

(11) Patent numeris: **6849** (51) Int. Cl. (2021.01): **B03C 3/00**

(21) Paraiškos numeris: **2020 511**

(22) Paraiškos padavimo data: **2020-02-11**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-08-25**

(45) Patent paskelbimo data: **2021-09-27**

(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:

Pranas BALTRĖNAS, LT

(73) Patent savininkas:

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Gediminas PRANEVIČIUS, Advokatų profesinė bendrija IP FORMA, Užupio g.30, LT-01203 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Vienazonis spyruoklinis elektrostatinis oro valymo filtras ir būdas

(57) Referatas:

Išradimas skirtas oro valymo įrenginiams, kuriuose kietosios dalelės iš oro srauto atskiriamos, veikiant Kulono jėgai. Išradimo tikslas – patobulinti elektrostatinio filtro orui nuo smulkiadispersinių kietųjų dalelių valyti konstrukciją, padidinti oro valymo efektyvumą, našumą bei supaprastinti eksploataciją. Šio išradimo vienazonį spyruoklinį elektrostatinį filtrą sudaro stačiakampis korpusas su viduje sumontuota spyruoklinių jonizavimo ir nusodinimo elektrodų matrica, įrengta tarp dešinėsios ir kairiosios korpuso sienelių, tarp kurių ventiliatoriumi užterštas kietosiomis dalelėmis oras (dvifazis srautas) tiekiamas į jonizavimo (teigiamą ir neigiamą) ir nusodinimo spyruoklinių elektrodų matricą. Spyruokliniai jonizavimo elektrodai izoliuoti nuo filtro korpuso. Spyruokliniai nusodinimo elektrodai sumontuoti su persidengiančiomis vijomis, kas padidina šiose zonose elektrostatinio lauko stiprumą, dalelės įgauna didesnę krūvį, o tuo pačiu pagerėja oro valymo efektyvumas.

IŠRADIMO SRITIS

Išradimas skirtas oro valymo įrenginiams, kuriuose kietosios dalelės iš oro srauto atskiriamos, veikiant Kulono jėgai. Elektrostatiniai filtrai labai plačiai naudojami kietųjų ir skystųjų aerozolių dalelėms išskirti iš oro srauto. Elektrostatiniai filtrai gali veikti prie labai skirtingų darbo temperatūrų, pasižymi aukštu valymo efektyvumu, mažu aerodinaminiu pasipriešinimu, nekritiški dispersinei dalelių sudėčiai. Elektrostatiniai oro valymo filtrai plačiai taikomi biokuro ir tradicinio kuro deginimo energetiniuose įrenginiuose į aplinką šalinamam orui valyti. Taip pat taikomi aušinimo ar kitų technologinių skysčių aerozolių surinkimui ir grąžinimui į technologinį ciklą, atsirandančių didelio intensyvumo mechaninio apdirbimo operacijų, tokių kaip šlifavimas, tekinimas, gręžimas, suvirinimas, terminis grūdinimas, metu, taip pat apsaugant nuo technologinių medžiagų praradimo, atliekant smulkinimo, malimo, sijojimo, birių medžiagų transportavimo, perkrovimo darbus.

TECHNIKOS LYGIS

Pagal valymo metodą šis įrenginys priskiriamas prie sausojo oro valymo įrenginių ir gali būti naudojamas įvairiose ūkio srityse, kurios yra susijusios su kietųjų dalelių išmetimu į atmosferą. Elektrostatiniai filtrai plačiai taikomi atmosferos orui apsaugoti, surenkant kietuosius ir skystuosius aerozolius, eksploatuojant technologinius įrenginius, aplinkos orui valyti nuo automobilių išmetimo dujų, smogo tuneliuose ir šalia didelio intensyvumo transporto mazgų, siekiant sumažinti smulkiadispersinių žaliavos dalelių praradimus technologiniuose procesuose, susijusiuose su medžiagų malimu, sijojimu, birių medžiagų transportavimu statybos pramonėje, chemijos pramonėje, metalurgijoje, kalnakasyboje, metalo apdirbimo, medžio apdirbimo, žemės ūkyje, energetikoje.

