

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 333

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 1/32

(2023.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-41262**
(22) Přihlášeno: **05.09.2023**
(47) Zapsáno: **25.09.2023**

(73) Majitel:
DEKONTA, a.s., Dřetovice, CZ
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Praha 6, Dejvice, CZ
ORLEN UniCRE a.s., Ústí nad Labem, Ústí nad
Labem-centrum, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Mašín, Ph.D., Praha 6, Vokovice, CZ
RNDr. Ivo Hlásenský, Ph.D., Tursko, CZ
Ing. Jiří Kroužek, Ph.D., Svinaře, Halouny, CZ
Ing. Zdeněk Tišler, Ph.D., Měděnec, CZ
Ing. Kateřina Peroutková, Most, CZ

(74) Zástupce:
artpatent, advokátní kancelář s.r.o., Dukelských
hrdinů 976/12, 170 00 Praha 7, Holešovice

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro fotokatalytické čištění
odpadních vod**

Zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká oblasti čištění vod, konkrétně zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod.

10 Dosavadní stav techniky

V současné době narůstá v komunálních splaškových vodách podíl mikropolutantů perzistentních organických látek, mezi které patří rozličné farmaceutické látky, látky skupiny endokrinních disruptorů apod. Tyto látky jsou v klasické mechanicko-biologické čistírně odpadních vod
15 neboli ČOV odstraňovány s nedostatečnou účinností, a/nebo se pouze sorbují v aktivovaném kalu a jeho skládkováním se zpět uvolňují do životního prostředí a povrchových či podzemních vod.

Odstraňování farmaceutických látek z odpadní vody lze provádět pomocí kořenových čistíren odpadních vod. Velkou nevýhodou těchto čistíren je obrovská rozloha potřebná pro obyvatele.
20 Další z možností je adsorpce na vhodném adsorbentu, jejíž nevýhoda spočívá zejména v časté nutnosti výměny adsorbentu, čímž se náklady na čištění odpadních vod zvyšují.

Další z možností odstraňování nežádoucích látek v procesu čištění odpadních vod je využití fotochemické oxidace. Metoda fotochemické oxidace H_2O_2/UV představuje proces pokročilých
25 oxidačních technologií AOP neboli Advanced oxidation process, kdy jsou z peroxidu vodíku, dávkovaného do znečištěné vody generovány působením UV záření hydroxylové radikály ($\cdot OH$), které reagují s organickými kontaminanty. Hydroxylové radikály představují jedno z nejsilnějších oxidačních činidel. Fotochemická oxidace je většinou prováděna v zařízení pracujícím ve vsádkovém uspořádání, kdy voda cirkuluje ze zásobní nádrže přes fotochemický reaktor, tedy
30 ozařovanou zónu a poté je vracena zpět do nádrže. Nevýhoda tohoto řešení spočívá zejména v tom, že použitím roztoku peroxidu vodíku při čištění vody zůstává jeho stopové množství ve vodě, což limituje použití tohoto zařízení při čištění pitné vody. Navíc časem dojde ke spotřebování peroxidu vodíku ve vodě, a proto je nutné množství peroxidu vodíku v čištěné vodě sledovat a následně dle potřeby doplňovat, aby zařízení efektivně pracovalo.

35

Alternativu k fotochemickému čištění vody představuje fotokatalytické čištění vody, které zajišťuje rozklad organického znečištění ve vodách pomocí fotoaktivních částic. Pokud jsou fotoaktivní částice ozařeny světlem o vhodné vlnové délce, začnou emitovat reaktivní formy
40 kyslíku, jako je singletní kyslík, hydroxylové radikály apod., které narušují delší molekulární řetězce či buněčné stěny mikroorganismů. Tyto procesy jsou sice poměrně pomalé, potřebují svůj čas, ale v případech s nižším znečištěním je možno je úspěšně využít.

Z dokumentu CZ 32945 U1 je známé zařízení pro dekontaminaci odpadní vody s obsahem mikropolutantů, zejména farmaceutických látek, ve kterém se v tubulárním fotokatalytickém
45 reaktoru pro zvýšení účinnosti používá jako fotokatalyzátor oxid titaničitý TiO_2 , který se nanese v tenké vrstvě na vnitřní povrch fotochemického reaktoru, kterým prochází čištěná voda, a na vodu i na vrstvu TiO_2 se působí UV zářením z ozařovacího elementu. Fotokatalytický reaktor má vstup znečištěné vody a výstup vyčištěné vody. Nevýhoda tohoto řešení spočívá zejména v tom, že pro emitované záření o vlnové délce 365 nm se používají UV výbojky o vysokém výkonu, zpravidla
50 vyšší než 200 W s nízkou účinností okolo 10 %, což představuje neefektivní provoz zařízení a značnou energetickou náročnost celého zařízení. Další nevýhodou je nutnost průniku UV záření větší tloušťkou vodního sloupce a snižování intenzity či absorpce záření látkami, které představují optický filtr, tedy absorbují UV záření zrovna v žádané oblasti 365 nm, než záření dopadne na elementy potažené TiO_2 . Další nevýhodou je pak častější zanášení a deaktivace

povrchu TiO_2 organickými a anorganickými látkami, kdy se snižuje účinnost procesu fotokatalytické oxidace.

