

*B01D 53/75* (2006.01)  
*B01J 19/08* (2006.01)  
*B01J 19/24* (2006.01)  
*B01J 21/06* (2006.01)

(19)  
 ČESKÁ  
 REPUBLIKA



ÚŘAD  
 PRŮMYSLOVÉHO  
 VLASTNICTVÍ

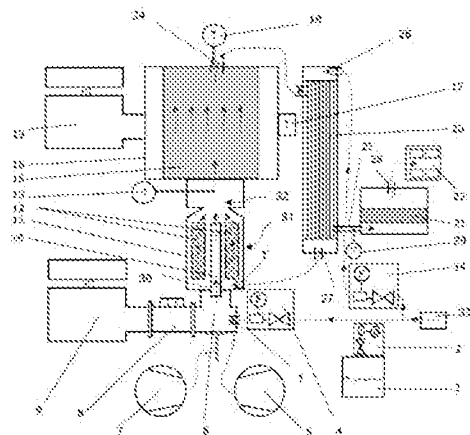
(21) Číslo přihlášky: **2020-454**  
 (22) Přihlášeno: **12.08.2020**  
 (40) Zveřejněno: **13.10.2021**  
**(Věstník č. 41/2021)**  
 (47) Uděleno: **01.09.2021**  
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **13.10.2021**  
**(Věstník č. 41/2021)**

(56) Relevantní dokumenty:  
 WO 2020141642 A1; KR 20170133177 A; CZ 34405 U1.

(73) Majitel patentu:  
 DEKONTA, a.s., Dřetovice, CZ  
 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,  
 Praha 6, Dejvice, CZ

(72) Původce:  
 Ing. Jiří Kroužek, Ph.D., Svinaře, Halouny, CZ  
 Ing. Pavel Mašín, Praha 6, Vokovice, CZ  
 Ing. Veronika Rippelová, Ph.D., Hostivice, CZ  
 Ing. Radek Škarohlíd, Praha 10, Strašnice, CZ  
 Ing. Jiří Hendrych, Ph.D., Praha 3, Žižkov, CZ  
 Ing. Václav Durdák, Sedlčany, CZ

(74) Zástupce:  
 PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní  
 2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice  
 3



(54) Název vynálezu:  
**Způsob odstraňování akutně toxických látek  
 ze vzdušín, zejména při havarijních  
 situacích, a zařízení k provádění tohoto  
 způsobu**

(57) Anotace:  
 Způsob odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín spočívá v tom, že se znečištěná vzdušina rozdělí na první proud a druhý proud znečištěného vzduchu. První proud se přivádí prvním vstupem do zdroje (6) mikrovlnného plazmatu, kde na první proud působí mikrovlnná plazma, čímž se odstraní část znečišťujících látek. Dále se první proud přivádí do křemenné trubice (10) plazmo-oxidační komory (11) s fotokatalyzátorem (12), a následně se smísí s druhým proudem ve směšovacího prostoru (32) plazmo-oxidační komory (11). Z druhého proudu znečištěného vzduchu se přítomností fotokatalyzátoru (12) a působením UV záření odstraní část znečišťujících látek a smíšený první proud a druhý proud společně procházejí přes katalyzátor (15) pro katalytickou oxidaci organických látek, kde se odstraní zbylé znečišťující látky ze vzduchu. Druhý proud se do směšovacího prostoru (32) plazmo-oxidační komory (11) přivádí přes protiproudý tepelný výměník (20), kde se ohřeje procházejícím smíšeným proudem znečištěného vzduchu, a takto vyčištěný vzduch se odvádí ven.

## Způsob odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín, zejména při havarijních situacích, a zařízení k provádění tohoto způsobu

### 5 Oblast techniky

Vynález se týká oblasti dekontaminace vzduchu, konkrétně způsobu a zařízení pro odstraňování nebezpečných akutně toxických látek, včetně chemických bojových látek a infekcí ze vzdušín při nebezpečných nebo krizových situacích.

10

### Dosavadní stav techniky

15 Z hlediska rizik pro obyvatelstvo se jeví jako velmi nebezpečné zejména rozšíření nebezpečných látek do vnitřního prostředí budov, a to jak neúmyslné v podobě havárií, např. v průmyslu, tak i úmyslné v podobě teroristických aktivit. Havarijní plány počítají s různými opatřeními za účelem zajištění bezpečnosti. Vedle řady preventivních či záchranných opatření je nutné uvažovat také o možnostech čištění vzniklého či vznikajícího nebezpečného vzduchu.

20 Obecně lze za nebezpečné látky ve vzduchu považovat zejména těkavé organické sloučeniny zahrnující také chemické bojové látky, či některé anorganické látky. Těkavé organické sloučeniny se široce používají v průmyslu, nejčastěji jako kapalná rozpouštědla, při jejich nakládání však unikají nebezpečné páry do ovzduší. Chemické bojové látky neboli chemické zbraně jsou zbraně, které objekt útoku zasáhnou anorganickými či organickými sloučeninami, jež působí na 25 organismus dráždivě nebo akutně toxicky. Chemické zbraně jsou velice účinné při použití proti nechráněné živé síle vojsk nebo při zneužití proti civilnímu obyvatelstvu. Výroba je relativně levná, některé potenciální bojové chemické látky se používají v průmyslu jako suroviny ve velkém, např. chlor, kyanovodík, fosgen. Z toho vyplývá vysoká nebezpečnost těchto látek při havárii výrobního zařízení či cíleném útoku na ně. Bojové chemické látky se mohou vyskytovat ve skupenství 30 pevném obvykle ve formě aerosolu, kapalném i plynném. Podobně nebezpečné látky však mohou vznikat také jako vedlejší či nechtěné produkty při různých průmyslových výrobcích při technických potížích. Za nebezpečné látky lze považovat také rozptýlené biologické agens v ovzduší ve formě infekčního bioaerosolu, do této skupiny patří také biologické zbraně.