Stambiadispersinių kietųjų dalelių šalinimui naudojami palygint nesudėtingi įrenginiai: nusodinimo kameros, ciklonai. Tačiau smulkiadispersinių ir ypač ultrasmulkiadispersinių kietųjų dalelių pašalinimui iš dujų srauto reikalingi daug sudėtingesni įrenginiai, pavyzdžiui, elektrostatiniai, rankoviniai filtrai bei Venturi skruberiai, kurių eksploatacija yra sudėtinga. Labai smulkios kietosios dalelės yra ypač pavojingos žmonių sveikatai, nes lengvai gali patekti į plaučius, kauptis plaučių alveolėse ir tapti ligų, tokių kaip plaučių pneumokoniozė priežastimi. Todėl tokiems procesams, kurių metu išsiskiria kietosios dalelės, taikomi griežti aplinkosauginiai

reikalavimai.

Pateikiamo išradimo prototipas – dvigubo jonizavimo elektrostatinis filtras, aprašytas JAV patento paraiškoje Nr. US4351648, skirtas orui (dujoms) valyti nuo kietųjų dalelių. Įrenginys susideda iš stačiakampio formos oro filtro korpuso, kurio viduje patalpinta jonizavimo kasetė, sudaryta iš plokščių plonasienių nusodinimo elektrodų sistemos, tarp kurių patalpinti plonos vielos jonizavimo elektrodai. Tiek jonizavimo elektrodai, tiek nusodinimo elektrodai izoliuoti nuo filtro korpuso. Į jonizavimo elektrodus paduodama teigiama aukštavoltė įtampa, o į nusodinimo elektrodus paduodama neigiama aukštavoltė įtampa. Tokiu būdu, elektrinio lauko stiprumo gradientas tarp jonizavimo elektrodo ir elektrodo išauga, o tuo pačiu pasiekiamas didesnis kietųjų dalelių judėjimo link nusodinimo elektrodo greitis ir jos efektyviau surenkamos, panaudojant aukštavoltės žemesnės įtampos maitinimo šaltinius.

IŠRADIMO ESMĖ

Išradimo tikslas – patobulinti elektrostatinio filtro orui nuo smulkiadispersinių kietųjų dalelių valyti konstrukciją, padidinti oro valymo efektyvumą, našumą bei supaprastinti eksploataciją.

Šio išradimo vienazonį spyruoklinį elektrostatinį filtrą orui nuo smulkiadispersinių kietųjų dalelių valyti sudaro stačiakampis korpusas su viduje sumontuota spyruoklinių jonizavimo ir nusodinimo elektrodų matrica. Geometriniam spyruoklinio nusodinimo elektrodo centre patalpintas vielinis spyruoklės formos jonizavimo elektrodas, kurio vielos ir spyruoklės skersmuo yra daug mažesnis nei spyruoklinio nusodinimo elektrodo. Jonizavimo elektrodai yra izoliuoti nuo filtro korpuso ir pajungti prie neigiamo ir teigiamo aukštos įtampos maitinimo šaltinių. Jonizuojančių elektrodų maitinimo įtampos parinktos taip, kad tarp jonizavimo elektrodo ir nusodinimo elektrodų vyktų vainikinis išlydis ($U > 300$ V/mm). Jonizuojančių elektrodų maitinimo schema parinkta taip, kad ventiliatorius teiks dulkėtą orą (dvifazį srautą) paeiliui pasikartojančiai per neigiamą ir teigiamą jonizavimo zonas.

Spyruokliniame filtre atstumas nuo kietosios dalelės iki nusodinimo paviršiaus ir kampas tarp oro srauto judėjimo trajektorijos ir nusodinimo paviršiaus nuolatos kinta pagal sukamąjį ciklinį dėsnį. Tokiu būdu, išauga tikimybė, kad kampas

tarp nusodinimo paviršiaus ir judėjimo trajektorijos ir atstumas iki nusodinimo paviršiaus bus optimalus patikimam nusodinimui ir adhezijai.