- Úkolem tohoto technického řešení je vytvořit zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod, které by odstraňovalo výše uvedené nedostatky, které by efektivně a s nízkými náklady na provoz odstraňovalo z odpadní vody mikropolutanty, zejména farmaceutické látky.

Podstata technického řešení

Vytčený úkol je vyřešen pomocí zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod podle tohoto technického řešení. Zařízení zahrnuje alespoň jeden vertikálně uspořádaný tubulární fotokatalytický reaktor opatřený alespoň jedním vstupem znečištěné vody a alespoň jedním výstupem čištěné vody a alespoň jeden ozařovací element uspořádaný ve vnitřním prostoru fotokatalytického reaktoru.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že zařízení dále zahrnuje vnitřní válec, který je uspořádán souose uvnitř tubulárního fotokatalytického reaktoru, a je s ním spojen horním víkem a spodním víkem tak, že vytváří uzavřený cirkulační prostor s průřezem ve tvaru mezikruží pro průtok znečištěné vody z nádrže znečištěné vody obsahující částice TiO_2 ve vznosu, vytváří tedy suspenzi TiO_2 v odpadní vodě. Ozařovací element je uspořádán uvnitř vnitřního válce a je tvořen alespoň jednou posuvnou sestavou LED čipů uspořádaných do tvaru kruhu nebo n-úhelníku, kde každý LED čip je uspořádán na nosném profilu, v jehož konstrukci je uspořádán kanál pro vedení chladicí vody. Výhodou LED čipů, oproti konvenčním zářivkám, je možnost regulace jejich výkonu, proto byly vybrány čipy s výkonem 30 W, který je maximální z hlediska uchazení čipů. Vzhledem k použití fotokatalyzátoru TiO_2 je nutné využít ozařovací element emitující UV záření o vlnové délce 365 až 367 nm, neboť při této vlnové délce dochází k nejefektivnějšímu transferu elektronů z valenčního do vodivostního pásu, a tudíž produkci reaktivních specií (singletní kyslík, OH radikály) a následně rozkladu mikropolutantů pomocí fotokatalytické reakce. Soustava LED čipů použitá v tomto zařízení zajišťující emitované UV záření o požadované vlnové délce představuje zcela inovativní prvek.

V případě suspenze TiO_2 jsou částice fotokatalyzátoru blíže ozařovacímu elementu, a navíc se o sebe částice TiO_2 více otírají. Tím odpadá nutnost sedimentace TiO_2 či jeho separace ze zařízení dalšími filtračními např. membránovými procesy pro zajištění kontinuálního provozu. U vsádkového provozu stačí mechanická sedimentace částic fotokatalyzátoru TiO_2 a jeho následné oddělení od čištěné vody.

Ve výhodném provedení jsou nosné profily uspořádány ve tvaru šestiúhelníku, kde na každé vnější stěně šestiúhelníku je v horizontální rovině uspořádán alespoň jeden LED čip, přičemž jednotlivé LED čipy jsou vzájemně sériově zapojené. Na každé stěně šestiúhelníku je s výhodou vertikálně uspořádáno pět paralelně zapojených LED čipů, tudíž ozařovací element zahrnuje dohromady třicet LED čipů. Emitovaný výkon v jedné řadě je 180 W, celkový výkon ozařovacího elementu pak je 900 W, z toho podíl UV-A složky dosahuje přibližně 70 %. Každá horizontální řada LED čipů je propojena sériově a pět řad uspořádaných vertikálně nad sebou je zapojeno paralelně. Nespornou výhodou LED čipů je velký podíl energie ve prospěch UV záření, a to průměrně 70 % výkonu UV/VIS, oproti konvenčním zářivkám o podílem 15 až 20 % UV/VIS, dvojnásobná životnost a úspora elektrické energie. Oproti konvenčním zářivkám však bylo potřeba LED čipy ukotvit na vhodnou konstrukci, kde bylo nutné zejména zohlednit jejich optimální chlazení.