35 Pro odstraňování nebezpečných organických látek ze vzdušín či jiných plynných proudů lze v průmyslové praxi použít řadu technologií, které lze dle účinku na tyto látky dělit na destruuující a separační, kdy se aplikací technologie látky rozkládají, resp. separují ze vzdušného proudu. Spalování neboli termická oxidace je sice účinná a spolehlivá metoda odstranění i vysokých obsahů 40 těchto látek, ale vyžaduje, pro krizové situace nevhodný, neustálý přísun paliva a probíhá za velmi vysoké teploty. V průmyslu ve velkých objemech vzduchu s relativně nízkou, avšak akutně toxickou koncentrací těchto látek je spalování neekonomické, uplatní se spíše technologie adsorpce, nejčastěji na aktivní uhlí, která je velmi jednoduchou separační metodou, jež však spotřebovává velké množství materiálu během provozu z důvodu omezené kapacity adsorpčních 45 náplní, a navíc produkuje nebezpečný odpad a potřebné zařízení vyžaduje značný prostor. Ještě větší prostorové a materiálové nároky pak má ekonomicky výhodná technologie biofiltrace, jejíž účinnost a spolehlivost je navíc nedostatečná.

Mezi pokročilé destruuující metody umožňující materiálovou či energetickou úsporu pak patří 50 katalytická či fotokatalytická oxidace látek, jejichž uplatnění je možné pouze za úzce vymezených podmínek, trpí nižší spolehlivostí a problémy spojenými s postupnou deaktivací povrchu katalyzátorů katalytickými jedy. Sofistikovaná zařízení se zdrojem plazmatického výboje mohou vykazovat vysokou účinnost, spolehlivě rozkládají organické látky s nižším podílem emisí produktů neúplného spálení oproti klasickému spalování, jsou také poměrně robustní z pohledu intervalu podmínek uplatnění, nevyžadují přísun paliva, pouze elektřiny a mohou být provozována 55 za relativně mírných podmínek, zejména nižší teploty, což přináší značnou úsporu nákladů.

Nevýhodou jejich aplikace je vedlejší produkce oxidů dusíku a toxického ozonu částečnou oxidací nosného vzduchu, rovněž omezené výkonové a kapacitní parametry a vyšší pořizovací náklady. Tyto pokročilé metody vyžadují pro efektivní rozklad nebezpečných látek vždy rozličné výkonné zdroje energie, buď k ohřevu, nebo produkci UV záření, které patří mezi základní výkonové parametry zařízení. Pokročilejší technická úroveň těchto zdrojů energie pro rozklad látek pak dále zvyšuje efektivitu těchto technologií.

Nad rámec rozkladu vzdušných organických kontaminantů aerosolové částice rozptýlené ve vzduchu, včetně bioaerosolu, lze odstraňovat prostou mechanickou filtrací, tato technika však trpí omezenou kapacitou a postupně narůstající tlakovou ztrátou zvyšující nároky na energii a vybavení a také provozní spolehlivost. V případě biologických agens se pak hojně využívá fotolytického rozkladu pomocí výkonných germicidních UV zářivek, které jsou v dezinfekci poměrně spolehlivé. Podobně spolehlivý pro dezinfekci je také proces ozonizace, kde však je nutné přebytný ozon vzhledem k jeho toxicitě dodatečně odstraňovat.

Na zařízení použitelné pro čištění vzduchu při nebezpečných krizových situacích, jako jsou havárie, infekce nebo teroristické aktivity, jsou kladeny značné požadavky zejména z pohledu spolehlivosti, účinnosti, výkonu a kapacity zařízení, rychlosti a automatizace jeho uplatnění při krizovém vývoji, bezpečnosti provozu, a v mnoha případech také z pohledu univerzálnosti uplatnění pro variabilní krizové scénáře. Energetická či materiálová náročnost provozu takové technologie, jakožto i nároky na prostor, patří rovněž mezi důležité charakteristiky zařízení z hlediska jeho uplatnění nejen při krizových situacích. Těmto charakteristikám obecně vychází vstřícné aplikace pokročilých technik, zejména jejich efektivních kombinací.

Je proto žádoucí vytvořit zařízení, které by spojovalo výhody zdroje plazmatického výboje a výhody procesů fotokatalýzy a katalytické oxidace do jednoho kombinovaného zařízení. Nabízí se proto odborníkovi jednoduché, prosté spojení těchto technických parametrů do jedné komory, ve které bude uspořádána trubice s katalyzátorem, a do které bude zaústěn zdroj plazmového výboje. Technologické faktory v podstatě vylučují nebo činí obtížným společný provoz těchto zařízení v jednom celku, zejména kvůli agresivním podmínkám v generovaném plazmatu, které jsou pro katalyzátory destruktivní. Navíc je stále potřeba brát ohled na všechny limitující faktory použitých technologií, a to zejména v omezeném objemovém charakteru zdroje plazmatického výboje, který by v tomto případě byl nedostatečný, a tvorby ozonu během jeho provozu.

Úkolem tohoto vynálezu je proto vytvoření způsobu a zařízení pro účinné a spolehlivé odstraňování vysoce nebezpečných akutně toxických organických látek, včetně chemických bojových látek a infekcí, ze vzdušin, kontaminací vzduchu při akutních haváriích, teroristických útocích či odstraňování běžných průmyslových emisí, které by odstraňovaly výše uvedené nedostatky, které by rychle, efektivně a ve velkých objemech odstraňovaly nebezpečné látky ze vzduchu, a především by vyřešilo technický problém s provozně stabilní, bezpečnou a spolehlivou kombinací dvou dosud známých technologií, tedy rozkladu znečišťujících látek pomocí mikrovlnami generovaného plazmatu a mikrovlnami podporovaného katalytického rozkladu znečišťujících látek, s efektivním systémem řízení a podporou mikrovlnného záření.

#### Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen pomocí způsobu odstraňování vysoce nebezpečných akutně toxických organických látek, včetně chemických bojových látek, ze vzdušin, zejména při havarijních situacích podle tohoto vynálezu, při kterém se na znečištěnou vzdušinu působí mikrovlnným plazmatem.

Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že znečištěný vzduch se po vstupu do zařízení rozdělí na dva proudy, tedy na první proud znečištěného vzduchu a druhý proud znečištěného vzduchu. První proud znečištěného vzduchu se přivádí prvním vstupem pro první proud znečištěného vzduchu do

zdroje mikrovlnného plazmatu, kde na první proud znečištěného vzduchu působí mikrovlnné plazma, ve kterém se odstraní část znečišťujících látek. Ve zdroji mikrovlnného plazmatu dochází k prvotnímu odstranění části znečišťujících látek ze vzduchu. Procházející znečištěný vzduch lze charakterizovat jako nosný plyn, který se průchodem koncentrovaným a výkonným mikrovlnným polem objemově ionizuje, čímž napomáhá rozkladu a odstranění kontaminujících látek z prvního proudu znečištěného vzduchu. Dále se první proud znečištěného vzduchu přivádí do křemenné trubice plazmo-oxidační komory s fotokatalyzátorem. Následně se první proud znečištěného vzduchu smísí s druhým proudem znečištěného vzduchu ve směšovacího prostoru plazmo-oxidační komory. Z druhého proudu znečištěného vzduchu se přítomností fotokatalyzátoru a působením UV záření odstraní část znečišťujících látek. Smíšené proudy společně procházejí přes katalyzátor pro katalytickou oxidaci organických látek, kde se odstraní zbylé znečišťující látky ze vzduchu. První proud znečištěného vzduchu procházející do směšovacího prostoru plazmo-oxidační komory tvořen energeticky excitovaným vzdušným proudem se smíchá se zbylou částí toku znečištěného vzduchu, tedy s druhým proudem. Jedná se o obdobu spalovací komory, ale teplota v plazmo-oxidační komoře dosáhne teploty maximálně 450 °C, při směšování prvního a druhého proudu znečištěného vzduchu spíše klesá pod 200 °C. Mikrovlnné plazma lze charakterizovat jako nízkoteplotní plazma, což představuje jednu z výhod zařízení a způsobu odstraňování akutně toxických látek podle tohoto vynálezu. Druhý proud znečištěného vzduchu se do směšovacího prostoru plazmo-oxidační komory přivádí přes protiproudý tepelný výměník druhým vstupem pro druhý proud znečištěného vzduchu, kde se druhý proud znečištěného vzduchu ohřeje procházejícím smíšeným proudem znečištěného vzduchu, a takto vyčištěný vzduch se odvádí ven ze zařízení.

Ve výhodném provedení se vyčištěný vzduch na výstupu ze zařízení zbaví ozonu. Ozon vzniká jako vedlejší produkt oxidace v plazmo-oxidační komoře, částečně je spotřebován při katalytickém rozkladu organických látek v reaktorové nádobě, ve které je uspořádán katalyzátor. Takto vyčištěný vzduch, zbavený znečišťujících organických látek a nebezpečného ozonu, lze snadno a rychle vypouštět do atmosféry, ven ze zařízení.

Katalytické lože katalyzátoru se s výhodou pomocí mikrovln ohřeje na teplotu v rozmezí 100 až 300 °C.

Předmětem vynálezu je rovněž zařízení pro odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín, zejména při havarijních situacích výše popsáním způsobem. Zařízení zahrnuje hlavní vstup znečištěného vzduchu napojený na alespoň jeden zdroj mikrovlnného plazmatu, kterým protéká znečištěný vzduch. Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že zdroj mikrovlnného plazmatu je opatřen prvním vstupem pro první proud znečištěného vzduchu a výstupem zdroje mikrovlnného plazmatu. Zdroj mikrovlnného plazmatu je v oblasti výstupu napojen na průtočnou křemennou trubici uspořádanou v oxidačním prostoru plazmo-oxidační komory.

Fotokatalyzátor je uspořádán v plazmo-oxidační komoře, která má oxidační prostor a směšovací prostor. V oxidačním prostoru je umístěna průtočná křemenná trubice, kolem které je uspořádán fotokatalyzátor. Oxidační prostor má dále ve své spodní části uspořádán druhý vstup pro druhý proud znečištěného vzduchu vedený k fotokatalyzátoru. Do směšovacího prostoru je vyústěna křemenná trubice i výstup z fotokatalyzátoru a dochází zde ke smísení prvního proudu znečištěného vzduchu procházejícího zdrojem mikrovlnného plazmatu a křemennou trubicí zbaveného alespoň části znečišťujících organických látek a druhého proudu znečištěného vzduchu vstupujícího až do plazmo-oxidační komory.

Zařízení dále zahrnuje alespoň jednu reaktorovou nádobu s katalyzátorem pro katalytickou oxidaci organických látek zbylých ve znečištěném vzduchu, který je již částečně zbaven organických látek. Reaktorová nádoba je napojena na výstup ze směšovacího prostoru plazmo-oxidační komory a je opatřena generátorem mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek a výstupem vyčištěného vzduchu. Generátor mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek v reaktorové nádobě napomáhá zahřívání katalytického lože v celém objemu homogenně na teplotu pro

efektivní odstraňování zbylých znečišťujících reziduí ve vzduchu procesem katalytické oxidace. V katalytickém loži se odstraňují také vedlejší produkty oxidace vzduchu, tedy ozon a oxidy dusíku, pomocí nichž zároveň dochází k destrukci znečišťujících reziduí a průběžné regeneraci povrchu katalyzátorů.

5

Inovativní zařízení využívá pokročilé mikrovlnné techniky pro podpoření účinku aplikovaných technik. Mikrovlnné záření interaguje s materiálem specifickým způsobem, u některých vede k mikrovlnnému ohřevu, ale vyznačuje se právě selektivitou k různým matricím. Jeho další charakteristika v podobě objemového ohřevu a potenciálu tvorby přehřátých míst, a to i v mikroměřítku, společně s jeho mechanismy může za určitých podmínek přinášet v porovnání s běžnými technikami ohřevu značnou úsporu energie anebo zvýšení výtěžku některých chemických procesů, často právě katalytických. Mikrovlnami generované plazma patří v současnosti mezi nejspolehlivější state-of-art techniky tvorby nízko-teplotního plazmatu vyznačující se rovněž objemovým charakterem, vysokou mírou excitace ionizovaných částic za relativně nízké teploty, což také ve vyvíjené technologii přináší energetickou úsporu a zvýšení rozkladného účinku, a tedy i kapacity a výkonu technologie, které jsou základními parametry při aplikaci technologie v uvedených nebezpečných situacích.