Užterštam kietosiomis dalelėmis orui judant per jonizavimo zoną ne lygiagrečiai nusodinimo paviršiams, maksimalus nusodinamos dalelės migravimo kelias lygus ketvirčiui spiralinio nusodinimo elektrodo vyniojimo žingsnio, o ne atstumui tarp jonizavimo elektrodo ir nusodinimo elektrodo. Sumažinus dalelės migravimo kelią, sumažėja nusodinimui sugaištas laikas, tuo pačiu ženkliai sumažinama dalelės nusodinimo tikimybė, esant analogiškomis kitoms sąlygoms.

Kietosioms dalelėms judant per skirtingo ženklo jonizavimo zonas, dėl dalelių skirtingos gamtinės prigimties, cheminės sudėties ir skirtingų dydžių jų krūvių ženklo keitimas vyks skirtingais greičiais. Išauga tikimybė greta atsidurti skirtingo krūvio dalelėms, o tuo pačiu joms tapti koaguliavimo centrais. Stambesnės dalelės link nusodinimo elektrodo juda daug greičiau nei mažos, tuo pačiu sumažėja jų nusodinimo laikas bei tikimybė dalelei išlikti nenusodintai.

Pagerinti atitikimą higieniniams reikalavimams panaudotas ne vienas, o du aukštos įtampos maitinimo šaltiniai. Parenkant optimalias jonizavimo elektrodų maitinimo teigiamų ir neigiamų įtampų santykius, sumažėja vainikiniuose išlydžiuose generuojamų nepageidaujamų cheminių junginių (tokių kaip azoto oksidai, ozonas, laisvieji radikalai) koncentracijos.

Pagerinti atitikimą higieniniams reikalavimams panaudotas neigiamo jonizatoriaus maitinimo įtampos reguliavimas pagal liekamąją kietųjų dalelių koncentraciją filtro išėjime. Intensyvesnis neigiamas vainikinis išlydis daug intensyviau nei teigiamas generuoja orą jonizuojančius elektrinius krūvius, tai suintensyvina dalelių užkrovimo procesą, bet taip pat intensyvina nepageidaujamų cheminių junginių generavimą. Įvedus grįžtamąjį ryšį pagal liekamąją koncentraciją filtro išėjime, optimizuojamas santykis tarp nepageidaujamų cheminių junginių ir nepageidaujamų kietųjų dalelių.

Siekiant palengvinti sukauptų ant nusodinimo elektrodų paviršiaus kietųjų dalelių pašalinimą, panaudota spiralinė konstrukcija. Spyruoklės konstrukcijos pasižymi griežtai išreikštu mechaninės konstrukcijos rezonansinių dažniu. Paveikus pašalinei jėgai bet kurį nusodinimo elektrodo tašką, dėl tamprumo jėgų mechaninis judesys bus perduodamas visam nusodinimo elektrodo paviršiui, tuo pačiu kietųjų

dalelių sankaupos bus pašalintos nuo viso nusodinimo elektrodo paviršiaus. Spyruoklės konstrukcijos pasižymi griežtai išreikštu mechaninės konstrukcijos rezonansiniu dažniu, sutampančiu su mechaninės sistemos rezonansiniu dažniu.

BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ PAVEIKSLŲ APRAŠYMAS

Paveiksluose pateikti vienazonio spyruoklinio elektrostatinio oro valymo filtro vaizdai, kur:

1 pav. yra šio išradimo vienazonio spyruoklinio elektrostatinio oro valymo filtro blokinė schema;

2 pav. yra jonizavimo dalelių nusodinimo kasetės vaizdas;

3 pav. yra filtro vaizdas iš šono.

IŠSAMUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Vienazonį spyruoklinį elektrostatinį oro valymo nuo smulkiadispersinių aerozolių filtrą sudaro dešinioji 11 ir kairioji 12 korpuso sienelės, tarp kurių ventiliatoriumi 6 užterštas kietosiomis dalelėmis oras (dvifazis srautas) 9 paduodamas į spyruoklinių elektrodų matricą, susidedančią iš daugybės spyruoklinių nusodinimo elektrodų 1 ir daugybės spyruoklinių jonizavimo neigiamų ir teigiamų elektrodų 2, 3, įrengtų spyruoklinių nusodinimo elektrodų 1 centruose. Spyruokliniai jonizavimo elektrodai 2, 3 izoliuoti nuo filtro korpuso. Spyruokliniai nusodinimo elektrodai 1 sumontuoti koriniu principu vertikaliai vienas greta kito taip, kad gretimų spyruoklinių nusodinimo elektrodų 1 vijos persidengtų, tai padidina šiose zonose elektrostatinio lauko stiprumą, dalelės įgauna didesnę krūvį, o tuo pačiu pagerėja oro valymo efektyvumas. Spyruokliniai nusodinimo elektrodai 1 persidengia $\frac{1}{2} r$, kur r – spyruoklės spindulys.