Zařízení ve výhodném uspořádání dále zahrnuje alespoň jednu nádrž chladicí vody opatřenou vedením chladicí vody záústěným do kanálu pro vedení chladicí vody s čerpadlem chladicí vody a zdrojem chlazení. Nosné profily s kanály pro vedení chladicí vody jsou s výhodou Alu nosné profily. Odvod tepelné energie, vznikající při provozování ozařovacího elementu tak je řešen

plošným dotykem zadní strany LED čipu s duralovou destičkou, která je přišroubována k Alu nosnému profilu. Současně je možné posouvat jednotlivé LED čipy nebo celou řadu LED čipů ve vertikálním směru po Alu nosném profilu a měnit tak intenzitu UV záření v závislosti na průběhu fotokatalytické reakce.

5

Ve výhodném provedení je nádrž znečištěné vody opatřena vedením znečištěné vody zaústěným do vstupu znečištěné vody s čerpadlem znečištěné vody.

10

Plášť tubulárního fotokatalytického reaktoru je s výhodou z transparentního neměkčeného polyvinylchloridu neboli PVC-U. Hlavním smyslem použití transparentního materiálu byla možnost vizuální kontroly chování suspenze fotokatalyzátoru při procesu fotokatalýzy. Materiál PVC-U zcela absorbuje zbytkové UV záření, čímž je zajištěna bezpečnost provozu z hlediska obsluhy.

15

Plášť vnitřního válce je s výhodou z transparentního křemenného skla. Křemenné sklo zaručuje více než 90% transparentnost pro pronikající UV záření o vlnové délce 365 nm.

20

Výhody zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod spočívají zejména v tom, že efektivně a s nízkými náklady na provoz odstraňuje z odpadní vody mikropolutanty, zejména farmaceutické látky.

Objasnění výkresů

25

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde:

30

- obr. 1 znázorňuje pohled na schéma na zařízení;
- obr. 2 znázorňuje horizontální řez fotokatalytickým reaktorem;
- obr. 3 znázorňuje pohled na fotokatalytický reaktor; a
- obr. 4 znázorňuje graf s výsledky odstranění farmak z odpadních vod.

Příklad uskutečnění technického řešení

35

Zařízení 1 pro fotokatalytické čištění odpadních vod podle tohoto technického řešení je znázorněno na schématu na obr. 1. Konstrukce fotokatalytického reaktoru 2 byla navržena tak, aby bylo možné využít maximální množství emitovaného UV záření do čištěné vody a současně využít LED čipy 10 emitující UV záření. Jako nejvhodnější se ukázal být tubulární fotokatalytický reaktor 2, umístěný ve vertikální poloze, v jehož středové části byl souose vložen vnitřní válec 6, který je s fotokatalytickým reaktorem 2 spojen s horním víkem 17 a spodním víkem 18, takže vytváří uzavřený cirkulační prostor 19 s průřezem ve tvaru mezikruží 8, kterým protéká znečištěná voda se suspendovaným fotokatalyzátorem TiO_2 . Ve vnitřním válci 6 je umístěn ozařovací element 5.

40

45

Plášť vnitřního válce 6 je tvořen trubicí z křemenného skla o průměru 180 mm a délce 1250 mm s tloušťkou stěny 3 mm. Použité křemenné sklo zaručuje více než 90% transparentnost pro pronikající UV záření o vlnové délce 365 nm. Vnější plášť 7 fotokatalytického reaktoru 2 je tvořen trubicí z transparentního materiálu, konkrétně neměkčeného polyvinylchloridu PVC-U o vnitřním průměru 269 mm a délce 1500 mm. Materiál PVC-U zcela absorbuje zbytkové UV záření, čímž je zajištěna bezpečnost provozu zařízení 1 z hlediska obsluhy. Tloušťka vodního sloupce v mezikruží 8 je 44,5 mm a zadržený objem vody 25 l. Roura vnějšího pláště 7 fotokatalytického reaktoru 2 je vlepena do lemového nákrčku s přírubou, která je spojena s dílem spodní podstavy a tvoří spodní víko 18. Spodní podstava tvoří proti přírubě a je zhotovena z polyethylenové neboli PE desky o tloušťce 35 mm, se speciálně vyfrézovanými drážkami s osazeným těsněním a vybráním pro uložení křemenné trubice vnitřního válce 6. Vstup 3 znečištěné vody do zařízení 1

50

55

je vytvořen v podstavě spodního víka, ve kterém jsou vyvedeny dvě trubice délky 50 mm s vnitřními závitů G3/4". Vnitřní válec 6 z křemenného skla je uložen v těsnícím hřídelovém kroužku neboli guferu o průměru 200 mm, které zajišťuje dokonalou těsnost.