Ve výhodném provedení zařízení dále zahrnuje alespoň jeden protiproudý tepelný výměník typu vzduch-vzduch. První okruh tepelného výměníku má na vstupu přiveden výstup vyčištěného vzduchu z reaktorové nádoby a na výstup má připojeno vedení pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu. Druhý okruh tepelného výměníku má na vstup připojen přívod druhého proudu znečištěného vzduchu a na jeho výstup je připojeno vedení druhého proudu znečištěného vzduchu, napojené na druhý vstup do oxidačního prostoru plazmo-oxidační komory. První okruh tedy zajišťuje ohřátí vstupujícího znečištěného vzduchu teplem vycházejícím z reaktorové nádoby a druhý okruh zajišťuje chlazení vyčištěného vzduchu vycházejícího z reaktorové nádoby přicházejícím znečištěným vzduchem. Na vstupu je tepelný výměník opatřen regulátorem průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu pro možnou regulaci průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu, která je důležitá při mísení prvního a druhého proudu. Vedení pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu z tepelného výměníku je opatřeno alespoň jedním deozonizátorem pro odstranění ozonu z vyčištěného vzduchu, který je opatřen výstupem vyčištěného vzduchu zbaveného ozonu.

Efektivní design zařízení dle vynálezu při použití kombinace fotokatalýzy a zdroje plazmatu s efektivním řízením procesu umožňuje využít pozitivního potenciálu obou prvků. Proces katalytické oxidace může naopak ozon využít jako účinný oxidant, tím ho eliminovat, stejně tak ale využívá i odpadní teplo ze zdroje plazmatu, oboje pak ke zvýšení výkonu a kapacity celého zařízení.

Zdroj mikrovlnného plazmatu je opatřen generátorem mikrovln pro plazma, mikrovlnným tunerem, kompresorem pro zapalování a přívodem pracovního vzduchu. Kompresor pro zapalování zajišťuje přívod vzduchu a je opatřen jednoduchým zapalovačem napomáhajícím zdroji mikrovlnného plazmatu k zahájení generování plazmatu. Přívod pracovního vzduchu zajišťuje efektivní a bezpečné fungování generovaného plazmatu, neboť vytváří ochrannou vrstvu zajišťující separaci plazmatu od vnitřní stěny křemenné trubice.

Ve výhodném uspořádání je první vstup pro první proud znečištěného vzduchu opatřen výparníkem s tlakovým ventilem páry pro přídavné ovlhčení prvního proudu vzdušiny napomáhajícímu tvorbě hydroxylových a hydroperoxylových radikálů ve zdroji plazmatu a plazmo-oxidační komoře, které se významně podílejí na rozkladu znečišťujících látek, a dále je opatřen regulátorem průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu plazmatem. Regulátor průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu plazmatem je důležitý zejména z důvodu omezené objemové kapacity zdroje mikrovlnného plazmatu a řízení jeho výkonu, tudíž pro efektivní nájezd zařízení do pracovního režimu, pro kontinuální efektivní provoz a nezahlcení zdroje mikrovlnného plazmatu znečištěným vzduchem.

55

Plazmo-oxidační komora je s výhodou vytvořena jako válcová nádoba a fotokatalyzátor tvoří vnitřní mezikruží obklopující křemennou trubici. Plazmo-oxidační komora může být i kuželovitá nádoba. Fotokatalyzátor je výhodně tvořen oxidem titaničitým  $\text{TiO}_2$  naneseným na nosiči, který využije část UV záření tvořeného plazmatem k dalšímu částečnému rozkladu kontaminace, tedy znečišťujících látek ve vzduchu.

Ve výhodném provedení je reaktorová nádoba neboli katalytický reaktor, která je vytvořena ve tvaru válce s dvojitým pláštěm. Vzdálenost mezi vnitřním pláštěm a vnějším pláštěm je nejméně rovna vlnové délce generátoru mikrovln pro oxidaci organických látek. Generátor mikrovln pro oxidaci organických látek zajišťuje ohřev katalytického lože katalyzátoru na efektivní teplotu pro oxidaci látek, která se pohybuje v rozmezí 100 až 300 °C. Vnitřní prostor vymezený vnitřním pláštěm reaktorové nádoby je s výhodou vyplněn granulovaným katalyzátorem na bázi oxidu hlinitého impregnovaného oxidy kobaltu a/nebo manganu, nebo nesoucím vzácný kov, nejčastěji paladium nebo platinu. Reaktorová nádoba je dále opatřena vstupním teploměrem, středovým teploměrem a výstupním teploměrem, kde tyto teploměry sledují teplotu vzduchu na vstupu, teplotu katalyzátoru a teplotu vzduchu na výstupu z reaktorové nádoby.

Zařízení je dále opatřeno klíčovým systémem ovládání a měření, zahrnuje tedy řídicí jednotku, do které je napojen mikrovlnný tuner, generátor mikrovln pro plazma, regulátor průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu, kompresor pro zapalování, regulátor průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu, generátor mikrovln pro katalyzátor, vstupní teploměr, středový teploměr a výstupní teploměr. Je nutné pro provoz v praxi mít technologii využívající zařízení podle tohoto technického řešení plně automatizovanou. Proto je důležité v případě plazmatu i katalýzy zajistit automatický pozvolný nájezd technologie do plného výkonu, a navíc je nutné zajistit automatickou regulaci ohřevu katalyzátoru, jako je udržení cílové teploty, případně reagovat na variabilitu procesu.

