SÚJCHBO, v.v.i.	Certifikovaná metodika	

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i.

Snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB a složek Integrovaného záchranného systému při nálezech

Ing. Tomáš Dropa, Ing. Martin Urban, Ing. Markéta Weisheitelová

Realizační výstup projektu MV ČR: *Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury*
kód VF20112015013

Oponent: RNDr. Bedřich Uchytil, CSc., Institut ochrany obyvatelstva, Lázně Bohdaneč

Oponent: Ing. Zdeňka Fabiánová, PhD., Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

Uplatněno: prosinec 2012

Schválil: kulaté razítko

……..	…….
RNDr. Josef Bříček, PhD.	**MUDr. Stanislav Brádka, PhD.**
vedoucí Odboru chemické ochrany, SÚJCHBO, v.v.i.	ředitel SÚJCHBO, v.v.i.

OBSAH

SEZNAM POŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 3
1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY 3
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY 3
3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ 7
4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY 7
5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY 7
6 SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ 8
Příloha č.1 9
Příloha č.2 13
Příloha č.3 16

SEZNAM POŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SÚJCHBO, v.v.i.	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, veřejná výzkumná instituce
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
LTL	Laboratoř toxických látek
IZS	Integrovaný záchranný systém
PID	foto-ionizační detektor (*Photo-Ionization Detector*)
RAID	spektrometr na principu pohyblivosti iontů (*Rapid Alarm and Identification Device*)
GC-MS	plynový chromatograf – hmotnostní spektrometr (*Gas Chromathograph – Mass Spectrometer*)

1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Cílem certifikované metodiky je poskytnout specialistům Laboratoře toxických látek, Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i., (LTL SÚJCHBO, v.v.i.) při nálezech uzavřených nádob s neznámým obsahem v rámci technické podpory dozorové činnosti kontrolních pracovníků Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) :

- ucelený technologický postup bezpečného zpracování uzavřených nádob
- postupy vhodné neutralizace, detoxikace (likvidace) identifikované chemické látky

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

Úvod

Uzavřené nádoby s neznámým obsahem jsou poměrně častým, potenciálně nebezpečným nálezem zachyceným na území České republiky složkami Integrovaného záchranného systému (IZS) s průměrnou roční incidencí až 15 kusů **[1]**. Ve většině případů se jedná o nálezy starých, neidentifikovaných tlakových lahví, nebo tlakových lahví s různým stupněm poškození, dále o nálezy zbytků chemické munice z období 2. světové války apod. Takové nálezy mohou za určitých okolností představovat bezprostřední hrozbu pro zdraví a životy dotčené populace. Z důvodu zajištění bezpečnosti obyvatel jsou tak složky IZS stavěny před vysoce urgentní potřebu okamžitého zajištění uvedených nálezů, jejich bezpečného transportu a následné detoxikace (likvidace) obsahu.

Zařízení zkonstruované pro uvedené účely je koncipováno pro maximální velikost zpracovávané nádoby odpovídající velikosti běžného typu ocelové tlakové láhve o maximálním vodním objemu 50 dm^3 s maximální délkou 2300 mm, při tlaku náplně maximálně 300 bar. Popisované zařízení je využitelné rovněž pro zpracování dalších uzavřených nádob s neznámým obsahem do maximálního průměru pláště 400 mm.

Těleso reaktoru tvoří válec z nerezového kovu o průměru 960 mm a celkové délce 2750 mm; vnitřní objem reaktoru činí 2000 dm^3 (**Obr. 1**). Válec je umístěn na kovovém nosném rámu opatřeném manipulačními koly. Obě čela válce jsou opatřeny vstupními otvory o průměru 500 mm, krytými uzavíracími víky se skleněnými pozorovacími průhledy. Vstupními otvory reaktoru se zajišťuje veškerá manipulace s materiálem ve vnitřním prostoru reaktoru, jako např. vkládání a vyjímání zpracovávané nádoby, materiálu a nástrojů, čištění vnitřního prostoru po dekontaminaci apod. K plášti tělesa reaktoru jsou připevněny další pomocné moduly určené k přípravě a řízení podmínek vhodných pro bezpečnou práci v reaktoru. Schématický popis reaktoru a jeho činnosti je uveden v Příloze 1 a 2.

S využitím podpůrných modulů lze provádět i další speciální operace, související zejména s instrumentální identifikací a následnou detoxikací (likvidací) obsahu zpracovávané nádoby.

Identifikace obsahu nádoby se po proražení stěny nádoby provrtáním (ev. prořízntutím) a odběru vzorku do podtlakové odběrové vzorkovnice provádí instrumentálně, pomocí vhodného detektoru (např. detektorem typu RAID-M100), nebo s využitím GC-MS systému. Činnost zařízení lze ve fázi otevírání řídit dálkově, bez přítomnosti obsluhujícího personálu. Průběh celé operace je možno sledovat z řídícího stanoviště prostřednictvím vnitřního záznamového a monitorovacího systému.

2.1 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

Chemikálie a spotřební materiál

- tlaková láhev stlačený vzduch, 50 L/200 bar, 2 ks
- tlaková láhev dusík min. čistota 2.0, 50 L/200 bar, 1 ks
- tlaková láhev směs propan/butan, 10 kg
- velkokapacitní filtr s aktivním uhlím

Přehled doporučených postupů zpracování vybraných plynů a směsí je uveden v Tab. 1 **[2]**:

Tab. 1 : Doporučené postupy zpracování vybraných plynů a plynných směsí

toxický plyn	vzorec	doporučené postupy
antimonovodík	SbH_3	prosávání do roztoku NaClO
arsenovodík	AsH_3	prosávání do roztoku NaClO, nebo přeměna na As_2O_3 pomocí vodného roztoku $AgNO_3$, nebo reakcí s roztokem KOH a pak další zpracování
bromovodík	HBr	prosávání do 15 % roztoku NaOH
diboran	B_2H_6	prosávání do vody, přičemž vzniká kyselina boritá a vodík; hypoboran vzniká v alkáliích, může být dále rozložen následným okyselením
ethylenoxid	C_2H_4O	prosávání do studené ředěné HCl (vzniká ethylenglykol)
fluór	F_2	prosávání do roztoku $NaHCO_3$ nebo natronovým vápnem
fluorovodík	HF	prosávání suspenzí $Ca(OH)_2$ (pH=12; nutno použít PE nádobu)
formaldehyd (plyn)	CH_2O	prosávání 50 % ethanolem a dále spálení roztoku
fosgen	$COCl_2$	prosávání do 15 % roztoku NaOH, nebo do suspenze aktivního uhlí
fosfan	PH_3	prosávání do roztoku NaClO nebo $AgNO_3$
chlór	Cl_2	prosávání do roztoku NaOH; případně dále rozložení vznikajícího chlornanu sodného pomocí $Na_2S_2O_3$
chlorkyan	CNCl	prosávání do 15 % roztoku NaOH
chlorovodík	HCl	prosávání do 15 % roztoku NaOH
kyanovodík	HCN	prosávání do zředěného roztoku NaOH, následná oxidace kyanidu sodného roztokem $Ca(OCl)_2$ a rozředěním velkým množstvím vody
mono-silan	SiH_4	prosávání do roztoku NaClO
oxidační plyny	-	prosávání do roztoku Na_2SO_3 nebo $Na_2S_2O_3$
oxid siřičitý	SO_2	prosávání do 15 % roztoku NaOH
oxid sírový	SO_3	prosávání koncentrovanou H_2SO_4 a přidávání vznikajícího olea po kapkách do ledové vody; následná neutralizace pomocí NaOH
oxid uhelnatý	CO	prosávání filtrem s aktivním uhlím dopovaným hopkalitem
páry rozpouštědel	-	adsorpce na aktivním uhlí, popř. kondenzace
rtuťové páry	-	adsorpce na aktivní uhlí dopované jódem
redukující plyny	-	prosávání do roztoku $Ca(OCl)_2$
selenovodík	H_2Se	prosávání do 15 % roztoku KOH následované redukcí na elementární selen
sirovodík	H_2S	prosávání suspenzí $Fe(OH)_3$
telurovodík	H_2Te	prosávání do 15 % roztoku KOH následované redukcí na elementární telur
uhlovodíky	-	spálení; prosávání přes uhlíkový filtr (případně kombinace postupů)

Přístroje a pomocná zařízení

- Hermeticky uzavíratelný tlakový reaktor, **Obr. 2**
  (materiál nerezová ocel, třída 1.4301 DIN)
  - Optické průhledy: bezpečnostní sklo

  - Pojistný ventil: maximální tlak 16 bar (tlaková zkouška reaktoru: 20 bar)
  - Digitální a mechanický manometr
  - Vakuová odběrová vzorkovnice s hepa-filtrem
  - Vzduchová vývěva
- Pohyblivé manipulační lože pro uchycení zpracovávané nádoby, **Obr. 3**
- Osvětlovací těleso, **Obr. 3**
- Vrtací hlavice, **Obr. 4**
- Pohledová kamera 1 a 2, **Obr. 4**
- Dálkový ovladač vrtací hlavice, **Obr. 6**
- Dekontaminační jednotka, **Obr. 7**
- Jednotka pro sorpci plynů do dekontaminačního roztoku, **Obr. 7**

Ostatní materiál

- Filtrační jednotka (chemický filtr, hepa-filtr), **Obr. 8**
- Spojovací materiál (kohouty, příruby, těsnění, připojovací klemy, tlakové hadice)
- Tlaková láhev (3 ks: inertní plyn, stlačený vzduch, methan) + redukční ventily
- Detekční a identifikační zařízení (detektor RAID; GC-MS systém)

2.2 PRACOVNÍ POSTUP

A. Příprava zařízení pro činnost

- provede se vizuální kontrola celého zařízení (těsnění uzavíracích vík, matic šroubení, dotažení klem instalovaných součástí)
- ověří se kompletnost, kompatibilita a dostupnost všech potřebných součástí a stav pracovních nástrojů (vrtáky, uzavírací kolíky)
- uzavřou se víka reaktoru a napuštěním stlačeným vzduchem se ověří těsnost zařízení (reaktor se naplní vzduchem do tlaku cca 0,07-0,08 bar; hodnota přetlaku se sleduje na digitálním manometru); hodnota na manometru musí zůstat konstantní po dobu nejméně 30 minut
- otevřením výpustního kohoutu se tlak v reaktoru vyrovná s okolím, poté se otevře víko reaktoru na straně výsunu manipulačního lože
- manipulační lože se vysune a upevní se na něj zpracovávaná nádoba, manipulační lože se poté zasune zpět do reaktoru
- víko reaktoru se uzavře a všechny zajišťovací šrouby důkladně dotáhnou

B. Výměna atmosféry v reaktoru

- vnitřní atmosféra reaktoru se vakuováním odsaje pomocí vzduchové vývěvy, čímž se tlak v reaktoru sníží na hodnotu cca **mínus 0,05 bar;** tlak se poté vyrovná zpětným napuštěním inertního plynu (hodnota na manometru po napuštění inertním plynem cca **plus 0,05 bar**); výměna atmosféry se podle tohoto postupu opakuje dvakrát; tlak v reaktoru se nakonec vyrovná napuštěním inertního plynu na nulovou hodnotu (popř. původně zobrazenou) na manometru

C. Vrtání pláště zpracovávané nádoby

- dálkovým ovladačem se z bezpečné vzdálenosti spustí činnost vrtací hlavice
- pomocí monitorovacího systému lze průběh vrtání sledovat v reálném čase; po provrtání stěny nádoby se vrták automaticky vrátí do horní výchozí pozice
- otvor po vrtání je možno uzavřít měděným uzavíracím kolíkem (provede se rovněž dálkovým ovladačem otočením hlavice a natlačením kolíku do otvoru)