Teigiamos aukštos įtampos maitinimo šaltinis 4 ir neigiamos aukštos įtampos maitinimo šaltinis 5 prijungti atitinkamai prie neigiamų ir teigiamų spyruoklinių jonizavimo elektrodų 2, 3. Neigiamos įtampos maitinimo šaltinis 5 prie neigiamų jonizavimo elektrodų 2 pajungtas per įtampos reguliatorių 8. Tokiu būdu, neigiama įtampa, paduodama į neigiamą jonizuojantį elektrodą, reguliuojama pagal elektrostatinio filtro išėjime esančio kietųjų dalelių liekamosios koncentracijos matuoklio 7 išėjimo signalą.

Dėka mechaninės jungties vibratoriaus 10 virpesiai perduodami į vieno iš

nusodinimo elektrodų 1 viją. Sužadinti virpesiai nupurto ant nusodinimo elektrodo 1 paviršiaus sukaupias kietąsias daleles. Per persidengiančias gretimų spyruoklinių elektrodų 1 vijas, kaip parodyta 3 pav., sužadinti mechaniniai virpesiai perduodami visai spyruoklinių nusodinimo elektrodų matricai.

Irenginio veikimo principas

Vienazoniame spyruokliniame elektrostatiniame oro valymo nuo smulkiadispersinių dalelių filtru ventiliatoriumi 6 užterštas kietosiomis dalelėmis oras (dvifazis srautas) tiekiamas į jonizavimo elektrodų 2, 3 matricą tarp dešinėsios 11 ir kairiosios 12 korpuso sienelių. Ventiliatoriumi 6 užterštas kietosiomis dalelėmis oras paduodamas statmenai nusodinimo elektrodų ašims per spyruoklinių nusodinimo elektrodų 1 esančius tarpus. Kadangi į spyruoklinių nusodinimo elektrodų 1 centrus praeinančių jonizavimo elektrodus 2, 3 paduodamos neigiamo ir teigiamo poliarumo aukštavoltės įtampos viršija 300 V/mm reikšmę, tarp centrinių jonizavimo elektrodų 2, 3 ir įžemintų nusodinimo elektrodų 1 atsiranda vainikinis išlydis, o tuo pačiu neigiamos ir teigiamos jonizavimo zonos.

Kartu su oro srautu 9 keliaujančios kietosios dalelės, sąveikaudamos su jonizavimo zonoje sugeneruotų elektronų ir jonų srautais, įgyja elektrinį krūvį. Krūvį turinčias daleles, patekusias į elektrinį lauką tarp jonizavimo elektrodų 2 arba 3 ir nusodinimo elektrodo 1, pradeda veikti Kulono jėga

$$F = q E \quad (1),$$

kur: q - dalelės sukaupias krūvis

E - elektrinio lauko stiprumas,

kurią atsveria oro klampumo sąlygota pasipriešinimo jėga. Šių jėgų atstojamosios jėgos veikiama, dalelė juda link nusodinimo elektrodo 1 ir, pasiekusi jį, veikiama adhezijos jėgų, nusėda ant nusodinimo elektrodo paviršiaus. Dėka pasirinktos konstrukcijos (dėl spyruoklių persidengimo, kai vienos spyruoklės vija dalija kitos spyruoklės atstumą tarp vijų į lygias dvi dalis) maksimalus dalelės judėjimo kelias lygus ketvirčiui atstumo tarp dviejų gretimų elektrodo 1 vijų, o dalelės nusodinimo iš srauto laikas

$$t_1 = d / 4 v \quad (2),$$

kur: d – atstumas tarp dviejų gretimų spyruoklinio nusodinimo elektrodo vijų

(spyruoklės vyniojimo žingsnis) be kitos spyruoklės vijos skersmens dydžio.

v - daleles judėjimo link nusodinimo paviršiaus greitis.