Výhody způsobu a zařízení pro odstraňování nebezpečných akutně toxických látek ze vzdušín, včetně chemických bojových látek a infekcí, podle tohoto vynálezu spočívají zejména v tom, že je lze využít okamžitě při akutních haváriích, teroristických útocích či pro odstraňování běžných emisí, rychle, efektivně a ve velkých objemech odstraňuje nebezpečné látky, jako jsou chemické a biologické bojové látky či těkavé organické sloučeniny ze vzdušín, což především řeší technický problém provozně stabilní, bezpečné a spolehlivé kombinace pokročilých technik.

### Objasnění výkresů

Předložený vynález bude blíže objasněn na následujících vyobrazeních, kde:

obr. 1 znázorňuje schematický pohled na zařízení, a

obr. 2 znázorňuje schéma řídicí jednotky.

### Příklad uskutečnění vynálezu

Zařízení pro odstraňování organických látek, zejména chemických bojových látek ze vzdušín podle tohoto technického řešení zobrazené na obr. 1 využívá dvou funkčních chemicko-technologických kroků – rozkladu znečišťujících látek pomocí mikrovlnami generovaného plazmatu a mikrovlnami podporovaného katalytického rozkladu znečišťujících látek. Do zařízení vstupuje znečištěný vzduch hlavním vstupem 33, který se následně rozdělí do dvou větví. První větev vedoucí první proud znečištěného vzduchu je vytvořena jako potrubí opatřené výparníkem 3 s tlakovým ventilem 2 páry. První proud znečištěného vzduchu je dále veden potrubím přes regulátor 4 průtoku prvního

proudu znečištěného vzduchu plazmatem, které je zaústěno prvním vstupem 1 pro první proud znečištěného vzduchu do spodní části zdroje 6 mikrovlnného plazmatu.

Druhá větev vedoucí druhý proud znečištěného vzduchu je taktéž vytvořena jako potrubí. Potrubí je opatřeno regulátorem 14 průtoku druhého proudy znečištěného vzduchu plazmo-oxidační komorou 11 a je zaústěno do protiproudého tepelného výměníku 20 typu vzduch-vzduch přívodem 26 druhého proudy znečištěného vzduchu. Druhý proud znečištěného vzduchu opouští tepelný výměník 20 vedením 27 druhého proudy znečištěného vzduchu, které je napojeno na druhý vstup 1' pro druhý proud znečištěného vzduchu do plazmo-oxidační komory 11. Tak je vytvořen první okruh protiproudého tepelného výměníku 20, a je zajištěno přivedení prvního i druhého proudy znečištěného vzduchu do zařízení, ve kterém probíhá odstranění nebezpečných akutně toxických látek ze vzduchu.

Objemová kapacita zdroje 6 mikrovlnného plazmatu je 250 až 500 l/min. V průběhu procesu odstraňování organických látek dochází k postupnému navyšování objemové kapacity až na maximální hodnotu 500 l/min, k čemuž slouží regulátor 4 průtoku prvního proudy znečištěného vzduchu plazmatem, který je napojen na řídicí jednotku 23, která reguluje na základě dat průtok a výkon mikrovln, a tudíž účinnost a výkon zařízení.

Zdroj 6 mikrovlnného plazmatu je opatřen generátorem 9 mikrovln pro plazma o výkonu 6 kW, který sestává ze zdroje napájení a magnetronové hlavy s vlnovodným příslušenstvím. Dále je zdroj 6 mikrovlnného plazmatu opatřen mikrovlnným tunerem 8, který je nezbytný pro zajištění zapálení plazmatu, jeho ovládání je citlivé, proto je mikrovlnný tuner 8 elektricky, softwarově ovládaný, napojený na řídicí jednotku 23. Zdroj 6 mikrovlnného plazmatu je dále opatřen kompresorem 7 pro zapalování se zapalovačem a přívodem 5 pracovního vzduchu, který je tvořen čerpadlem okolního vzduchu.

Na výstup 30 ze zdroje 6 mikrovlnného plazmatu nasedá plazmo-oxidační komora 11. Plazmo-oxidační komora 11 je vytvořena jako válcová nádoba o průměru 20 cm a je rozdělena do oxidačního prostoru 31 ve své spodní části a směšovacího prostoru 32 ve své horní části. Středem plazmo-oxidační komory 11 prochází křemenná trubice 10, která svým spodním koncem zasahuje do zdroje 6 mikrovlnného plazmatu, a do které je veden první proud znečištěného vzduchu, ve kterém již došlo k prvotnímu rozkladu organických látek pomocí generovaného plazmatu. První proud znečištěného vzduchu prochází křemennou trubicí 10 a ústí do směšovacího prostoru 32 plazmo-oxidační komory 11. Ve spodní části plazmo-oxidační komory 11 je vytvořen druhý vstup 1' pro druhý proud znečištěného vzduchu, druhý proud znečištěného vzduchu prochází ze spodní části plazmo-oxidační komory 11 do horní části plazmo-oxidační komory 11, konkrétně do směšovacího prostoru 32. Kolem křemenné trubice 10 je vytvořeno mezikruží z fotokatalyzátoru 12, který je tvořen oxidem titaničitým nanoseným na nosiči, konkrétně průtočné 3D struktury ve formě mřížky, napomáhající rozkladu organických látek z druhého proudy znečištěného vzduchu, který nebyl ošetřen mikrovlnným plazmatem. V jiném příkladu provedení může být fotokatalyzátor 12 vytvořen jako síť nebo sada prstenců uspořádaných nad sebou. V horní části plazmo-oxidační komory 11, tedy ve směšovacím prostoru 32 dochází k promísení prvního proudy a druhého proudy znečištěného vzduchu, a tento smíšený vzduch následně vstupuje do reaktorové nádoby 16, která je připojena na výstup plazmo-oxidační komory 11.

