

Lietuvos  
Respublikos  
valstybinis  
patentų biuras

(11) **LT 6967 B**

(51) Int. Cl. (2022.01):

**A61M 16/00**

## (12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2022 504**  
(22) Paraiškos padavimo data: **2022-02-03**  
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2022-10-25**  
(45) Patento paskelbimo data: **2022-12-27**

(73) Patento savininkas:  
**Artmedica, UAB, Birželio 23-iosios g. 4, 50425  
Kaunas, LT**

(72) Išradėjas:  
**Tautvydas URBONAS, LT  
Ainius ŽARSKUS, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
**Reda ŽABOLIENĖ, 7, METIDA, Verslo centras  
„VERTAS“, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT**

**LT 6967 B**

(54) Pavadinimas:

**Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas**

(57) Referatas:

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas, jungiamas prie dirbtinės plaučių ventilacijos aparato, kuris atlieka tūriu ar slėgiu kontroliuojamą plaučių ventilaciją. Dalintuvas turi daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą, reguliavimo cilindą, įkvėpimo vožtuvą, iškvėpimo vožtuvą, PEEPV vožtuvą ir avarinį perteklinio slėgio vožtuvą. Atskiru atveju vietoje minėtų trijų vožtuvų dalintuvas turi vieną dvikryptį vožtuvą. Reguliavimo cilindą sudaro membrana, stūmoklis ir stūmoklio reguliatorius. Taip pat aprašomas dirbtinės plaučių ventilacijos metodas, skirtas vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu ventiliuoti daugiau nei vieno paciento plaučius. Dalintuvas pasižymi šiomis savybėmis: vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu galima ventiliuoti daugiau nei vieną pacientą; pacientų iškvėptas dujų mišinys nesimaišo su dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dujų mišiniu ir nesimaišo tarp pacientų kontūrų; kiekvienam pacientui galima individualiai parinkti kvėpavimo tūrį, todėl galima ventiliuoti skirtingo plaučių tūsumo pacientus. Atsitiktinai atsijungus vienam iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrai, likusiuose kontūruose dirbtinė plaučių ventilacija išlieka nepakitusi, todėl panaikinama slėgio traumos galimybė.

## TECHNIKOS SRITIS

Išradimas priklauso medicinos aparatų sričiai, o konkrečiai – tai dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas.

## TECHNIKOS LYGIS

Įprastai taikant dirbtinę plaučių ventilaciją, ventilaciniai parametrai parenkami pagal konkretų pacientą, tačiau nutarus dirbtinės plaučių ventilacijos aparatą padalinti keliems pacientams, iškyla parametų individualizavimo problema. Elementariai padalinus įkvėpimo ir iškvėpimo kontūrus, pradeda galioti susisiekančių indų principas ir tai sąlygoja dvi fundamentalias problemas:

a) Skirtingo plaučių tūsumo problema. Įvairių autorių duomenimis, įkvepiamas tūris skirtingo tūsumo plaučiuose skiriasi ženkliai - žemo tūsumo plautyje (0,02 cmH<sub>2</sub>O/l)- 510 ml, normalaus tūsumo plautyje (0,04 cmH<sub>2</sub>O/l)- 980ml;

b) Kontūro kontaminacijos, užkrėtimo problema. Esant tam tikro paciento spontaninio kvėpavimo ar kosulio pastangoms, atsiranda galimybė infekcinių patogenų išplitimui bei automatiškai iškyla trukdžiai kitų pacientų ventilacijai.

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparatai gali būti kontroliuojami tūriu ir slėgiu. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparatą padalinus keliems pacientams, tūriu kontroliuojami ventilaciniai režimai praranda prasmę. Jie ne tik negarantuoja, kad tam tikras pacientas bus ventiliuojamas pasirinktu tūriu, tačiau mažiausią plaučių pasipriešinimą turinčiam pacientui sąlygos plaučių pertempimą bei slėgio traumą, atsiranda užkrėtimo problema.

Dėl aukšto pradinio įkvėpimo srauto bei pastovaus slėgio kontūre dirbtinė plaučių ventilacija slėgiu kontroliuojamais režimais sąlygoja keletą neabejotinų privalumų – ženkliai sumažinama slėgio traumos tikimybė, skirtingų plaučių tūsumo pacientų įkvėpimas pradedamas panašiu laiku, ženkliai išaugus pasipriešinimui viename iš kontūrų (intubacinio vamzdelio obstrukcija) netraumuojami likę pacientai, t.y. neišauga ventilacijos tūriai neobtūruotose kontūruose, ventilaciniai tūriai adaptuojami pagal pacientų antropologinius duomenis – vidutinis įkvėpimo slėgis sveikų pacientų populiacijoje yra pastovesnis parametras negu kvėpuojamasis tūris.

Adaptaciniai ventilacijos režimai (režimai, kurie suteikia galimybę pacientui kvėpuoti šalia taikomos dirbtinės plaučių ventilacijos) yra nesuderinami su kelių

pacientų ventiliacija vienu dirbtinės plaučių ventiliacijos aparatu.