Prototipo konstrukcijoje dalelės nusodinimo iš srauto laikas

$$t_2 = L / 2v \quad (3)$$

kur: L – atstumas tarp dviejų gretimų prototipo filtro nusodinimo elektrodų (nusodinimo elektrodų žingsnis)

v - daleles judėjimo link nusodinimo paviršiaus greitis.

Nesudėtinga išpildyti sąlygą $d \ll L$, tuomet ir $t_1 \ll t_2$. Tuomet laikas, per kurį dalelė nusės ant spyruoklinio nusodinimo elektrodo paviršiaus, ženkliai mažesnis nei prototipe. Tuo pačiu išauga kietų dalelių sugaudymo efektyvumas.

Elektrinį krūvį turinčias daleles veikia Kulono jėga. Tarp dalelių, turinčių to paties ženklo krūvį, veiks atostūmio jėga. Dalelė, turinti krūvį, trauks neutralias ir turinčias priešingo krūvio ženklo daleles. Veikiamos Kulono jėgos dalelės judės viena link kitos ir susidurs viena su kita. Taip dalelės koaguliuoja (sulimpa) ir toliau veikiamos adhezijos jėgų sudaro naują stambesnę ir todėl daug lengviau nusodinamą dalelę. Patekus į jonizavimo zoną, dėl dalelių skirtingos gamtinės prigimties, cheminės sudėties ir skirtingų matmenų, jų krūvių ženklo keitimas vyks skirtingais greičiais. Polidispersinėms kietoms dalelėms keliaujant nuo vieno ženklo jonizavimo zonos į kito poliarumo jonizavimo zoną, didesnės dalelės, nespėjusios pakeisti krūvio ženklo, taps koaguliavimo centrais mažesnėms, o taip pat tarp tos pačios dispersinės sudėties dalelių dėl jonizacijos greičių fluktuacijų vyks intensyvi koaguliacija. Stambesnės dalelės link nusodinimo elektrodo juda daug greičiau nei mažosios, tuo pačiu sumažėja jų nusodinimo laikas bei tikimybė dalelei išlikti nenusodintai.

Tarp jonizavimo elektrodų atsiradus vainikiniam išlydžiui, vyksta dalinė oro molekulių jonizacija, tuo pačiu generuojami radikalai ir ozonas. Ozono ir radikalų generavimas daug intensyvesnis neigiamame vainikiniame išlydyje. Siekiant sumažinti generuojamų nepageidaujamų radikalų ir ozono koncentraciją išvalytame ore, o tuo pačiu išplėsti panaudojimo sritį ir pagerinti atitikimą higieniniams reikalavimams, įvestas neigiamo jonizavimo intensyvumo reguliavimas.

Esant palankioms filtro darbo sąlygoms (polidispersinėje sistemoje daugiau

smulkių dalelių, maža aktyvinė dalelių varža), matuoklis 7 fiksuoja mažas koncentracijos reikšmes. Pagal šį signalą reguliatorius 8 sumažina neigiamos įtampos maitinimo šaltinio 5 įtampą, paduodamą į neigiamus jonizatorius 2. Tuo pačiu užtikrinama maža radikalų ir ozono koncentracija grąžinamame į aplinką ore. Išaugus patenkančio į filtrą kietų dalelių koncentracijai, koncentracijos matuoklis 7 pradės fiksuoti aukštesnes reikšmes, pagal šį signalą, patenkantį į reguliatorių 8, bus perduota aukštesnė neigiamo maitinimo įtampa į neigiamus jonizatorius 2. Išaugo filtro valymo efektyvumas.