5 Horní víko 17 je odnímatelné a vytvořené z polyethylenu neboli PE o tloušťce 35 mm s vyfrézovanými drážkami pro nasazení na vnější plášť 7 fotokatalytického reaktoru 2 a vnitřní válec 6. Z vnějšího pláště 7 fotokatalytického reaktoru 2, 80 mm pod horním okrajem, je vyveden výstup 4 čištěné vody tvořený třemi výtokovými trubicemi o průměru 25 mm, umístěnými rovnoměrně po obvodu vnějšího pláště 7 fotokatalytického reaktoru 2, tedy po 120°, pro odvod
10 vyčištěné vody. Trubice z křemenného skla vnitřního válce 6 je v horní části fotokatalytického reaktoru 2 vystředěna pomocí odnímatelného tvarově děleného prstýnku, který je usazen na výtokových trubicích výstupu 4 čištěné vody. Konstrukce fotokatalytického reaktoru 2 a jeho horního víka 17 a spodního víka 18 je zobrazena na obr. 3.

15 Ozařovací element 5 je umístěn ve vnitřním prostoru vnitřního válce 6, jehož konstrukce je vytvořena ve tvaru šestiúhelníku, na které je umístěna soustava 9 LED čipů 10, konkrétně je na hexagonální konstrukci ozařovacího elementu 5 umístěno šest LED čipů 10 v pěti horizontálních řadách. Jeden LED čip 10 má výkon 30 W, emitovaný výkon v jedné řadě je 180 W, celkový výkon ozařovacího elementu 5 pak je 900 W. Každá horizontální řada LED čipů 10 je propojena sériově
20 a pět řad uspořádaných vertikálně nad sebou je zapojeno paralelně. Napájení LED čipů 10 je zajištěno zdrojem stejnosměrného proudu, který poskytuje maximální proud 40 A, maximální napětí 80 V. Výkon zdroje je 1 kW.

Nosná konstrukce ozařovacího elementu 5 je zhotovená ze stavebnicových Alu nosných profilů 11
25 rozměru 40 x 20 mm, délky 1500 mm. Nosné profily 11 jsou utěsněny a sešroubovány se dvěma čely z kruhových Alu plechů tloušťky 3 mm, s kanálem 12 pro vedení kabeláže a polyamidových hadic o průměru 10 mm s chladicí vodou. Chladicí voda o teplotě 8 až 10 °C protéká Alu nosnými profily 11 zdola nahoru při průtoku 2 l/min. Řez fotokatalytickým reaktorem 2, na kterém je znázorněn vnitřní válec 6 s nosnými profily 11 a LED čipy 10 uspořádanými do hexagonální
30 konstrukce, je znázorněn na obr. 2.

Pro chlazení LED čipů 10 byl zhotoven okruh chladicí vody, která cirkuluje ze zásobní nerezové nádrže 13 chladicí vody o objemu 80 l, přes oběhové čerpadlo 20 chladicí vody s výkonem 3000 l/hod, ventilem a manometrem 23 do kanálu 12 pro vedení chladicí vody v Alu nosném
35 profilu 11 konstrukce ozařovacího elementu 5. Chladicí voda je rozvedena vedením 14 chladicí vody vytvořeným polyamidovými hadičkami s rychlospojkami s paralelním rozbočením do jednotlivých Alu nosných profilů 11 šestihranné konstrukce ozařovacího elementu 5. Pro použitý potrubní systém vedení 14 chladicí vody je garantován tlak vody minimálně 6 bar, což představuje dostatečnou rezervu, a tudíž nehrozí „vystřelení“ hadičky a zničení ozařovacího elementu 5.
40 Minimální potřebný průtok chladicí vody je 2 l/min. Chlazení vody zajišťuje kompresorová chladicí jednotka 21 o výkonu 3 kW s výše zmíněným s okruhem chladicí vody. Chladicí voda cirkuluje z nerezové nádrže 13 chladicí vody přes kompresorovou chladicí jednotku 21 a současně přes kanály 12 Alu konstrukce ozařovacího elementu 5.

45 Zařízení 1 je navrženo pro diskontinuální provoz s maximálním objemem 100 l vody cirkulující přes fotokatalytický reaktor 2. Doba zdržení čištěné vody ve fotokatalytickém reaktoru 2, resp. jeho kapacita, závisí zejména na množství a složení kontaminujících látek. Zásobní nádrž 15 znečištěné vody je plastová polyethylenová nádoba s konickým dnem, z níž vychází vedení 16 znečištěné vody do chemicky odolného čerpadla 22 znečištěné vody. Trojcestným ventilem 24 je
50 umožněné vypouštění znečištěné vody obsahující fotokatalyzátor ve vznosu, resp. suspenze TiO₂, z nádrže 15 znečištěné vody. Výkon čerpadla 22 znečištěné vody, resp. průtok znečištěné vody lze ovládat frekvenčním měničem v rozsahu 400 až 1200 l/hod. Z čerpadla 22 znečištěné vody vede trasa znečištěné vody buď do fotokatalytického reaktoru 2, nebo do bypassu 25, kdy se znečištěná vyčištěná voda vrací zpět do nádrže 15 znečištěné vody. Režim bypassu 25 je určený pro dokonalé
55 rozmíchání suspenze fotokatalyzátoru ve znečištěné vodě, nebo při odstavení fotokatalytického

reaktoru 2 za účelem čištění trubice z křemenného skla vnitřního válce 6. Potrubní trasa před vstupem do fotokatalytického reaktoru 2 je osazena průtokoměrem, membránovým ventilem a rotametrem, pro sledování okamžitého průtoku. Přepínání směru trasy znečištěné vody je zajištěno trojcestnými ventily.