D. Odběr vzorku, analýza obsahu

- pomocí vzduchové vývěvy se vakuuje ocelová vzorkovnice
- vzorkovnice se připojí ke vzorkovací přírubě reaktoru, otevře se kohout na reaktoru a vzápětí na vzorkovnici; po cca 10 sec. se uzavře kohout reaktoru, poté kohout vzorkovnice a vzorkovnice se od reaktoru odpojí
- plynná směs ve vzorkovnici se analyzuje vhodným detektorem (např. elektrochemické čidlo, hmotnostní spektrometr apod.); výsledky se použijí k rozhodnutí o dalším postupu vedoucímu ke snížení toxicity plynné směsi

E. Snižování toxicity/stabilizování obsahu zpracovávané nádoby

Na základě informace z předchozího kroku se aplikuje vhodný postup vedoucí ke snížení toxicity, popř. stabilizaci (likvidaci) obsahu zpracovávané nádoby:

- **Netoxické, zdravotně nezávadné plyny a jejich směsi**
  Plyn z reaktoru se postupně vytlačuje ředěním připojeným tlakovým vzduchem při otevřeném hlavním vypouštěcím kohoutu; popř. se víka reaktoru otevřou a směs se nechá samovolně naředit okolní atmosférou.

- **Směsi inertních technických plynů, plynné směsi s obsahem uhlovodíků [3,4]**
  Plyn se přetlačí přes těleso velkokapacitního filtru se sorbentem (modifikované aktivní uhlí) bez předchozí úpravy.

- **Reaktivní organické a anorganické technické plyny**
  Plyn se z reaktoru postupně vytlačuje tlakovým vzduchem (inertním plynem) a přes velkokapacitní fritu je přiváděn ve formě jemných bublin do roztoku vhodného chemického činidla **[2,5]**; dochází tak k rozpouštění plynu a současně k jeho zreagování na méně nebezpečnou chemickou sloučeninu, kterou lze následně bezpečně likvidovat např. prostřednictvím oprávněné osoby.

- **Hořlavé (samozápalné) technické plyny a jejich směsi**
  Plyn/směs plynů z reaktoru se spaluje ve speciálním hořáku (samostatně nebo ve směsi se vzduchem a pomocným plynem pro spalování); vznikající spaliny se odvádějí přes těleso velkokapacitního filtru (s modifikovaným aktivním uhlím).

Algoritmus zpracování různých typů náplní uzavřených nádob je uveden v Příloze 3.

F. Čištění/výplach reaktoru

- analýzou kontrolní vzorku se ověří složení plynné směsi v reaktoru
- v případě přítomnosti měřitelné koncentrace zbytkového množství obsahu zpracovávané nádoby se pokračuje v postupu snižování toxicity/likvidaci obsahu; provede se analýza dalšího kontrolního vzorku
- v případě potřeby se k čištění reaktoru použije dekontaminační modul (na základě identifikace sloučeniny nalezené v nádobě)
- je-li koncentrace v reaktoru dále neměřitelná, otevřou se obě víka, vysune se manipulační lože s zpracovávanou ocelovou nádobou a takto se nechá odvětrat na otevřeném prostranství po dobu nejméně 1 hodiny; intenzitu odvětrání vnitřního prostoru reaktoru lze zvýšit pomocí ventilátoru
- zpracovaná ocelová nádoba se sejme z manipulačního lože a uloží se na stanoveném místě

- provede se závěrečná kontrola vnitřního zařízení reaktoru a odstraní se případně nalezené závady

3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ

Zařízení a související algoritmus prací vznikly na základě požadavku státní správy směrem k SÚJCHBO na komplexní zajištění uvedených činností, do té doby materiálně a systémově nepokrytých. Cílem požadavku bylo radikálně snížit bezpečnostní rizika pro obyvatelstvo ČR v souvislosti s nálezy nebezpečných chemických látek.
Pro uvedené účely bylo na pracovišti LTL SÚJCHBO, v.v.i. Příbram-Kamenná vyvinuto speciální tlakové zařízení a vypracován komplexní technologický postup, umožňující bezpečné otevírání uzavřených nádob s neznámým obsahem, odběr a analýzu vzorků a související bezpečnou a plně kontrolovanou detoxikaci (likvidaci) identifikovaného obsahu. Zařízení bylo projektováno na základě aktuálních poznatků a zkušeností přizvaných specialistů v oborech tlaková technika, řízení NC strojů a expertů na chemickou analýzu a instrumentaci. V době svého vzniku nebylo obdobné zařízení v rámci ČR realizováno a využíváno a potenciálně nebezpečné, uzavřené (tlakové) nádoby byly v případě nutnosti otevírány pomocí explosiv se zcela neřízeným, popř. jen částečně kontrolovaným rozptylem chemických látek do okolí. Autorům není známá existence a využívání obdobného zařízení ani v dalších zemích.

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Certifikovaná metodika *Snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB a složek Integrovaného záchranného systému při nálezech* byla vyvinuta jako základní nástroj metodicko-odborné podpory LTL SÚJCHBO, v.v.i. Metodika nachází využití zejména při technické podpoře kontrolní činnosti SÚJB a činnosti IZS, které se SÚJCHBO účastní formou odborné pomoci na vyžádání v kategorii Ostatní složky IZS (zákon č. 239/2000 Sb. o IZS).
Zkonstruované zařízení a uvedená metodika jsou využitelné při zpracování nálezů uzavřených nádob do maximálního průměru pláště 400 mm, včetně ocelových tlakových nádob do objemu 50 dm^3 při max. tlaku 300 bar s neznámým, případně potenciálně nebezpečným obsahem, při identifikaci tohoto obsahu a jeho bezpečné detoxikaci (likvidaci). Metodika může být rovněž využívána dalšími dotčenými orgány státní správy ČR.