Spyruoklės formos jonizuojantys elektrodai padidina jonizacijos aktyvumą, todėl reikalinga mažesnė spyruoklinio elektrodo įtampa ir tuo pačiu susidaro mažesni kiekiai ozono ir radikalų. Bus užtikrinti aukštesni higieniniai reikalavimai, nes neigiamas radikalų ir ozono generavimas bus susietas su kietųjų dalelių neigiamu poveikiu oro kokybei. Papildomi radikalai ir ozonas bus generuojami tik tada ir tiek, kiek būtina kompensuoti neigiamą aerozolio dalelių poveikį oro kokybei.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Vienazonis spyruoklinis elektrostatinis oro valymo filtras, turintis užteršto oro tiekimo į filtrą ortakį su sumontuotais jame oro sklende ir reguliuojamu užteršto oro padavimo ventiliatoriumi, jonizuojančius ir nusodinimo elektrodus, aukštos įtampos bloką, besiskiriantis tuo, kad filtras turi:

- spyruoklinių elektrodų matricą, susidedančią iš daugybės spyruoklinių nusodinimo elektrodų (1), įrengtų koriniu principu vertikaliai vienas greta kito tarp filtro korpuso sienelių (11) ir (12), ir daugybės jonizuojančių neigiamo ir teigiamo išlydžio spyruoklinių elektrodų (2) ir (3), įrengtų spyruoklinių nusodinimo elektrodų (1) centruose, kur prie elektrodų (2) ir (3) yra prijungti aukštos įtampos neigiamo ir teigiamo ženklo šaltiniai (4) ir (5),
- mechaninį vibratorių (10) kietosioms dalelėms, sukauptoms ant spyruoklinių nusodinimo elektrodų (1) paviršiaus, nupurtyti, standžiai prijungtą prie spyruoklinio nusodinimo elektrodo (1) vijos;
- kietųjų dalelių liekamosios koncentracijos oro sraute matuoklį (7), susietą su neigiamos maitinimo įtampos šaltinio (5) regulatoriumi (8).

2. Filtras pagal 1 punktą besiskiriantis tuo, kad spyruokliniai jonizuojantys neigiamo ir teigiamo išlydžio elektrodai (2) ir (3), įrengti spyruoklinių nusodinimo elektrodų (1) centruose, išdėstyti elektrodų matricoje eilėmis pakaitine tvarka.

3. Filtras pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad spyruokliniai nusodinimo elektrodai (1) įrengti taip, kad gretimų spyruoklinių nusodinimo elektrodų (1) vijos persidengtų.

4. Filtras pagal 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad spyruokliniai nusodinimo elektrodai (1) įrengti taip, kad gretimų spyruoklinių nusodinimo elektrodų vijos persidengtų per $\frac{1}{2} r$, kur r – spyruoklės spindulys.

5. Elektrostatinis užteršto kietosiomis dalelėmis oro valymo būdas, apimantis smulkiadispersinių kietųjų dalelių nusodinimą vienazoniame spyruokliniame elektrostatiame filtre, besiskiriantis tuo, kad, siekiant padidinti valomo oro srauto dalelių jonizacijos aktyvumą, taikant mažesnę elektrodų jonizacijos įtampą, užterštas kietosiomis dalelėmis oro srautas (9) juda per spyruoklinių elektrodų

matricą statmenai spyruoklinių jonizuojančių (2, 3) ir nusodinimo (1) elektrodų ašims, o maksimalus dalelės nusodinimo (migravimo) kelias lygus ketvirtadaliui spiralinio nusodinimo elektrodo (1) vyniojimo žingsnio be kitos spyruoklės vijos skersmens dydžio.

6. Būdas pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad skirtingos gamtinės prigimtys, cheminės sudėties ir skirtingų matmenų kietosioms dalelėms judant per skirtingo ženklo jonizavimo zonas, sukurtas daugybe spyruoklinių jonizuojančių elektrodų (2, 3), jos įkraunamos skirtingo krūvio ženklais, koaguluojamos ir nusodinamos ant nusodinimo elektrodų (1) paviršiaus.