Reaktorová nádoba 16 je vytvořena jako válcová nádoba s dvojitým pláštěm. Průměr vnějšího pláště je 60 cm, průměr vnitřního pláště je 30 cm, dutina vytvořená mezi vnějším pláštěm a vnitřním pláštěm je tedy 15 cm po celém obvodu. Vnější plášť je vytvořen z oceli, vnitřní plášť je skleněný. Vnitřní prostor vymezený vnitřním pláštěm je vyplněn granulovaným katalyzátorem 15 pro katalytickou oxidaci organických látek na bázi oxidu hlinitého impregnovaného manganem v oxidované formě. V jiném příkladu provedení může být katalyzátor 15 na bázi oxidu hlinitého impregnovaného kobaltem nebo společně manganem a kobaltem v oxidované formě. Z boční strany je do reaktorové nádoby 16 připojen generátor 19 mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek s výkonem 6 kW. Mikrovlny interagují s katalyzátorem 15, snadno penetrují

vnitřním skleněným pláštěm a celou vsádkou katalytického lože, a tak dochází k homogennímu prohrátí celého objemu lože katalyzátoru 15, a odstranění zbytkových znečišťujících látek přítomných ve vzduchu. Reaktorová nádoba 16 je na vstupu ze směšovacího prostoru 32 plazmo-oxidační komory 11 opatřena vstupním teploměrem 13, který je plynový, je umístěn přímo  
 5 ve prostřed smíšeného proudu procházejícího vzduchu a měří teplotu vzduchu vystupujícího z plazmo-oxidační komory 11. Dále je reaktorová nádoba 16 opatřena infračerveným středovým teploměrem 17, který zaznamenává teplotu katalyzátoru 15 ve středu katalytického lože, a výstupním teploměrem 18 ve formě termočlánku na výstupu 24 vyčištěného vzduchu z reaktorové nádoby 16 měřící maximální teplotu vzduchu dosaženou jeho prostupem katalytickým ložem. Data  
 10 ze vstupního teploměru 13, středového teploměru 17 a výstupního teploměru 18 vyhodnocuje řídicí jednotka 23 a na jejich základě řídí automaticky výkon generátoru 19 mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek. Reaktorová nádoba 16 je ve své horní části opatřena výstupem 24 vyčištěného vzduchu, který je zaústěn do tepelného výměníku 20.

15 Do protiproudého tepelného výměníku 20 je zaústěn výstup 24 vyčištěného vzduchu a vychází z něj vedení 25 pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu, které vytvářejí druhý okruh protiproudého tepelného výměníku 20. Vedení 25 pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu je opatřeno teploměrem 29 na výstupu kontrolujícím teplotu odcházejícího vyčištěného vzduchu a dále je opatřeno deozonizátorem 21 pro odstranění zbytkového ozonu z vyčištěného vzduchu  
 20 a výstupem 28 vyčištěného vzduchu zbaveného ozonu se senzorem 22 složení vyčištěného vzduchu. Odtud je vyčištěný vzduch zbavený organických látek a ozonu vypouštěn ze zařízení do atmosféry.

Znečištěný vzduch přiváděný do zařízení podle tohoto technického řešení je tedy za hlavním vstupem 33 znečištěného vzduchu do zařízení rozdělen na dva proudy. První proud je do zařízení přiváděn prvním vstupem 1 pro první proud znečištěného vzduchu a druhý proud je do zařízení přiváděn druhým vstupem 1' pro druhý proud znečištěného vzduchu. První proud je nejprve ovlhčen pomocí výparníku 3 s tlakovým ventilem 2 a vstupuje do zdroje 6 mikrovlnného plazmatu, kde působením mikrovlnného plazmatu dochází k odstranění části znečišťujících organických  
 30 látek ze vzduchu. Takto upravený první proud zbavený částí znečišťujících organických látek je přiváděn do křemenné trubice 10 v plazmo-oxidační komoře 11 a je smísen s druhým proudem znečištěného vzduchu ve směšovacím prostoru 32 plazmo-oxidační komory 11, kam byl druhý proud veden z druhého vstupu 1'. Takto smísený vzduch následně vstupuje do reaktorové nádoby 16, kde je působením mikrovln a přítomností katalyzátoru 15 odstraněn zbytek organických látek.  
 35 Vyčištěný vzduch, který je ale ohřátý na teplotu až 250 °C vstupuje do tepelného výměníku 20 a ohřívá přiváděný druhý proud znečištěného vzduchu, který následně vstupuje do druhého vstupu 1' plazmo-oxidační komory 11. Vyčištěný vzduch následně prochází deozonizátorem 21, kde dojde k odstranění vzniklého ozonu průchodem vzduchu vrstvou granulovaného aktivního uhlí nebo zeolitu a přes senzor 22 vlastností vyčištěného vzduchu je vypouštěn vyčištěný vzduch zbavený i  
 40 ozonu ven ze zařízení.

Jak je znázorněno na obr. 2, data z teploměrů 13, 17, 18, regulátory 4, 14 průtoku, generátory 9, 19 mikrovln, mikrovlnný tuner 8 a kompresor 7 pro zapalování jsou svedeny do řídicí jednotky 23, která je opatřena softwarovým modulem. V řídicí jednotce 23 jsou data uložena v datovém úložišti,  
 45 následně vyhodnocena a on-line zobrazována na dotykovém PLC panelu, který je součástí řídicí jednotky 23. Celé zařízení lze také zautomatizovat, kdy si zařízení samo upravuje rychlost a objem průtoku prvního a druhého proudu znečištěného vzduchu, udržuje hodnoty teplot řízením výkonu aplikovaných mikrovln a množství generovaného plazmatu.

50 Akutně toxickými látkami, které mohou být výše uvedeným způsobem ve výše uvedeném zařízení odstraňovány jsou zejména: jakékoli toxické těkavé organické látky, např. halogenované, aromatické, alifatické, dusíkaté, kyslíkaté, polycyklické aromatické uhlovodíky a jejich deriváty včetně halogenovaných aj., zpomalovače hoření dále izokyanáty, kyanovodík, fosgen, rtuť, oxid uhelnatý, veškeré chemické a biologické bojové látky či jejich prekurzory, např. sarin, soman,

yperit atd., rovněž jakékoli nežádoucí vedlejší produkty nežádoucích průmyslových procesů, např. dioxiny, či produkty neúplného spálení, stejně tak infekční bioaerosoly.