5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

[1] *Statistická ročenka 2011 Česká republika* [seriál online]. Praha (Česká republika): Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 1998– . [cit. 2013-01-10]. URL: http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx.

[2] MÜLLER, Karl, Robert. *Chemical Waste. Handling and Treatment*. 1st edition, 1986. Berlin: Springer. ISBN-10: 3540132465.

[3] SMÍŠEK, Milan – ČERNÝ, Slavoj. *Active Carbon: Manufacture, Properties and Applications*. 1970. Amsterdam-London-New York. Elsevier Science Ltd. ISBN-10: 0444407731.

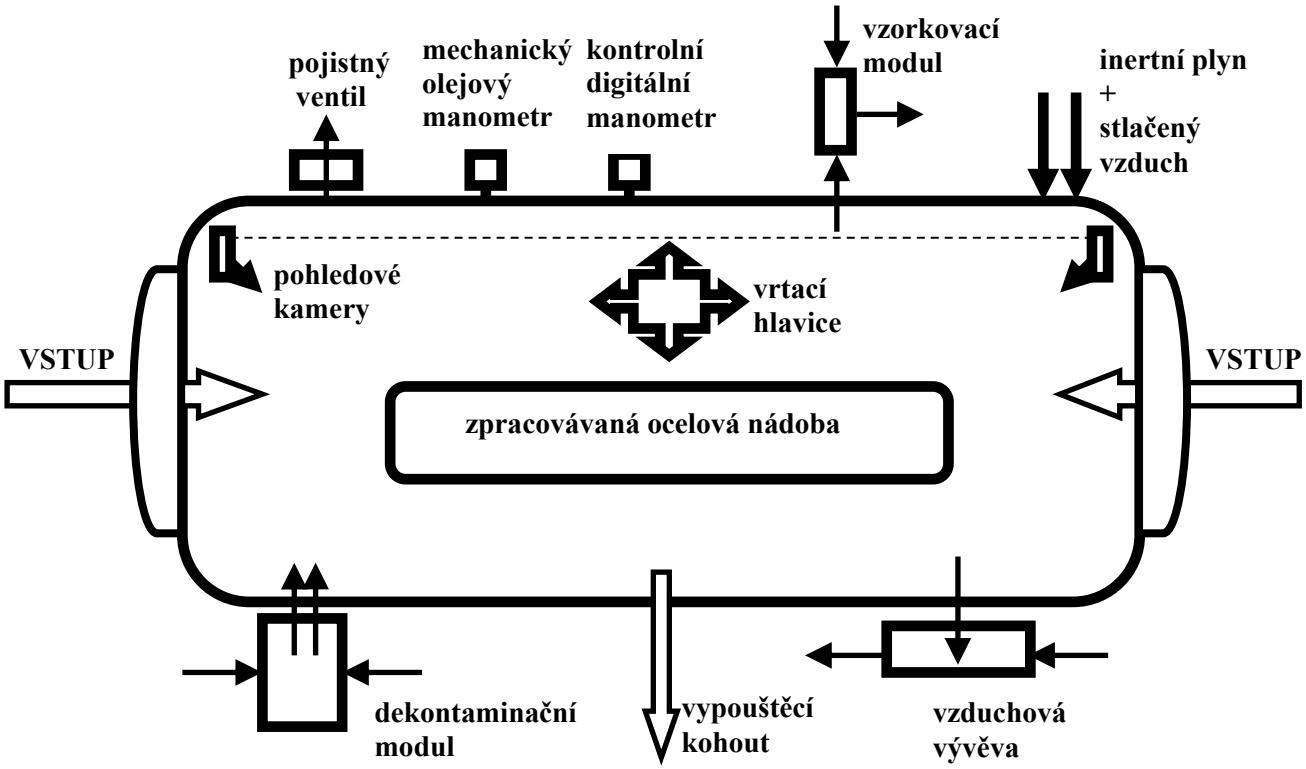
[4] PONEC, Vladimír – KNOR, Zlatko – ČERNÝ, Slavoj. *Adsorpce na tuhých látkách*. 1968. Praha: SNTL.

[5] ČERVINKA, Otakar – DĚDEK, Václav – FERLES, Miloslav: *Organická chemie*. Čtvrté vydání, v INFORAMATORIU první. 1991. Praha: INFORAMATORIUM. ISBN: 80-85427-03-6.