Daugiausia bandymų atlikta elementariai įkvėpimo ir iškvėpimo kontūrus padalinus į keletą atskirų kontūrų, tačiau lieka neaišku, ar įmanoma užtikrinti adekvatų ventiliacinį tūrį skirtingo plaučių tūsumo pacientams. Skirtingų plaučių tūsumo problemą didžioji dalis autorių siūlo spręsti didinant pasipriešinimą mažesnio plaučio rezistentiškumo šakoje, naudojant Hoffmano spaustuką. Užspaudus normalaus plaučio tūsumo kontūrą ir sumažinus pikinį įkvėpimo slėgį iki 17,8 cmH<sub>2</sub>O, padidėja pikinis įkvėpimo slėgis mažo tūsumo plautyje iki 33,2 cmH<sub>2</sub>O, ir pasiekiamą adekvati skirtingų plaučių (0,02 cmH<sub>2</sub>O/l ir 0,04 cmH<sub>2</sub>O/l) ventiliacija (495 ml ir 499 ml). Tačiau Hoffmano spaustuko panaudojimas dinamiškoje realioje aplinkoje yra nepraktiškas, nestabilus, neužtikrina saugumo, todėl yra netinkamas.

Kiti autoriai siūlo šią problemą spręsti pasitelkiant solenoidinį elektroninį oro tėkmės vožtuvą. Šie vožtuvai grupuojami į dvi grupes: dviejų padėčių vožtuvai ir kintamo pralaidumo didelės raiškos vožtuvai. Naudojant dviejų padėčių vožtuvą, gaunamas artimas rezultatas portatyviam dirbtinės plaučių ventiliacijos aparatui. Tačiau trūkumas yra toks, kad galimos tik dvi vožtuvo padėtys (*on/off*), todėl tokie vožtuvai netinka skirtingo tūsumo plaučiams. Naudojant kintamo pralaidumo didelės raiškos vožtuvus, yra naudojami kompiuterizuoti algoritmai, todėl galima kontroliuoti oro srautą viso įkvėpimo metu (Bi-level rezultatas), tai priartina sistemą prie stacionaraus dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato. Šiuo atveju, nors skirtingų plaučių tūsumo problema ir sprendžiama, išlieka kiti metodo trūkumai: kvėpuojamas dujų mišinys maišosi tarp skirtingų pacientų kontūrų, išlieka užkrėtimo galimybė tarp skirtingų pacientų, įvykus atsitiktiniam vieno iš kontūrų atsijungimui, dirbtinė plaučių ventiliacija likusiuose kontūruose iškart pasikeičia.

Patento dokumentas US2020398015A1 (publikuotas 2020-12-24) aprašo dirbtinės plaučių ventiliacijos dalintuvą- priedą, pritaikomą prie esamo mechaninio ventilatoriaus. Tačiau toks dalintuvas gali būti pritaikomas tik dviem pacientams, be to, tokie du pacientai turi būti panašaus plaučių tūsumo. Jei plaučių tūsumas yra skirtingas, ar tuo labiau nežinomas, tokio plaučių ventiliacijos dalintuvo skirtingiems pacientams pritaikyti negalima.

Rasti išvardinti technikos lygio analogai, palyginus su šiame aprašyme pateikiamu sprendimu, turi trūkumų. Šiame aprašyme pateikiamas techninis sprendimas neturi minėtų trūkumų, ir sprendžia minėtas problemas.

## IŠRADIMO ESMĖ

Aprašomas dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas, jungiamas prie dirbtinės plaučių ventilacijos aparato, ir skirtas stacionariniam dirbtinės plaučių ventilacijos aparatui, turinčiam tūriu ar slėgiu kontroliuojamą plaučių ventilaciją bei deguonies tiekimo galimybę spontaniškai kvėpuojamiems pacientams. Dalintuvas turi daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą, reguliavimo cilindą, įkvėpimo vožtuvą, iškvėpimo vožtuvą, PEEPV vožtuvą ir avarinį perteklinio slėgio vožtuvą. Atskiru atveju vietoje minėtų trijų vožtuvų dalintuvas turi vieną dvikryptį vožtuvą. Reguliavimo cilindą sudaro membrana, stūmoklis ir stūmoklio reguliatorius. Taip pat aprašomas dirbtinės plaučių ventilacijos metodas, skirtas vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu ventiliuoti daugiau nei vieno paciento plaučius. Šiame aprašyme pateiktas dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas pasižymi šiomis naujomis savybėmis:

1) anestezijos ar intensyviosios terapijos metu vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu galima ventiliuoti daugiau nei vieną pacientą;

2) pacientų iškvėptas dujų mišinys nesimaišo su dirbtinės plaučių ventilacijos aparato tiekiamu kvėpuojamų dujų mišiniu ir nesimaišo tarp pacientų kontūrų;

3) kiekvienam pacientui galima individualiai parinkti kvėpavimo tūrį ir individualų teigiamą slėgį iškvėpimo pabaigoje, todėl galima ventiliuoti skirtingo plaučių tūsumo pacientus;

4) atsitiktinai atsijungus vienam iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrai, likusiuose kontūruose dirbtinę plaučių ventilaciją išlieka nepakitusi, todėl panaikinama slėgio traumos galimybė.

## TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

1 pav. vaizduoja dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvą, kuris turi kvėpuojamų dujų mišinio srauto reguliatorių (2), dujų mišinio tiekimo liniją (3), dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4), reguliavimo cilindą (5), įkvėpimo vožtuvą (6), iškvėpimo vožtuvą (7), PEEPV vožtuvą (8) ir avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9).

2 pav. vaizduoja dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvą, kuris turi kvėpuojamų dujų mišinio srauto reguliatorių (2), dujų mišinio tiekimo liniją (3), dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4), reguliavimo cilindrą (5), dvikryptį vožtuvą (11) ir avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9).

#### TINKAMIAUSI ĮGYVENDINIMO VARIANTAI

Aprašoma daugiau nei vieno paciento dirbtinis plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas, kuris leidžia dirbtinę plaučių ventilaciją kontroliuoti slėgiu. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas yra jungiamas prie dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) ir dirbtinės plaučių ventilacijos aparatą (1) padalina į daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4), todėl anestezijos ar intensyviosios terapijos metu vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu (1) galima ventiliuoti daugiau nei vieną pacientą. Įprastai dirbtinės plaučių ventilacijos aparatas (1) turi kvėpuojamų dujų mišinio srauto reguliatorių (2), vieną dujų mišinio tiekimo liniją (3) ir vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4). Dujų mišinio tiekimo linija (3) į dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4) patenka reikiamos koncentracijos dujų mišinys, skirtas pacientų plaučių ventilacijai, o pacientų iškvėptas dujų mišinys yra pašalinamas į aplinką.

Šio išradimo atveju dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi šias papildomas sudedamąsias dalis:

daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4);

reguliavimo cilindrą (5);

įkvėpimo vožtuvą (6);

iškvėpimo vožtuvą (7);

PEEPV vožtuvą (8);

avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9).

1 pav. vaizduoja dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvą, turintį keturias dujų mišinio tiekimo linijas (3) ir keturis dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrus (4). Aprašomu atveju yra keturi dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrai (4), tačiau jų gali būti vienas, du, trys, keturi ar daugiau. Kadangi aprašomu atveju

dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi keturis dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrus (4), dujų mišinio tiekimo linijos (3) taip pat yra keturios. Dujų mišinio tiekimo linijos (3) yra medicinoje naudojamų vamzdelių sistema, kuria deguonis patenka į dirbtinį plaučių ventilacijos kontūrą (4). Dujų mišinio tiekimo linijos (3) yra prijungtos prie paciento kvėpavimo vamzdelių, pvz., prie endotrachėjinių vamzdelių. Dažniausiai dujų mišinio tiekimo linija (3) tiekia 100% deguonies koncentracijos dujas, tačiau atskiru atveju deguonies koncentracija gali būti ir mažesnė. Panaudojus Venturi mechanizmą (10), į dujų mišinio tiekimo liniją (3) patenka aplinkos dujų mišinys (oras), ir taip deguonies koncentracija dujų mišinio tiekimo linijoje (3) sumažėja. Dirbtinės plaučių ventilacijos kontūras (4) yra aukšto slėgio kontūras, skirtas neinvaziniam kvėpuojamų dujų mišinio pristatymui į paciento plaučius ir paciento iškvėpto dujų mišinio pašalinimui iš plaučių į aplinką.

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūre (4) yra reguliavimo cilindras (5), kurį sudaro:

membrana (5.1), stūmoklis (5.2) ir stūmoklio reguliatorius (5.3). Aprašomu atveju yra keturi reguliavimo cilindrai (5), po vieną reguliavimo cilindrą (5) kiekvienam dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūrai (4). Membrana (5.1) naudojama atskirti pacientams kvėpuojamų dujų mišinį atskirame dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4) nuo skirtingų pacientų dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrų (4). Taip eliminuojama kryžminio užkrėtimo galimybė, apsaugoma nuo užkrėtimų, virusų ar bakterijų. Idealiu atveju, reguliavimo cilindras (5) yra pagamintas iš permatomos medžiagos, todėl galima stebėti membraną (5.1) ir vizualiai įvertinti atskirų pacientų kvėpuojamų dujų mišinio tūrį. Reguliavimo cilindre (5) įmontuoti stūmoklis (5.2) ir stūmoklio reguliatorius (5.3) suteikia galimybę individualizuoti įkvėpiamą kvėpuojamų dujų mišinio tūrį kiekvienam pacientui atskirai.