5

Z fotokatalytického reaktoru 2 odchází voda výtokovými trubkami zaústěnými do společného potrubí, které vede ještě přes vzorkovací ventil zpět do nádrže 15 znečištěné vody.

10

Fotokatalytický reaktor 2 je společně s ostatními komponentami zařízení 1 ukotven v nezobrazeném rámu, jež tvoří ucelené kompaktní zařízení 1. Rám byl zhotoven na míru ze stavebnicových Alu profilů 40 x 40 mm, jejichž výhodou je možnost snadné úpravy v případě obměny či doplňování technologických prvků zařízení 1. Vertikálně umístěný fotokatalytický reaktor 2 lze snadno sklápět do horizontální polohy pro případ jeho údržby a čištění apod.

15

Zařízení 1 pro fotokatalytické čištění odpadních vod bylo použito pro odstraňování zbytkových farmak z odpadní vody na výstupu z čistíren odpadních vod. Výsledky odstraňování mikropolutantů, konkrétně farmak jsou zobrazeny v grafu na obr. 4.

20

Průmyslová využitelnost

Zařízení pro fotokatalytické čištění odpadních vod podle tohoto technického řešení lze využít zejména jako dočišťovací proces odpadních vod po konvenčním čištění odpadních vod na čistírnách.

25

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení (1) pro fotokatalytické čištění odpadních vod, zahrnující alespoň jeden vertikálně uspořádaný tubulární fotokatalytický reaktor (2) opatřený alespoň jedním vstupem (3) znečištěné vody a alespoň jedním výstupem (4) čištěné vody a alespoň jeden ozařovací element (5) uspořádaný ve vnitřním prostoru fotokatalytického reaktoru (2), **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje vnitřní válec (6), který je uspořádán souose uvnitř tubulárního fotokatalytického reaktoru (2), a je s ním spojen horním víkem (17) a spodním víkem (18) tak, že vytváří uzavřený cirkulační prostor (19) s průřezem ve tvaru mezikruží (8) pro průtok znečištěné vody z nádrže (15) znečištěné vody obsahující částice TiO_2 ve vzhledu, přičemž ozařovací element (5) je uspořádán uvnitř vnitřního válce (6) a je tvořen alespoň jednou posuvnou sestavou (9) LED čipů (10) uspořádaných do tvaru kruhu nebo n-úhelníku, kde každý LED čip (10) je uspořádán na nosném profilu (11), v jehož konstrukci je uspořádán kanál (12) pro vedení chladicí vody.

2. Zařízení (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nosné profily (11) jsou uspořádány do tvaru šestiúhelníku, kde na každé vnější stěně šestiúhelníku je v horizontální rovině uspořádán alespoň jeden LED čip (10), přičemž jednotlivé LED čipy (10) jsou vzájemně sériově zapojené.

3. Zařízení (1) podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že na každé vnější stěně šestiúhelníku je vertikálně uspořádáno pět paralelně zapojených LED čipů (10), přičemž soustava (9) LED čipů (10) zahrnuje třicet LED čipů (10).

4. Zařízení (1) podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje alespoň jednu nádrž (13) chladicí vody opatřenou kompresorovou chladicí jednotkou (21) a vedením (14) chladicí vody zaústěným do kanálu (12) pro vedení chladicí vody s čerpadlem (20) chladicí vody.

5. Zařízení (1) podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že nádrž (15) znečištěné vody je opatřena vedením (16) znečištěné vody zaústěným do vstupu (3) znečištěné vody s čerpadlem (22) znečištěné vody.

6. Zařízení (1) podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že plášť tubulárního fotokatalytického reaktoru (2) je z transparentního polyvinylchloridu.