6 SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ

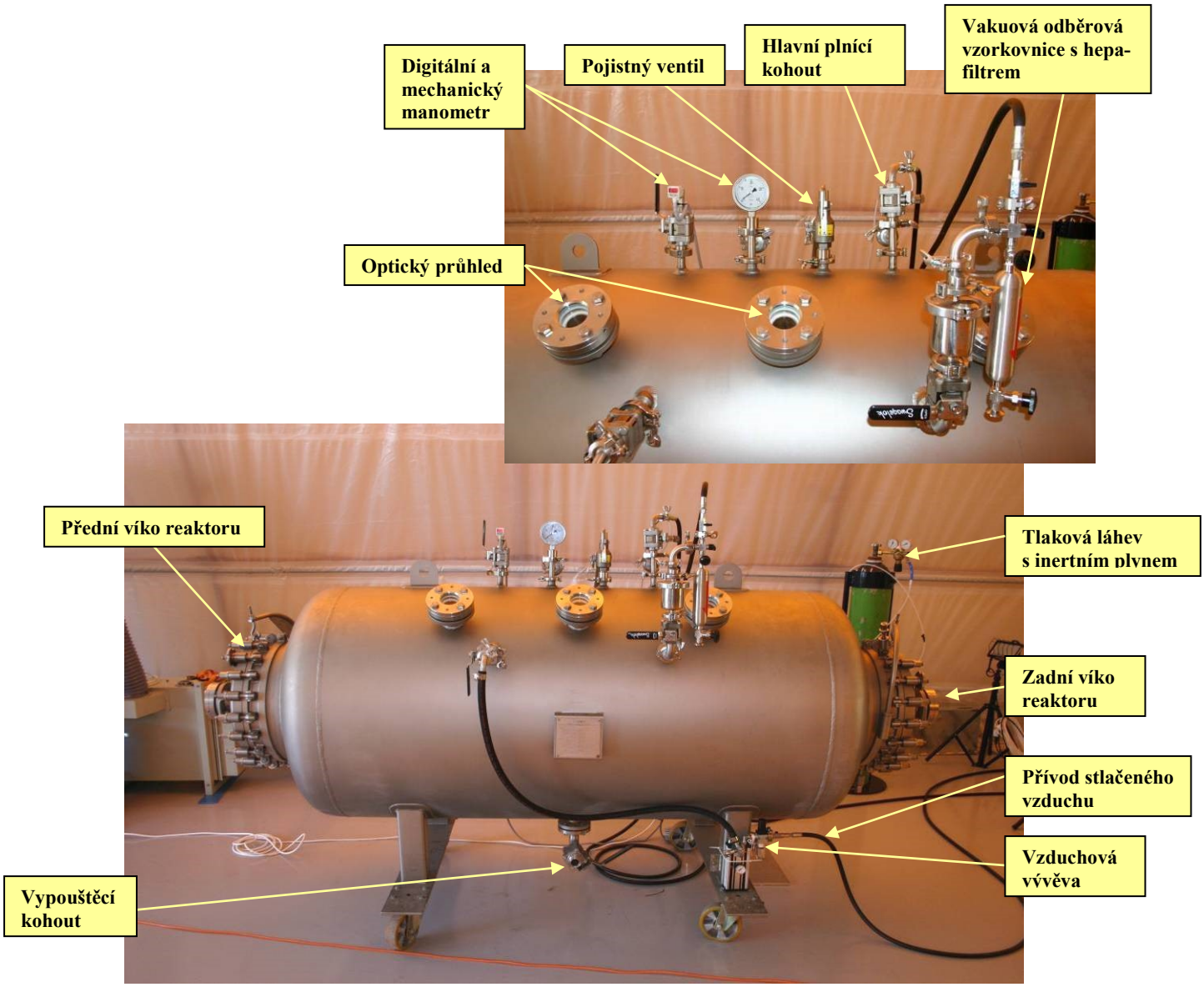
[1] DROPA, Tomáš – BRÁDKA, Stanislav – URBAN, Martin – WEISHEITELOVÁ, Markéta**:** *Zařízení pro otevírání a zpracování kovových nádob s neznámým obsahem*. ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ: Užitný vzor č. 24549 (zapsáno 12.11.2012).

Příloha č.1
Popis zařízení pro snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem

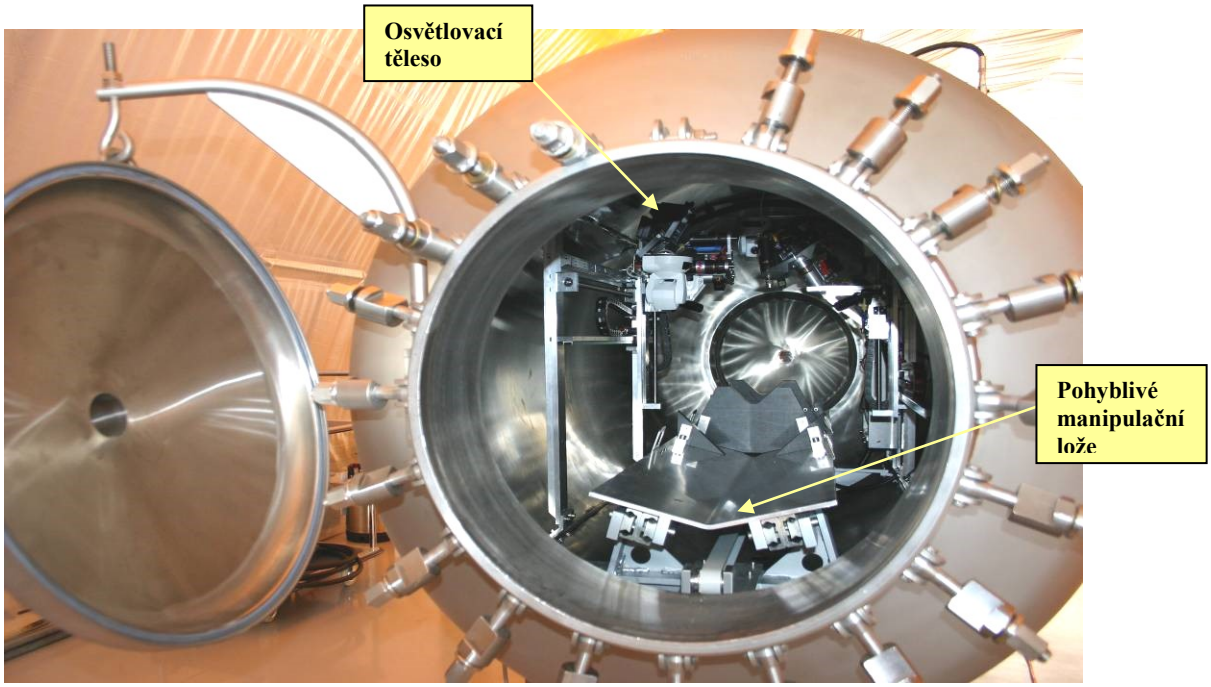


Obr. 1 : Schéma reaktoru zařízení pro snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem

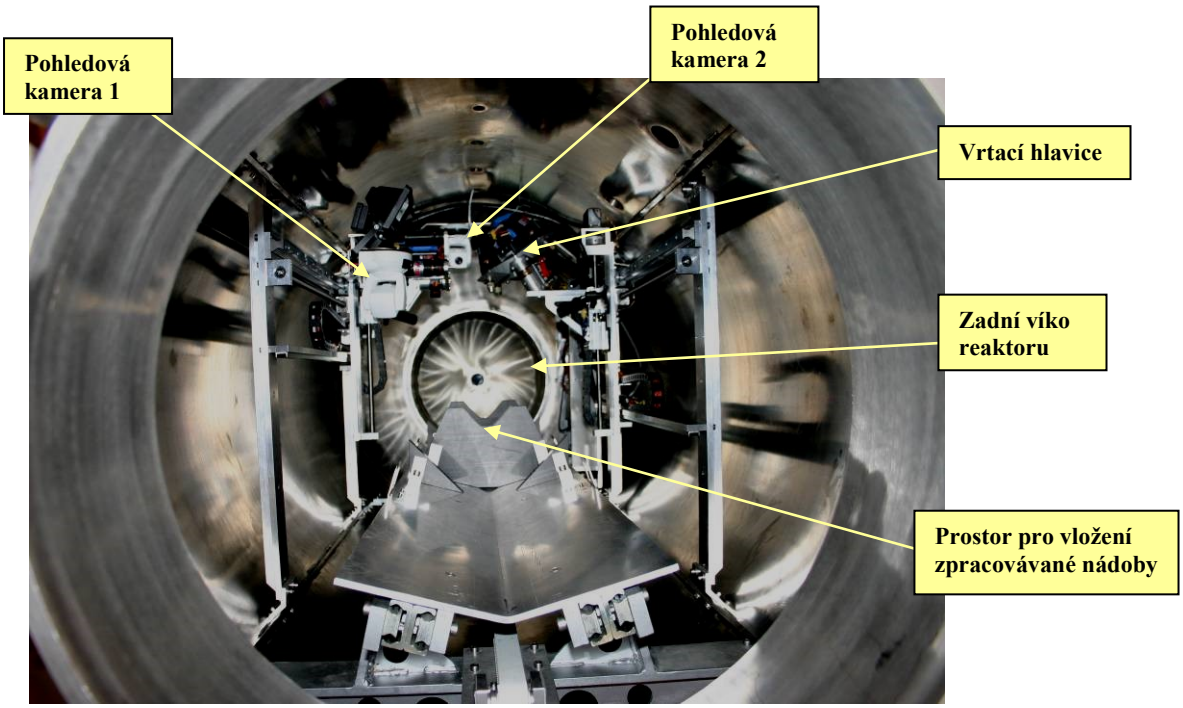
Zařízení pro snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem se skládá z tělesa hermeticky uzavíratelného reaktoru (**Obr. 2, 3**), koncipovaného pro maximální velikost odpovídající běžné velikosti tlakové láhve o objemu 50 dm^3 při maximálním tlaku plynu uvnitř láhve 300 bar. Uvnitř reaktoru je umístěno pohyblivé manipulační lože pro uchycení a manipulaci se zpracovávanou ocelovou nádobou, dálkově ovládaná vrtací hlavice a záznamový a monitorovací modul. Na plášti reaktoru je vakuová odběrová vzorkovnice s předsazeným hepa-filtrem pro odběr vzorků z plynné fáze uvolněné do prostoru reaktoru (**Obr. 4**).
Činnost zařízení pro otevírání ocelových nádob s neznámým obsahem je možno řídit a kontrolovat dálkově pomocí dálkového manuálního ovladače (**Obr. 6**). Obsluhu a základní manipulace s veškerým materiálem provádějí nejméně 2 odborně vyškolení operátoři LTL. Schéma reaktoru a ostatních podpůrných zařízení viz **Obr. 9**.



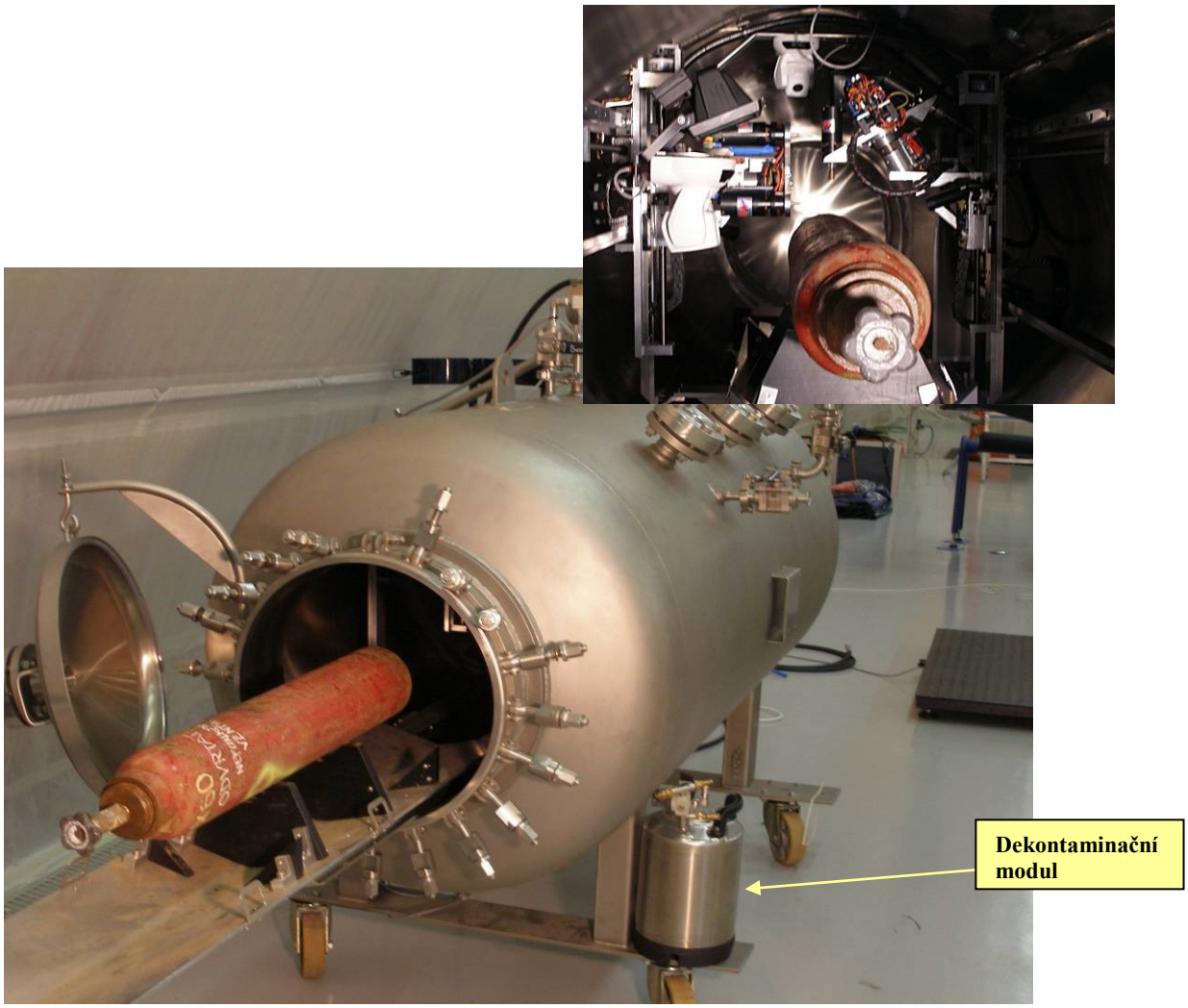
Obr. 2 : Hermeticky uzavíratelný reaktor a detail horní části zařízení