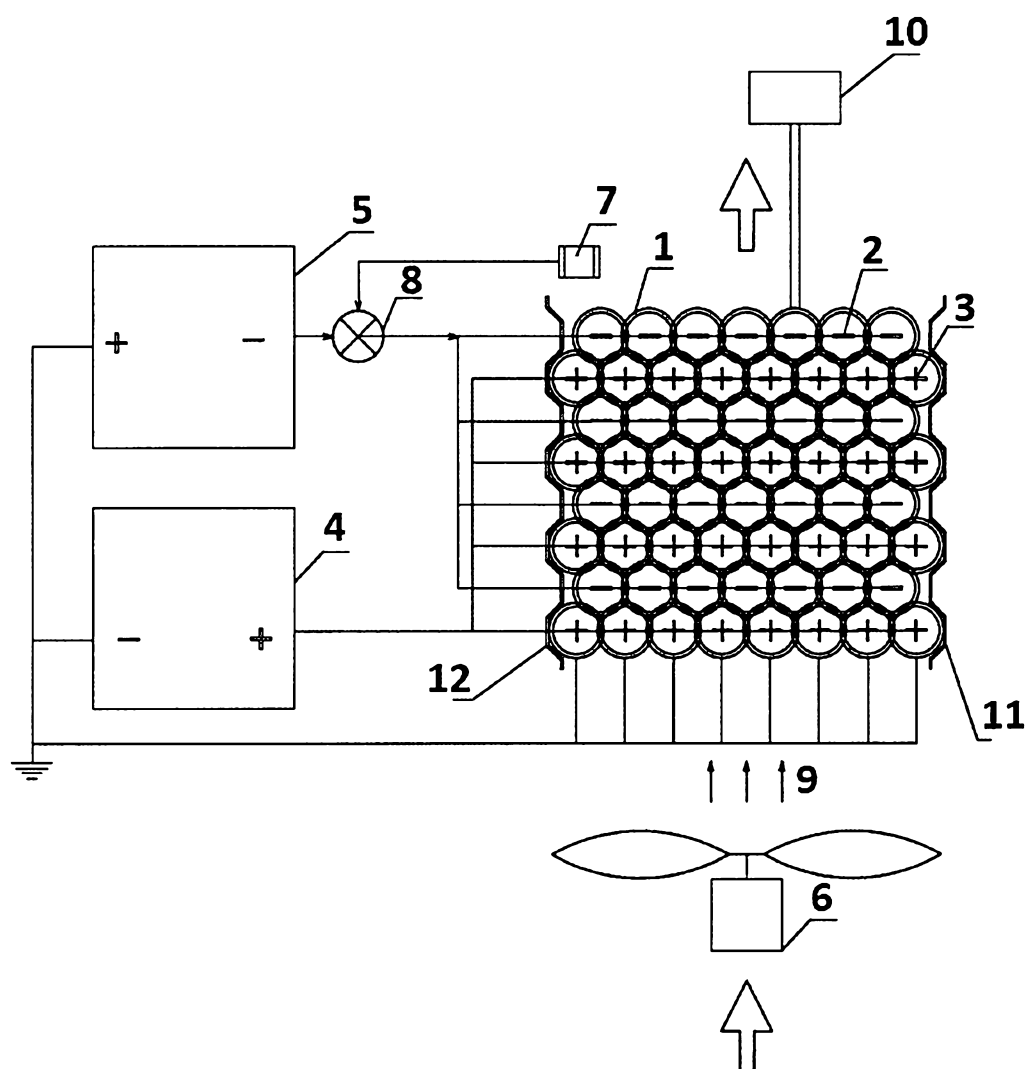
7. Būdas pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad siekiant sumažinti azoto oksidų, ozono ir laisvųjų radikalų koncentracijas, panaudoti du aukštos įtampos maitinimo šaltiniai (4, 5), parenkant per matuoklio (7) išėjimo signalą ir įtampos reguliatorių (8) optimalius spyruoklinių jonizavimo elektrodų (2, 3) teigiamų ir neigiamų maitinimo įtampų santykius.

8. Būdas pagal 7 punktą, besiskiriantis tuo, kad neigiama įtampa, paduodama į neigiamą jonizuojantį elektrodą (2), reguliuojama pagal elektrostatinio filtro išėjime esančio kietųjų dalelių liekamosios koncentracijos matuoklio (7) išėjimo signalą.