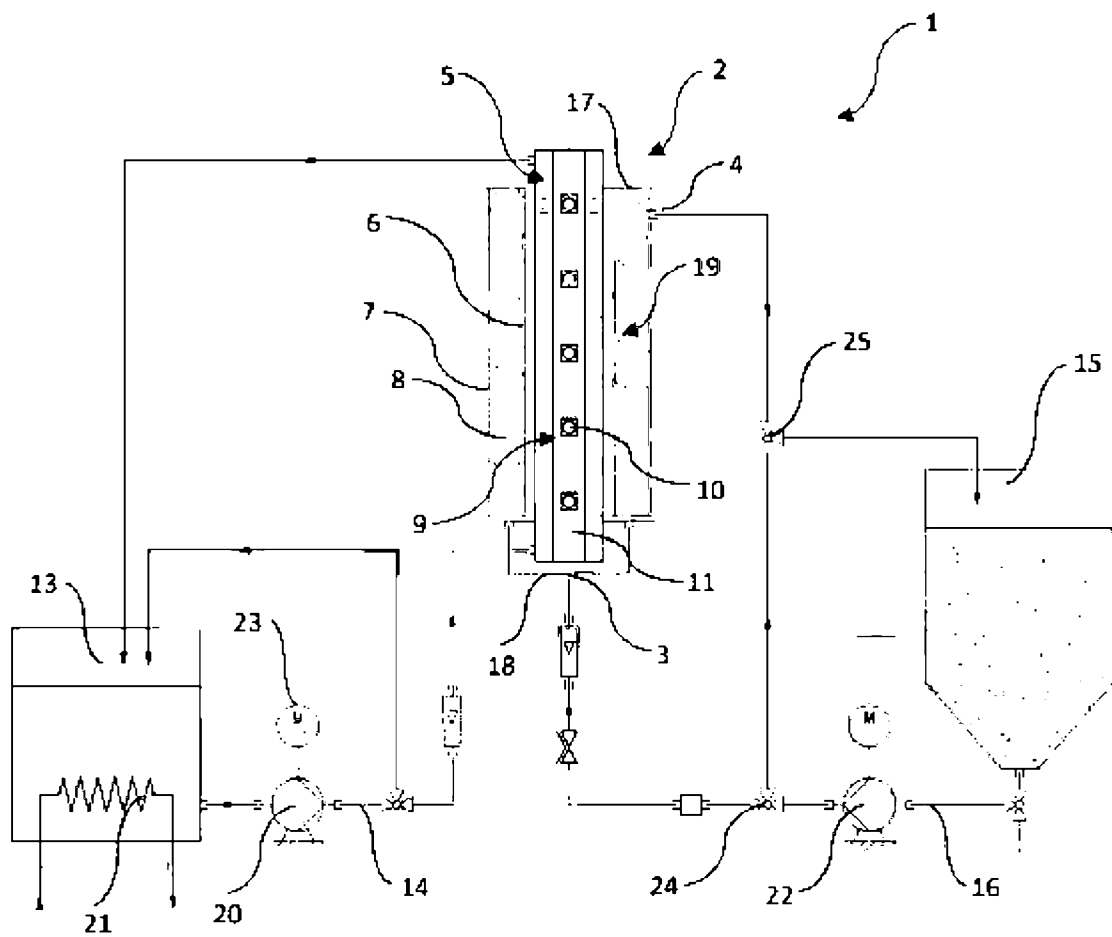
7. Zařízení (1) podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že plášť vnitřního válce (6) je z transparentního křemenného skla.