Obr. 3 : Detail otevřeného reaktoru (pohled předním víkem)



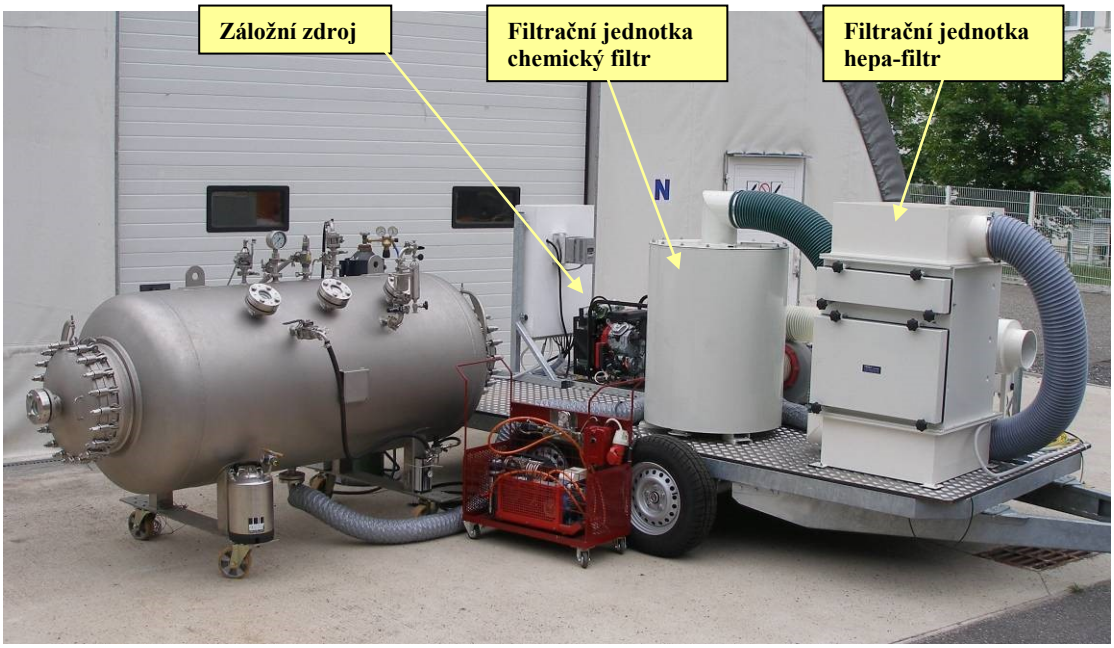
Obr. 4 : Detail vnitřního uspořádání zařízení



Obr. 5 : Hermeticky uzavíratelný reaktor při najíždění tlakové láhve; nahoře detail uložení zpracovávané nádoby v reaktoru

Obr. 6 : Dálkový ovladač vrtací hlavice

Obr. 7 : Přídavná zařízení reaktoru; vlevo dekontaminační jednotka; vpravo jednotka pro sorpci plynů do dekontaminačních roztoků



Obr. 8 : Propojení reaktoru s mobilní jednotkou pro filtraci výstupů zařízení

Příloha č.2

Činnost zařízení pro snižování nebezpečnosti uzavřených nádob s neznámým obsahem

Příprava zařízení pro činnost

Operátoři nejprve provedou zevrubnou kontrolu zařízení a veškerých dílů potřebných k provozu zařízení, tzn. kontrolu kompletnosti vlastního zařízení (reaktoru) jakož i ostatních pomocných a podpůrných součástí (zejména množství pomocných plynů, spojovacích tlakových hadic, funkci vývěvy, počet těsnících přípojných a uzavíracích modulů/zátek a vzorkovnic plynů). Připraví se nástroje vrtací hlavice a rovněž se zkontroluje stav baterií a funkce dálkového manipulačního ovladače.