5 Průmyslová využitelnost

Způsob a zařízení pro odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín, zejména při havarijních situacích podle tohoto vynálezu lze využít jako mobilní jednotku při akutních havarijních situacích či teroristických útocích nebo jako stabilní jednotku kompatibilní s ventilačním systémem budov pro odstraňování emisí ze vzdušín z výrobních hal.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín, zejména při havarijních situacích, při kterém se na znečištěnou vzdušinu působí mikrovlnným plazmatem, **vyznačující se tím**, že znečištěná vzdušina se rozdělí na první proud znečištěného vzduchu a druhý proud znečištěného vzduchu, první proud znečištěného vzduchu se přivádí prvním vstupem (1) pro první proud znečištěného vzduchu do zdroje (6) mikrovlnného plazmatu, kde na první proud znečištěného vzduchu působí mikrovlnné plazma, ve kterém se odstraní část znečišťujících látek, dále se první proud znečištěného vzduchu přivádí do křemenné trubice (10) plazmo-oxidační komory (11) s fotokatalyzátorem (12), a první proud znečištěného vzduchu se smísí s druhým proudem znečištěného vzduchu ve směšovacím prostoru (32) plazmo-oxidační komory (11), přičemž z druhého proudu znečištěného vzduchu se přítomností fotokatalyzátoru (12) a působením UV záření odstraní část znečišťujících látek, a smíšený první proud a druhý proud společně procházejí přes katalyzátor (15) pro katalytickou oxidaci organických látek, kde se odstraní zbylé znečišťující látky ze vzduchu, přičemž druhý proud znečištěného vzduchu se do směšovacího prostoru (32) plazmo-oxidační komory (11) přivádí přes protiproudý tepelný výměník (20) druhým vstupem (1') pro druhý proud znečištěného vzduchu, kde se druhý proud znečištěného vzduchu ohřeje procházejícím smíšeným proudem znečištěného vzduchu, a takto vyčištěný vzduch se odvádí ven.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se vyčištěný vzduch na výstupu zbaví ozonu.
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že katalytické lože katalyzátoru (15) se pomocí mikrovln ohřeje na teplotu v rozmezí 100 až 300 °C.
4. Zařízení pro odstraňování akutně toxických látek ze vzdušín, zejména při havarijních situacích způsobem podle některého z nároků 1 až 3, zahrnující hlavní vstup (33) znečištěného vzduchu napojený na alespoň jeden zdroj (6) mikrovlnného plazmatu protékáný znečištěným vzduchem, **vyznačující se tím**, že zdroj (6) mikrovlnného plazmatu je opatřen prvním vstupem (1) pro první proud znečištěného vzduchu a výstupem (30) zdroje (6) mikrovlnného plazmatu napojeným na průtočnou křemennou trubici (10) uspořádanou v oxidačním prostoru (31) plazmo-oxidační komory (11), ve které je uspořádán fotokatalyzátor (12), přičemž fotokatalyzátor (12) je uspořádán kolem křemenné trubice (10), oxidační prostor (31) má druhý vstup (1') pro druhý proud znečištěného vzduchu vedený k fotokatalyzátoru (12), a dále má plazmo-oxidační komora (11) směšovací prostor (32), do kterého je vyústěna křemenná trubice (10) i výstup z fotokatalyzátoru (12), a zařízení dále zahrnuje alespoň jednu reaktorovou nádobu (16) s katalyzátorem (15) pro katalytickou oxidaci organických látek, která je napojena na výstup ze směšovacího prostoru (32) plazmo-oxidační komory (11), a je opatřena generátorem (19) mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek v reaktorové nádobě (16) a výstupem (24) vyčištěného vzduchu.
5. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje alespoň jeden protiproudý tepelný výměník (20) typu vzduch-vzduch, kde první okruh tepelného výměníku (20) má na vstupu přiveden výstup (24) vyčištěného vzduchu a na výstup připojeno vedení (25) pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu, a druhý okruh tepelného výměníku (20) má na vstup připojen přívod (26) druhého proudu znečištěného vzduchu a na jeho výstup je připojeno vedení (27) druhého proudu znečištěného vzduchu, napojené na druhý vstup (1') do oxidačního prostoru (31) plazmo-oxidační komory (11).
6. Zařízení podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že vedení (25) pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu je opatřeno alespoň jedním deozonizátorem (21) pro odstranění ozonu, který je opatřen výstupem (28) vyčištěného vzduchu zbaveného ozonu.
7. Zařízení podle některého z nároků 4 až 6, **vyznačující se tím**, že zdroj (6) mikrovlnného plazmatu je opatřen generátorem (9) mikrovln pro plazma, mikrovlnným tunerem (8), kompresorem (7) pro zapalování a přívodem (5) pracovního vzduchu.