4 výkresy

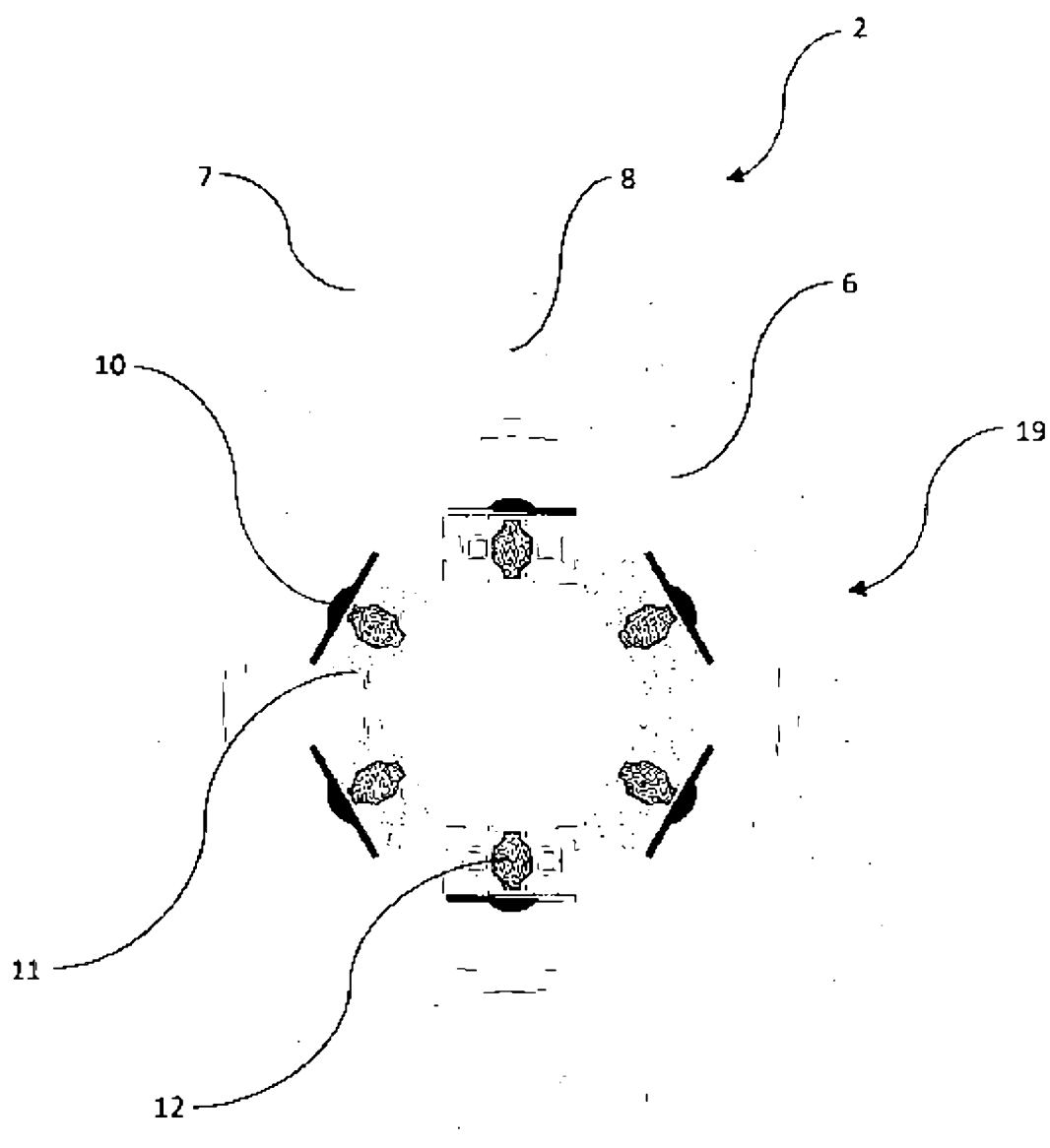
Seznam vztahových značek:

- 1 zařízení
- 2 fotokatalytický reaktor
- 3 vstup znečištěné vody
- 4 výstup čištěné vody
- 5 ozařovací element
- 6 vnitřní válec
- 7 vnější plášť
- 8 mezikruží
- 9 soustava LED čipů
- 10 LED čip
- 11 nosný profil
- 12 kanál

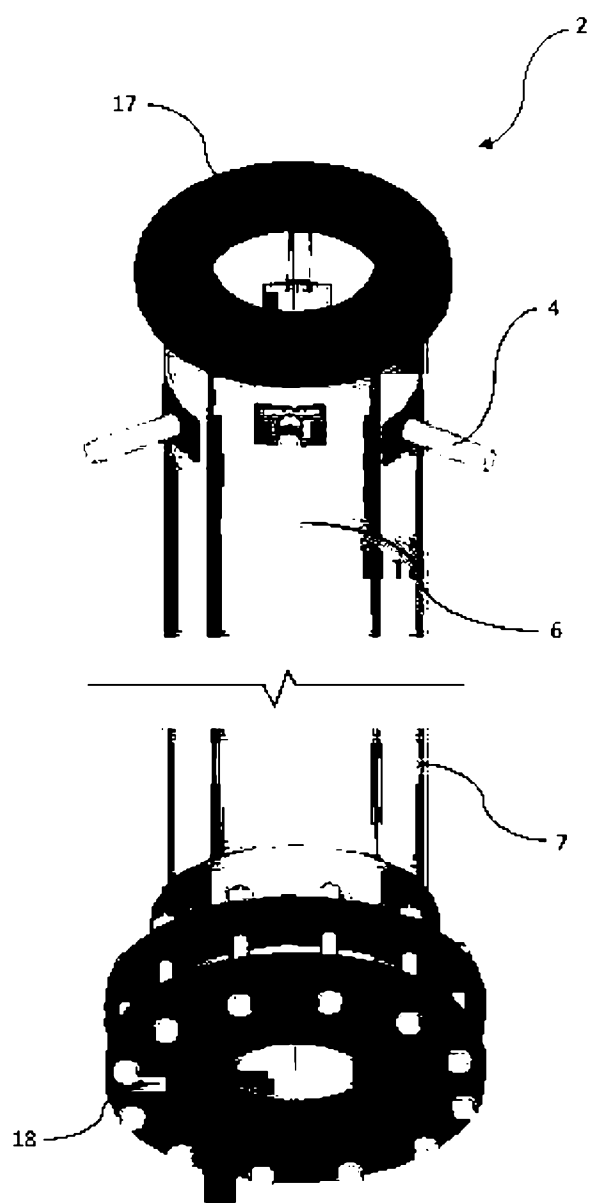
- 13 nádrž chladicí vody
- 14 vedení chladicí vody
- 15 nádrž znečištěné vody
- 16 vedení znečištěné vody
- 17 horní víko
- 18 spodní víko
- 19 cirkulační prostor
- 20 čerpadlo chladicí vody
- 21 kompresorová chladicí jednotka
- 22 čerpadlo znečištěné vody
- 23 manometr
- 24 trojcestný ventil
- 25 bypass