Pacientų iškvėptas dujų mišinys yra pašalinamas į aplinką per iškvėpimo vožtuvą (7) ir PEEPV vožtuvą (8), kurie yra dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūre (4). Iškvėpimo vožtuvas (7) yra vienos krypties, todėl pacientų iškvėptas dujų mišinys negali patekti atgal į reguliavimo cilindrą (5), taip išvengiama pakartotinas jau iškvėptų dujų įkvėpimas. Iškvėpimo vožtuvas (7) neutralioje padėtyje yra atviras, todėl pro jį lengvai pasišalina pacientų iškvėptas dujų mišinys. Įkvėpimo metu iškvėpimo vožtuvas (7) yra uždaromas dėl dirbtinio plaučių ventilacijos aparato sukuriama teigiamo slėgio pre-membraninėje dalyje. Iškvėpimo vožtuvas (7) yra

sujungtas su reguliavimo cilindru (5), kuris yra užpildomas kvėpuojamų dujų mišiniu iškvėpimo metu. Pacientų iškvėptas dujų mišinys praeina pro iškvėpimo vožtuvą (7) iki PEEPV vožtuvo (8). PEEPV vožtuvo (8) vienas galas kontaktuoja su dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūru (4), o kitas galas - su aplinka. PEEPV vožtuvas (8) taip pat yra vienos krypties, jis pašalina pacientų iškvėptą dujų mišinį iš dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūro (4) į aplinką. Iškvėpimo pabaigoje yra pasiekiamas individualus teigiamas slėgis, dažniausiai 0-20 cmH<sub>2</sub>O, kuris pirmiausia atidaro PEEPV vožtuvą (8), o paskui aktyvina įkvėpimo vožtuvą (6). Įkvėpimo vožtuvas (6) yra dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4) tarp paciento ir reguliavimo cilindro (5). Iškvėpimo pabaigoje sukurtas teigiamas slėgis aktyvina įkvėpimo vožtuvą (6), kuris atsidaro, ir atsidarius įkvėpimo vožtuvui (6) kvėpuojamų dujų mišinys iš reguliavimo cilindro (5) patenka į paciento plaučius. Atsidaręs įkvėpimo vožtuvas (6) uždaro iškvėpimo vožtuvą (7), todėl įkvėpimo metu iškvėpimo vožtuvas (7) būna uždarytas, ir neleidžia kvėpuojamam dujų mišiniui pasišalinti į aplinką.

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9) (1 pav.). Avarinis perteklinio slėgio vožtuvas (9) yra tarp reguliavimo cilindro (5) ir įkvėpimo vožtuvo (6). Tai vienkryptis vožtuvas, galintis praleisti kvėpuojamų dujų mišinį iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūro (4) į aplinką. Esant įprastam ventilacijos režimui, avarinis perteklinio slėgio vožtuvas (9) yra uždarytas, o atsiradus nenumatytam, avariniam slėgio padidėjimui dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4) - automatiškai aktyvinamas ir perteklinį slėgį išleidžia į aplinką. Avarinis perteklinio slėgio vožtuvas (9) leidžia išvengti nenumatyto slėgio padidėjimo kontūre, ir taip apsaugo paciento plaučius nuo slėgio traumos.

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas gali turėti Venturi mechanizmą (10) (1 pav.). Venturi mechanizmas (10) yra dujų mišinio tiekimo linijoje (3). Tai yra mechanizmas, kuris aplinkoje, patalpoje esantį dujų mišinį perneša į dujų mišinio tiekimo liniją (3). Venturi mechanizmo (10) pagalba galima keisti deguonies koncentraciją kvėpuojamų dujų mišinyje, tačiau oras yra imama iš aplinkos, kuri nebūtinai yra sterili.

Papildomai, dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi valdymo įrenginį (12).

Valdymo įrenginys (12) yra kompiuteris, planšetė, mobilus telefonas ar kita kompiuterinė priemonė, leidžianti valdyti, stebėti ar registruoti dirbtinės plaučių

ventiliacijos aparato (1) dalintuvo veikimą ir su tuo susijusius parametrus. Valdymo įrenginys (12) turi įvestas standartines stebimų signalų vertes bei standartines pavojaus signalų vertes. Valdymo įrenginio (12) pagalba taip pat galima nustatyti norimus signalų parametrus bei slenkstines vertes, kada generuojami pavojaus signalai, ir kokio tipo. Dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvo signalai gali būti pateikiami valdymo įrenginio (12) ekrane, gali būti generuojami garsiniai pranešimai, signalai gali būti siunčiami į nutolusį mobilų įrenginį, kompiuterinių debesų sistemą ar kitas kompiuterines priemones.

Aprašomo išradimo vienu iš įgyvendinimo variantu, įkvėpimo vožtuvas (6), iškvėpimo vožtuvas (7) ir PEEPV vožtuvas (8) yra apjungti į vieną dvikryptį vožtuvą (11). Šiuo atveju dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvas turi šias esmines sudedamąsias dalis, kurios yra pavaizduotos 2 pav.:

daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūrą (4);

reguliavimo cilindrą (5);

dvikryptis vožtuvą (11).

avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9).

Dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvas yra analogiškas aprašytam aukščiau, tik vietoje trijų atskirų vožtuvų yra vienas dvikryptis vožtuvas (11). Aprašomu atveju dvikryptis vožtuvas (11) yra dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūre (4) tarp paciento ir reguliavimo cilindro (5). Dvikryptis vožtuvas (11) yra dvejomis kryptimis dujų srautą prakleidžiantis vožtuvas, plačiai naudojamas anestezijos ar intensyviosios terapijos metu savaimė prisipildančiuose maišuose (Ambu tipo maišai) bei portatyviniuose dirbtinės plaučių ventiliacijos aparatuose. Dvikryptis vožtuvas (11) reguliuoja liekamąjį teigiamą slėgį (0-20 cmH<sub>2</sub>O) iškvėpimo pabaigoje, tokiu būdu pasiekiamas kiekvienam pacientui individualus teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje. Dvikryptis vožtuvas (11) kontroliuoja iškvėpimą priklausomai nuo slėgio dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūre (4): kai slėgis yra teigiamas, dvikryptis vožtuvo (11) iškvėpimo dalis yra uždaroma, o įkvėpimo dalis - atidaroma. Slėgiui nukritus - uždaroma įkvėpimo dalis bei atidaroma iškvėpimo dalis. Iškvėpimo metu pacientų iškvėptas dujų mišinys iš dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūro (4) yra pašalinamas į aplinką, o kadangi įkvėpimo dalis yra uždaryta, tai pacientų iškvėptas dujų mišinys nepatenka atgal į dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūrą (4). Įkvėpimo

metu tiekiamas dujų mišinys iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūro (4) patenka į paciento plaučius.

Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas remiasi aukščiau aprašytu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu (1) (1 pav., 2 pav.), ir turi šiuos žingsnius:

- kvėpuojamų dujų mišinio patekimas į dujų mišinio tiekimo liniją (3)

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparatas (1) tiekia kvėpuojamų dujų mišinį į dujų mišinio tiekimo liniją (3), kvėpuojamų dujų mišinio tūris yra reguliuojamas dujų mišinio srauto reguliatoriumi (2).

- pacientų iškvėpto dujų mišinio pašalinimas į aplinką

Tuo atveju (1 pav.), kai dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi įkvėpimo vožtuvą (6), iškvėpimo vožtuvą (7) ir PEEPV vožtuvą (8), pacientų iškvėptas dujų mišinys laisvai praeina pro iškvėpimo vožtuvą (7) ir pasiekia PEEPV vožtuvą (8). Iškvėpimo pabaigoje yra pasiekiamas individualus teigiamas slėgis, kuris atidaro PEEPV vožtuvą (8), ir pacientų iškvėptas dujų mišinys iš dirbtinės plaučių ventilacijos aparato kontūro (4) yra pašalinamas į aplinką.

Kai dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi dvikryptį vožtuvą (11) (2 pav.), dvikrypčio vožtuvo (11) iškvėpimo dalis yra atidaroma nukritus slėgiui dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4). Iškvėpimo metu pacientų iškvėptas dujų mišinys yra pašalinamas į aplinką.

- reguliavimo cilindro (5) užpildymas kvėpuojamų dujų mišiniu

Reguliavimo cilindras (5) yra užpildomas kvėpuojamų dujų mišiniu iškvėpimo metu. Tuo atveju (1 pav.), kai dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi įkvėpimo vožtuvą (6), iškvėpimo vožtuvą (7) ir PEEPV vožtuvą (8), iškvėpimo vožtuvas (7) yra sujungtas su reguliavimo cilindru (5), iškvėpimo metu yra sukuriamas teigiamas slėgis, kuris atidaro reguliavimo cilindrą (5) ir užpildo kvėpuojamų dujų mišiniu.

Kai dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi dvikryptį vožtuvą (11) (2 pav.), dvikryptis vožtuvas (11) iškvėpimo metu aktyvina reguliavimo cilindrą (5), kuris iškvėpimo metu yra užpildomas kvėpuojamų dujų mišiniu.

Tokiu būdu iškvėpimo metu reguliavimo cilindras (5) yra užpildomas kvėpuojamų dujų mišiniu. Skirtingo tūsumo plaučiai sukuria skirtingą teigiamą slėgį,

taigi į reguliavimo cilindrą (5) patenka skirtingas tūris kvėpuojamų dujų mišinio, ir taip kiekvienam pacientui yra individualiai parenkamas kvėpuojamų dujų mišinio tūris. Skirtingas kvėpuojamų dujų mišinio tūris į reguliavimo cilindrą (5) kiekvienam pacientui patenka automatiškai, pagal tai, koks buvo paciento iškvėpto dujų mišinio tūris. Naudojant dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvą galima vienu dirbtinės plaučių ventiliacijos aparatu (1) ventiliuoti daugiau nei vieną pacientą. Pacientų kvėpuojamas dujų mišinys nesimaišo su dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato bendru kvėpuojamų dujų mišiniu ir nesimaišo tarp skirtingų pacientų kontūrų. Kiekvienam pacientui galima individualiai parinkti kvėpavimo tūrį ir individualų teigiamą slėgį iškvėpimo pabaigoje, taip reguliavimo cilindras (5) automatiškai sprendžia skirtingų plaučių tūsumo problemą.