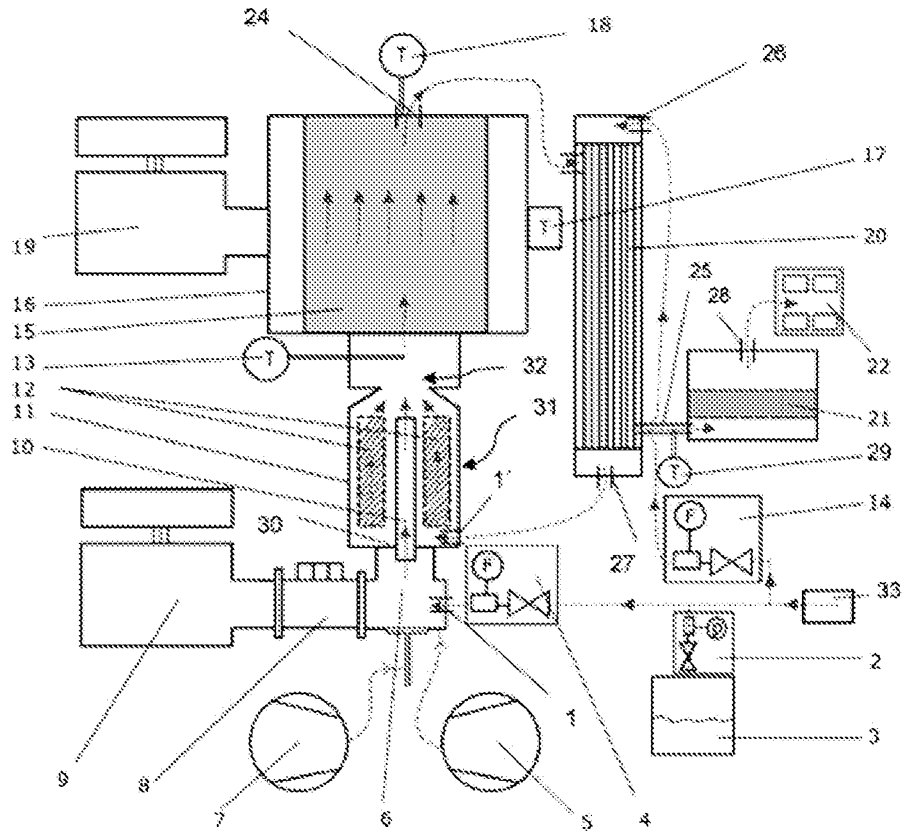
8. Zařízení podle některého z nároků 4 až 7, **vyznačující se tím**, že první vstup (1) pro první proud znečištěného vzduchu je opatřen výparníkem (3) s tlakovým ventilem (2) páry a regulátorem (4) průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu plazmatem.
- 5 9. Zařízení podle některého z nároků 4 až 8, **vyznačující se tím**, že plazmo-oxidační komora (11) je válcová nádoba a fotokatalyzátor (12) tvoří vnitřní mezikruží obklopující křemennou trubici (10).
- 10 10. Zařízení podle některého z nároků 4 až 9, **vyznačující se tím**, že fotokatalyzátor (12) je tvořen oxidem titaničitým.
11. Zařízení podle některého z nároků 4 až 10, **vyznačující se tím**, že reaktorová nádoba (16) je válcová s dvojitým pláštěm, kde vzdálenost mezi vnitřním pláštěm a vnějším pláštěm je nejméně rovná vlnové délce generátoru (19) mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek.
- 15 12. Zařízení podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že vnitřní prostor vymezený vnitřním pláštěm reaktorové nádoby (16) je vyplněn granulovaným katalyzátorem (15) na bázi oxidu hlinitého impregnovaného oxidy kobaltu a/nebo manganu nebo paladiem nebo platinou.
- 20 13. Zařízení podle některého z nároků 4 až 12, **vyznačující se tím**, že reaktorová nádoba (16) je opatřena vstupním teploměrem (13), středovým teploměrem (17) a výstupním teploměrem (18).
14. Zařízení podle některého z nároků 5 až 13, **vyznačující se tím**, že tepelný výměník (20) je opatřen regulátorem (14) průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu.
- 25 15. Zařízení podle nároků 7, 8, 13 a 14, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje řídicí jednotku (23), do které je napojen mikrovlnný tuner (8), generátor (9) mikrovln pro plazma, regulátor (4) průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu, kompresor (7) pro zapalování, regulátor (14) průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu, generátor (19) mikrovln pro katalyzátor, vstupní teploměr (13), středový teploměr (17) a výstupní teploměr (18).
- 30

I výkres

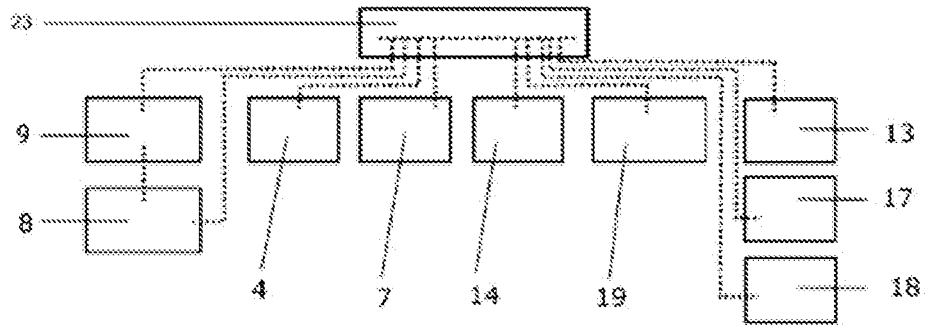
#### Seznam vztahových značek

- 1 první vstup pro první proud znečištěného vzduchu
- 1' druhý vstup pro druhý proud znečištěného vzduchu
- 2 tlakový ventil páry
- 3 výparník
- 4 regulátor průtoku prvního proudu znečištěného vzduchu plazmatem
- 5 přívod pracovního vzduchu
- 6 zdroj mikrovlnného plazmatu
- 7 kompresor pro zapalování
- 8 mikrovlnný tuner
- 9 generátor mikrovln pro plazma
- 10 křemenná trubice
- 11 plazmo-oxidační komora
- 12 fotokatalyzátor
- 13 vstupní teploměr
- 14 regulátor průtoku druhého proudu znečištěného vzduchu plazmo-oxidační komorou
- 15 katalyzátor pro katalytickou oxidaci organických látek
- 16 reaktorová nádoba
- 17 středový teploměr

- 18 výstupní teploměr
- 19 generátor mikrovln pro katalytickou oxidaci organických látek
- 20 tepelný výměník
- 21 deozonizátor
- 22 senzor vlastností vyčištěného vzduchu
- 23 řídicí jednotka
- 24 výstup vyčištěného vzduchu
- 25 vedení pro odvod ochlazeného vyčištěného vzduchu
- 26 přívod druhého proudu znečištěného vzduchu
- 27 vedení druhého proudu znečištěného vzduchu
- 28 výstup vyčištěného vzduchu zbaveného ozonu
- 29 teploměr na výstupu
- 30 výstup zdroje mikrovlnného plazmatu
- 31 oxidační prostor
- 32 směšovací prostor
- 33 hlavní vstup znečištěného vzduchu



Obr. 1



Obr. 2