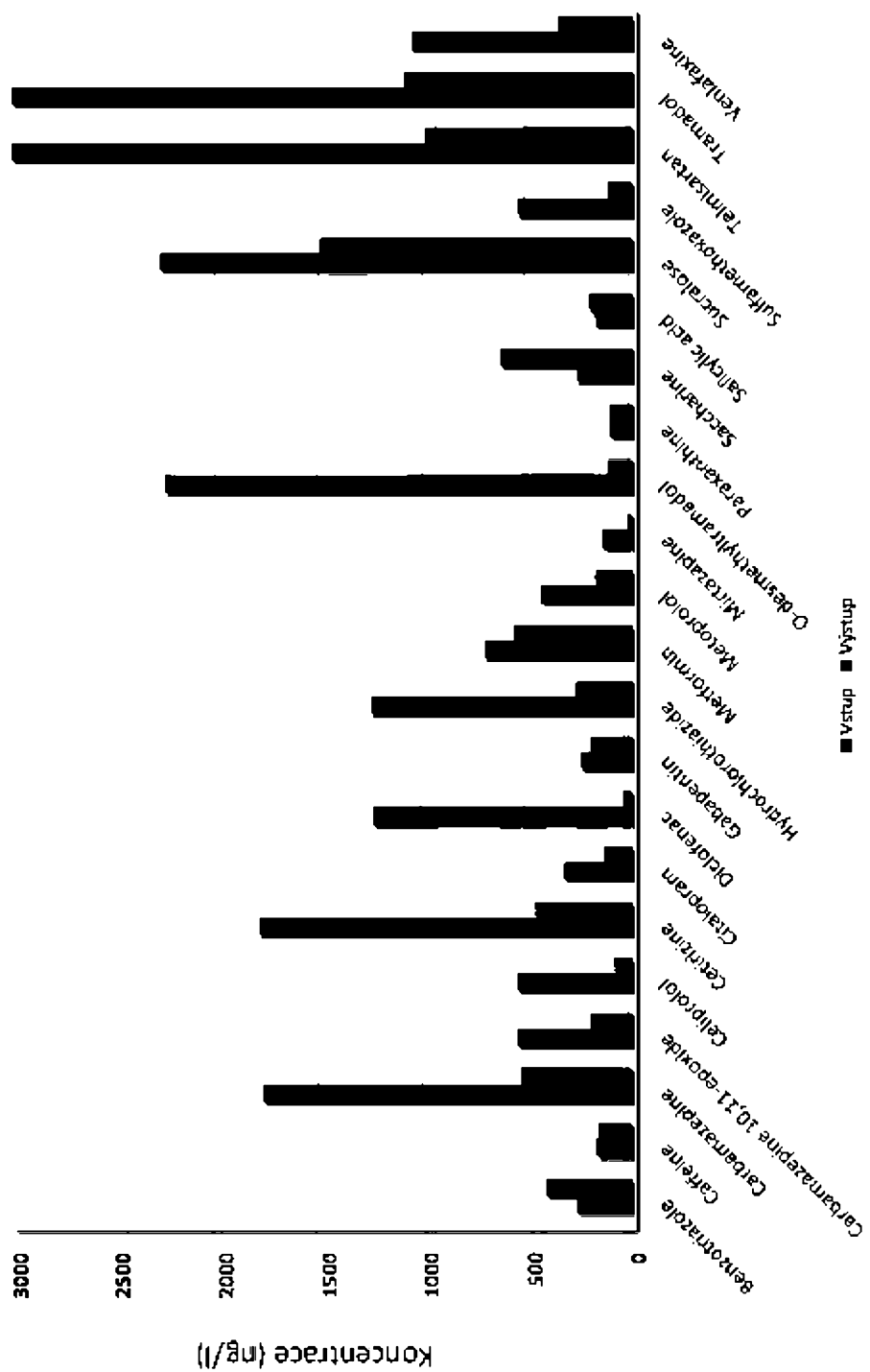
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4