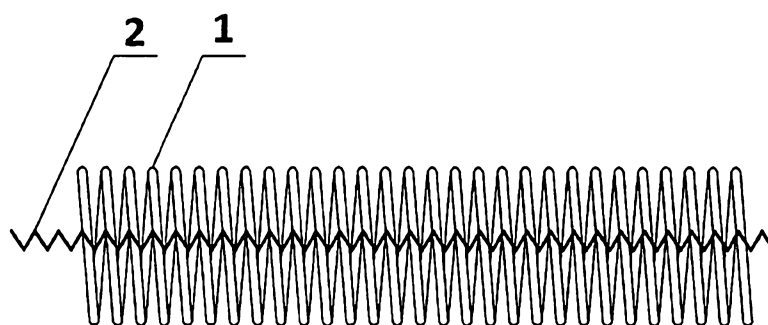
9. Būdas pagal 7 punktą, besiskiriantis tuo, kad įvedus grįžtamojo ryšį pagal liekamąją koncentraciją filtro išėjime, optimizuojamas santykis tarp nepageidaujamų cheminių junginių ir nepageidaujamų aerozolio dalelių.

10. Būdas pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad vibratoriaus (10) vertikalūs virpesiai, perduoti vienai spyruoklės vijai, atitinkamai persiduos visoms nusodinimo elektrodų vijoms (1).

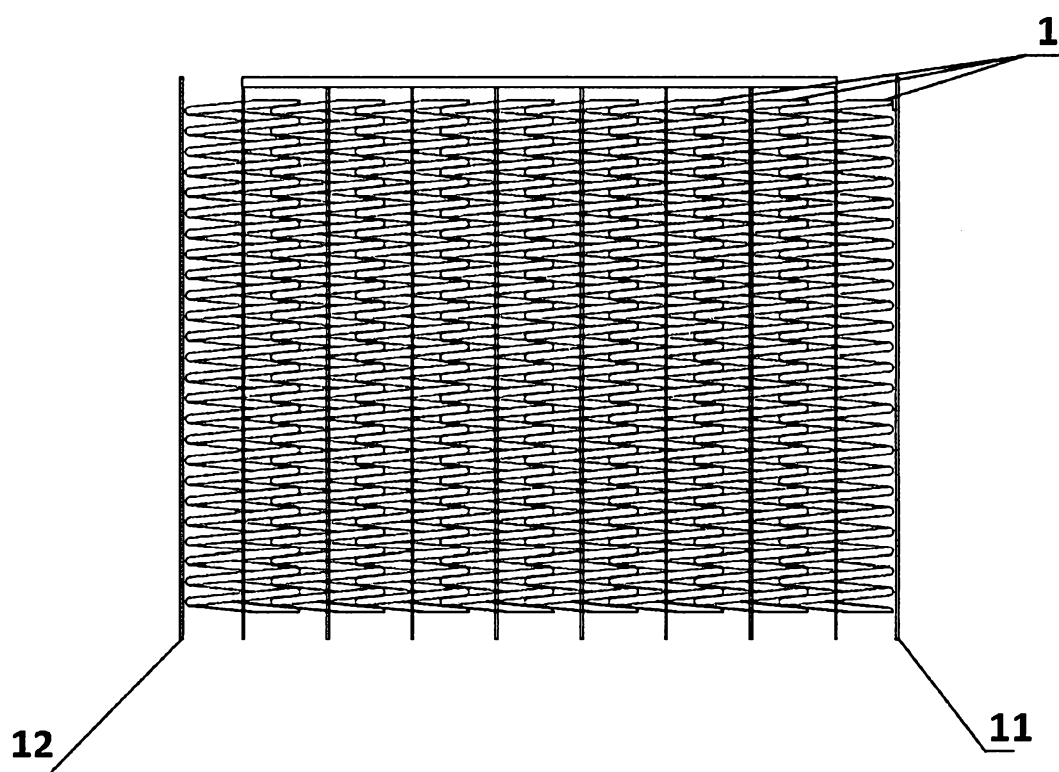
11. Būdas pagal 8 punktą, besiskiriantis tuo, kad spyruoklinės konstrukcijos virpesių rezonansinis dažnis padidina kietųjų dalelių pašalinimą nuo spyruoklių vijų.



1 pav.



2 pav.



3 pav.