6) tangentine kryptimi suformuotos kiaurymės (13), pasvirusios į žiočių dugną (8) kampu  $\beta$  ir nukreiptos priešpriešiais į kiaurymę (12), suformuoti netaisyklingo trikampio nuožulniosios piramidės formos iškilimai (10), statmeni plokštumai (11), o šių iškilimų (10) su kiaurymėmis (12) kiekis  $m$  susietas su sienelės (6) kiaurymių (13) kiekiu  $n$  šia priklausomybe:

$$m = kn,$$

čia:  $k$  – sveikasis skaičius  $\geq 2$ .

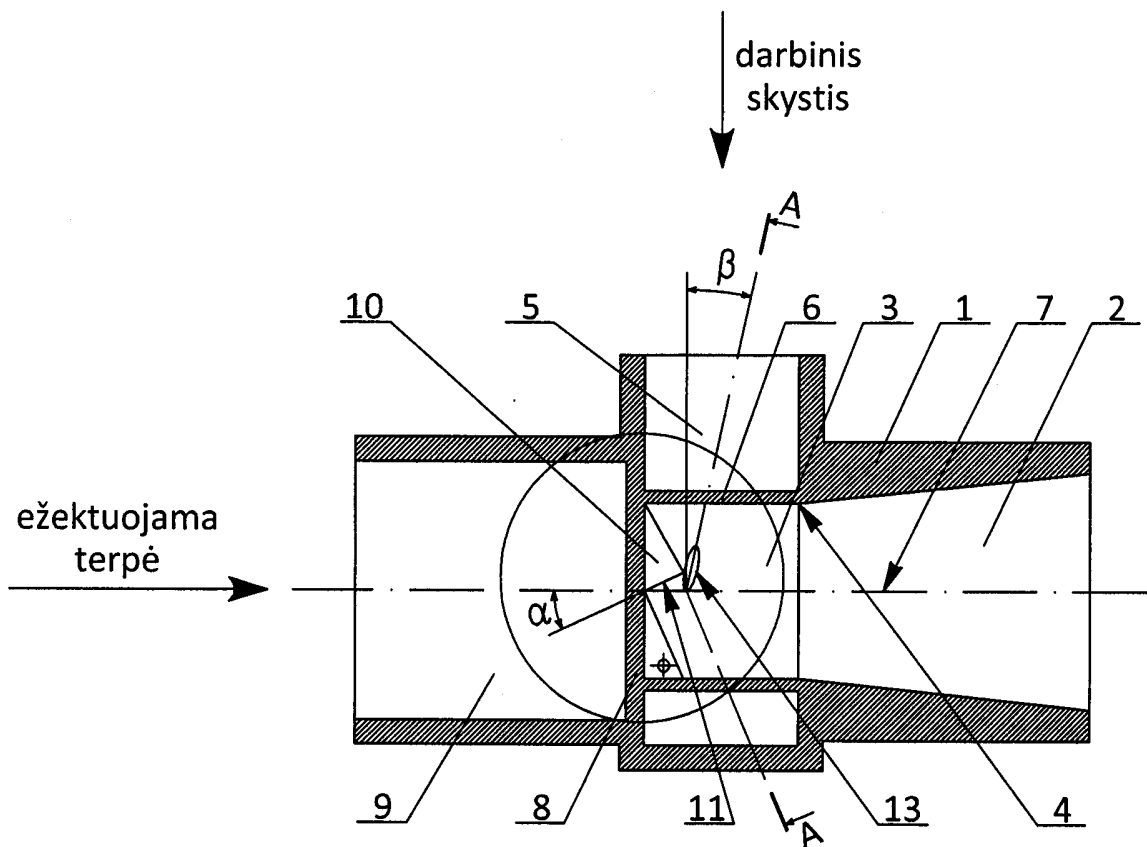


Fig. 1

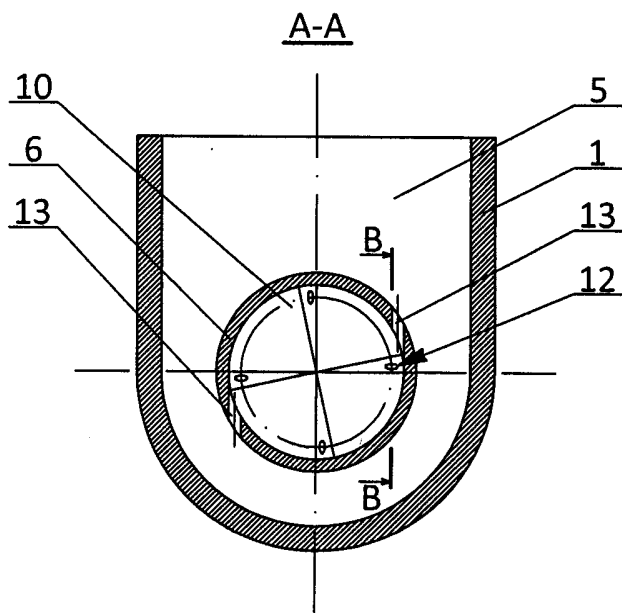


Fig. 2

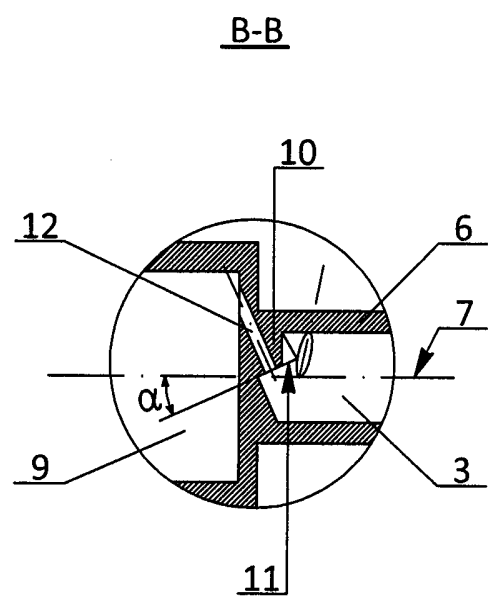


Fig. 3