- kvėpuojamų dujų mišinio įkvėpimas iš reguliavimo cilindro (5)

Tuo atveju (1 pav.), kai dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvas turi įkvėpimo vožtuvą (6), iškvėpimo vožtuvą (7) ir PEEPV vožtuvą (8), įkvėpimas vyksta pasitelkiant dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) generuojamą ciklinį teigiamą slėgį iškvėpimo metu. Iškvėpimo pabaigoje sukurtas teigiamas slėgis aktyvina įkvėpimo vožtuvą (6). Atsidarius įkvėpimo vožtuvui (6), kvėpuojamų dujų mišinys iš reguliavimo cilindro (5) patenka į paciento plaučius. Įkvėpimo vožtuvas (6) uždaro iškvėpimo vožtuvą (7), todėl įkvėpimo metu iškvėpimo vožtuvas (7) būna uždarytas ir neleidžia kvėpuojamų dujų mišiniui pasišalinti į aplinką.

Kai dirbtinės plaučių ventiliacijos aparato (1) dalintuvas turi dvikryptį vožtuvą (11) (2 pav.), dvikrypčio vožtuvo (11) įkvėpimo dalis yra atidaroma esant teigiamam slėgiui dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūre (4). Tada, kai dvikrypčio vožtuvo (11) įkvėpimo dalis yra atidaryta, pacientas įkvėpia kvėpuojamų dujų mišinį iš reguliavimo cilindro (5).

Parinkus maksimalų plaučius tausojančios ventiliacijos slėgį 30 cmH<sub>2</sub>O, pasiekiamas aukščiausias įmanomas pradinis įkvėpimo srautas - taip sumažinamas latentškumas skirtinguose pacientų dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūruose (4), ir dėl to sumažinama slėgio traumos tikimybė maksimalaus įkvėpimo dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūre (4), kuris šiuo atveju neviršija 30 cmH<sub>2</sub>O.

- perteklinio slėgio pašalinimas iš dirbtinės plaučių ventiliacijos kontūro (4) į aplinką avarijos atveju

Atsiradus nenumatytam, avariniam slėgio padidėjimui virš numatytos normos dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4), automatiškai aktyvinamas avarinis perteklinio slėgio vožtuvas (9), kuris perteklinį slėgį pašalina iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūro (4) į aplinką. Avarinis perteklinio slėgio vožtuvas (9) yra vienkryptis, todėl dujų mišinys iš aplinkos į dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4) nepatenka, dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4) išlieka sterilios sąlygos.

Jei dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi Venturi mechanizmą (10) (1 pav., 2 pav.), jis yra naudojamas keičiant deguonies koncentraciją kvėpuojamų dujų mišinyje. Tokiu atveju metodas turi papildomą žingsnį:

- deguonies koncentracijos keitimas dujų mišinio tiekimo linijoje (3)

Venturi mechanizmas (10) leidžia keisti deguonies koncentraciją kvėpuojamų dujų mišinyje, nes Venturi mechanizmas (10) dujų mišinį iš aplinkos, patalpos perneša į dujų mišinio tiekimo liniją (3) ir taip reguliuoja deguonies kiekį kvėpuojamų dujų mišinyje.

Metodas taip pat turi šį papildomą žingsnį:

- dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvo signalų stebėjimas ir generavimas

Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas generuoja signalus apie dalintuvo atliekamą funkciją ir kiekvieno dirbtinės plaučių ventilacijos kontūro (4) parametrus. Parodomas kiekvieno paciento kvėpuojamų dujų mišinio tūris, vidutinė ar momentinė plaučių ventilacija, deguonies kiekis kvėpuojamų dujų mišinyje, kvėpavimo dažnis ar kiti parametrai. Jei signalai nukrypsta nuo normos, generuojamas pavojaus signalas. Pavojaus signalas gali būti per didelis kvėpuojamų dujų mišinio tūris, per didelė momentinė plaučių ventilacija ar kt. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvo signalai gali būti pateikiami valdymo įrenginio (12) ekrane, gali būti generuojami garsiniai pranešimai, signalai gali būti siunčiami į nutolusį mobilų įrenginį, kompiuterinių debesų sistemą ar kitas kompiuterines priemones.

Viename iš išradimo įgyvendinimo variantų, dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) kvėpuojamų dujų mišinio bendras tūris yra 2000 ml. Tokiu būdu įmanoma saugiai ventiliuoti keturis pacientus po 500 ml kvėpuojamų dujų mišinio tūriu. Esant

didesniam kvėpavimo tūrio poreikiui, būtina sumažinti kito/ų pacientų kvėpavimo tūrius. Kvėpuojamų dujų mišinio tūrių suma yra ribojama dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) momentiniu kvėpavimo tūriu, kuris dažniausiai yra 2000 ml. Standartiniai dujų srauto tėkmės matavimo prietaisai (*Flow-meter*) neinvaziam dujų srauto tiekimui yra sugraduoti iki 15 l/min. Šiuo atveju, norint ventiliuoti keturių pacientų plaučius 100% deguonimi, būtina 40 l/min dujų srauto tėkmė. Tai pasiekama papildomai atsukant adatinį tiekiamo dujų mišinio srauto reguliatorių (2). Ventiliuojant pacientus mažesne deguonies frakcija, kvėpuojamų dujų srautas gali būti pasiekiamas pasinaudojus Venturi mechanizmu (10).

Siekiant iliustruoti ir aprašyti šį išradimą, aukščiau pateiktas tinkamiausių įgyvendinimo variantų aprašymas yra bendro pobūdžio- aprašyme pateikti dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvą sudarančių dalių išmatavimai, medžiagos, sujungimo būdas, pačių dalių kiekis ir kiti parametrai bei prietaiso panaudojimo būdas ir paskirtis gali skirtis - į aprašymą reikia žiūrėti kaip į iliustraciją, o ne kaip į apribojimą. Tai nėra išsamus arba ribojantis aprašymas, siekiantis nustatyti tikslią formą arba įgyvendinimo variantą. Įgyvendinimo variantuose, aprašytuose tos srities specialistų, gali būti sukurti pakeitimai, nenukrypstantys nuo šio išradimo apimties, kaip tai nurodyta toliau pateiktoje apibrėžtyje.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas, jungiamas prie dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) ir turintis tiekiamo dujų mišinio srauto reguliatorių (2), dujų mišinio tiekimo liniją (3) ir dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4), b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi:

- daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4);
- reguliavimo cilindą (5);
- įkvėpimo vožtuvą (6);
- iškvėpimo vožtuvą (7);
- PEEPV vožtuvą (8);
- avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9);

ir dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu (1) ventiliuoja daugiau nei vieną pacientą.

2. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad vienu iš įgyvendinimo variantų dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi:

- daugiau nei vieną dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrą (4);
- reguliavimo cilindą (5);
- dvikryptį vožtuvą (11);
- avarinį perteklinio slėgio vožtuvą (9).

3. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas pagal 1–2 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad reguliavimo cilindras (5) turi:

- membraną (5.1);
- stūmoklį (5.2);
- stūmoklio reguliatorių (5.3).

4. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad reguliavimo cilindras (5) yra pagamintas iš permatomos medžiagos, todėl galima stebėti membraną (5.1) ir vizualiai įvertinti atskirų pacientų kvėpuojamų dujų mišinio tūrį.

5. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas pagal 1–4 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas papildomai turi Venturi mechanizmą (10), kuris dujų mišinį iš aplinkos perneša į dujų mišinio tiekimo liniją (3) ir taip reguliuoja deguonies kiekį kvėpuojamų dujų mišinyje.

6. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato dalintuvas pagal 1–5 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dalintuvas turi valdymo įrenginį (12), kurio dėka galima valdyti, stebėti ar registruoti dalintuvo veikimą ir su tuo susijusius parametrus.

7. Dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas pagal 1–6 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvas turi keturis dirbtinės plaučių ventilacijos kontūrus (4).

8. Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas, skirtas su vienu dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu (1) ventiliuoti daugiau nei vieno paciento plaučius, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad metodas turi šiuos žingsnius:

- kvėpuojamų dujų mišinio patekimas į dujų mišinio tiekimo liniją (3);
- pacientų iškvėpto dujų mišinio pašalinimas į aplinką;
- reguliavimo cilindro (5) užpildymas kvėpuojamų dujų mišiniu;
- kvėpuojamų dujų mišinio įkvėpimas iš reguliavimo cilindro (5);
- perteklinio slėgio pašalinimas iš dirbtinės plaučių ventilacijos kontūro (4) į aplinką avarijos atveju.

9. Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas pagal 8 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad metodas papildomai turi šį žingsnį:

- deguonies koncentracijos keitimas dujų mišinio tiekimo linijoje (3), kurio metu Venturi mechanizmas (10) perneša aplinkos dujų mišinį į dujų mišinio tiekimo liniją (3) ir taip keičia deguonies koncentraciją.

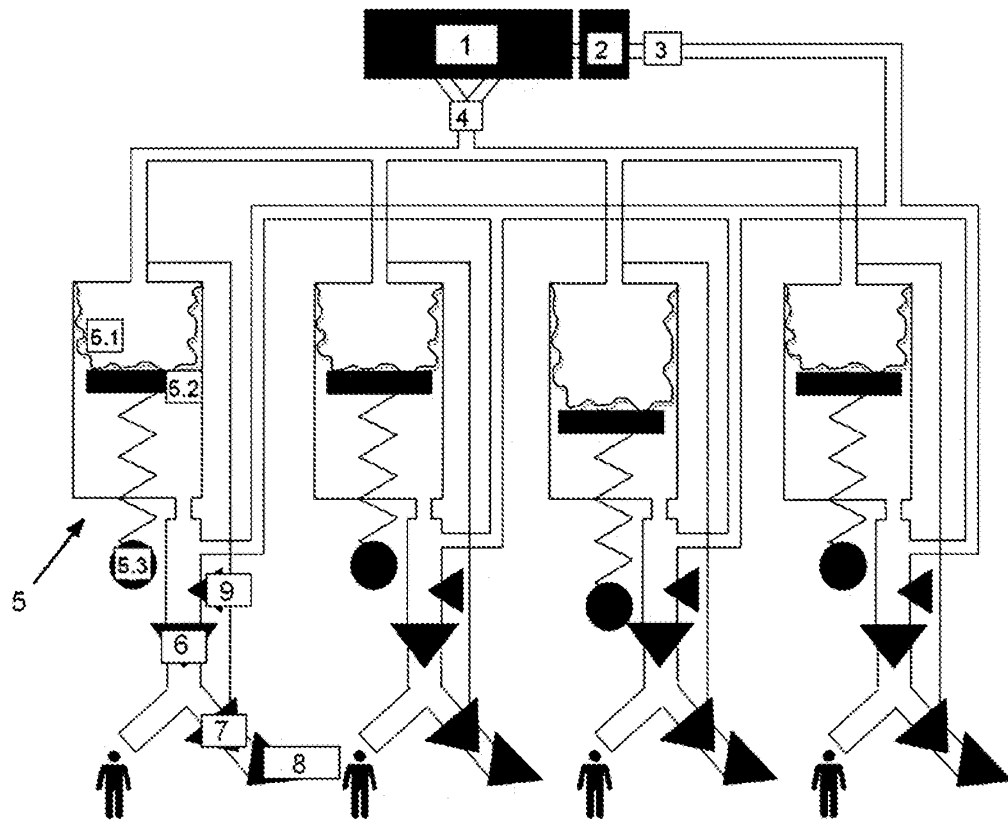
10. Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas pagal 8–9 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad metodas papildomai turi šį žingsnį:

- dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvo signalų stebėjimas ir generavimas, kurio metu dirbtinės plaučių ventilacijos aparato (1) dalintuvo signalai gali būti pateikiami valdymo įrenginio (12) ekrane, gali būti generuojami garsiniai

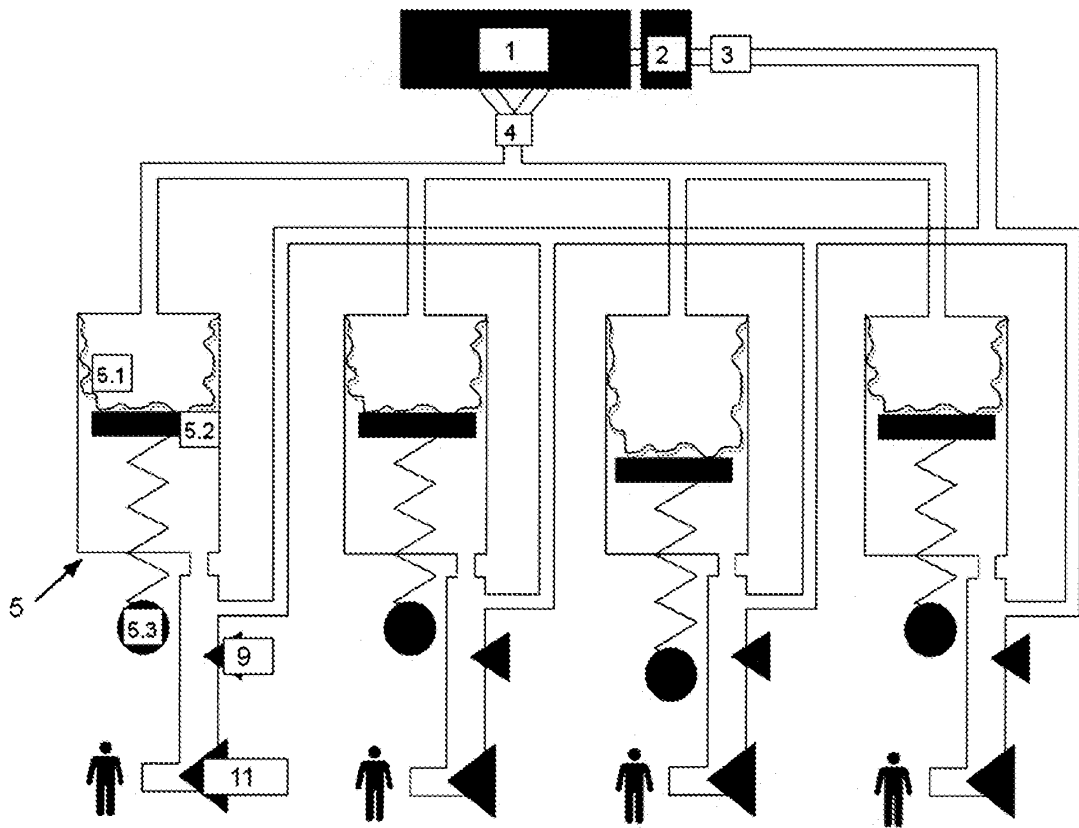
pranešimai, signalai gali būti siunčiami į nutolusį mobilų įrenginį, kompiuterinių debesų sistemą ar kitas kompiuterines priemones.

11. Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas pagal 8–10 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dirbtinės plaučių ventilacijos aparatu galima ventiliuoti keturių pacientų plaučius.

12. Dirbtinės plaučių ventilacijos metodas pagal 8–11 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad kiekviename dirbtinės plaučių ventilacijos kontūre (4) galima parinkti individualų kvėpavimo tūrį.



1 pav.



2 pav.