V případě, že nejsou shledány žádné nedostatky, popř. nalezené nedostatky jsou odstraněny, obsluha reaktor uzavře a přistoupí ke kontrole těsnosti systému:

Reaktor zařízení se naplní vzduchem nebo čistým dusíkem z tlakové láhve do přetlaku 0,05 bar (odečet na digitálním manometru zařízení) a po dobu 10 minut se sleduje případný pokles. V případě poklesu tlaku v reaktoru se vyhledá a odstraní netěsnost, jinak nelze dále v činnosti pokračovat. Tlak se po úspěšné kontrole těsnosti vyrovná s tlakem vně reaktoru (hodnota na digitálním manometru zařízení je nulová).

Reaktor zařízení se po kontrole těsnosti otevře a na pohyblivé manipulační lože se připevní ocelová nádoba (**Obr. 5**), která má být v zařízení zpracována. Reaktor se poté uzavře a v této fázi je připraven k činnosti.

Vrtání pláště zpracovávané nádoby

Před samotným spuštěním vrtací hlavice se provede výměna atmosféry v reaktoru (eliminace možnosti vytvoření samozápalné nebo výbušné plynné směsi se vzduchem):

Na vstup vzduchové vývěvy se přivádí tlakový vzduch z pomocné vzduchové láhve se stlačeným vzduchem nebo z rozvodu tlakového vzduchu, přičemž odsávací vývod vývěvy připojený k reaktoru odvádí z reaktoru vzduch. Odsávání reaktoru se provádí tak dlouho, až hodnota podtlaku v reaktoru dosáhne mínus 0,05 bar (obsluha sleduje na digitálním manometru). Po dosažení této hodnoty se činnost vývěvy zastaví a tlak v reaktoru se vyrovná pomocí čistého inertního plynu (např. dusík čistoty 2.0 a vyšší). Reaktor se naplní dusíkem až do přetlaku 0,05 bar, poté se přívod inertního plynu zastaví.

Obsluha opakuje odsátí atmosféry opět na hodnotu mínus 0,05 bar a dále vyrovnání tlaku v reaktoru stlačeným dusíkem na nulovou hodnotu. Atmosféra v reaktoru je v této fázi tvořena pouze inertním plynem a lze přistoupit k narušení pláště zpracovávané ocelové nádoby.

Dálkovým manipulačním ovladačem (**Obr. 6**) se spustí pohyb vrtací hlavice (současně se spouští vertikální pohyb hlavice směrem ke zpracovávané nádobě a vrtání). Průběh vrtání lze sledovat přímo průzory umístěnými na reaktoru, popř. pomocí systému zobrazovacího zařízení ze vzdáleného stanoviště. Po provrtání pláště zpracovávané nádoby a výronu plynného obsahu do prostoru reaktoru dojde k postupnému vyrovnání tlaků, resp. k vytvoření směsi inertního plynu tvořícího vnitřní atmosféru reaktoru a plynné fáze uzavřené ve zpracovávané ocelové nádobě.

Analýza obsahu zpracovávané nádoby
Atmosféra uvnitř reaktoru obsahuje směs inertního plynu a neznámé chemické látky, uvolněných ze zpracovávané nádoby po provrtání pláště. Obsluha v této fázi provede odběr vzorku/vzorků a jejich instrumentální identifikaci:

*K odběru vzorku se používá speciální vakuová odběrová vzorkovnice (**Obr. 2**). Vzorkovnice se pro odběr připraví propláchnutím stlačeným dusíkem (čistota plynu 2.0 a vyšší), aby nedošlo ke kontaminaci odebraného vzorku. Poté se vakuová odběrová vzorkovnice vakuuje pomocí vzduchové vývěvy a uzavřená se připojí na vzorkovací místo reaktoru (**Obr. 2**, nahoře). Po otevření kulového ventilu na těle reaktoru a následném otevření uzavíracího ventilu odběrové vzorkovnice dojde k nasátí části atmosféry z prostoru reaktoru.*

Vzorek ve vzorkovnici lze poté analyzovat ručním analyzátorem toxických plynů (např. detektor na principu pohyblivosti iontů typu RAID M100, Bruker), případně se instrumentální analýza provede na plynovém chromatografu spojeném s hmotnostním detektorem (např. systém EM–640, Bruker s modulem *Direct Flexible Sampler*, vhodným pro rychlou detekci směsí plynných látek, popř. systémem GC-MS). Vzorky z reaktoru je možno tímto postupem odebírat a analyzovat opakovaně.

Snižování toxicity/stabilizace obsahu zpracovávané nádoby
Na základě výsledku instrumentální analýzy a identifikaci složek plynné směsi v reaktoru obsluha rozhodne o vhodném postupu snížení toxicity, stabilizaci obsahu, popř. jeho likvidaci.
Snižování toxicity/stabilizace (likvidace) obsahu se zásadně provádí vně pracovních hal, ve venkovním otevřeném prostoru.

K tomuto účelu lze obecně využít následující postupy:

1) *sorpce plynu do roztoku chemického činidla*
K výstupu z tělesa reaktoru se hadicí z chemicky odolného materiálu připojí jednotka pro sorpci plynů do dekontaminačních roztoků (**Obr. 7**). Jednotka se na základě výsledků instrumentální analýzy předem naplní roztokem vhodného kapalného činidla. Plynná směs z reaktoru se do roztoku v jednotce zvolna rozptyluje pomocí speciální frity, která zajišťuje tvorbu vysokého počtu malých bublinek a tím také dostatečné zreagování složek plynné směsi s chemickým činidlem v jednotce. Výstup z jednotky pro sorpci plynů se z bezpečnostních důvodů odvádí přes vysokokapacitní filtr s aktivním uhlím, na němž dochází k zachycení případně nezreagovaného podílu.

2) *spalování plynu na spalovacím hořáku ve směsi s hořlavým plynem*
K výstupu z tělesa reaktoru lze hadicí z chemicky odolného materiálu připojit spalovací hořák pro spalování plynných směsí. Plynnou směs z reaktoru je poté možno podle složení spalovat na spalovacím hořáku přímo, po smísení se vzduchem/kyslíkem, nebo po jejím smísení s pomocným spalovacím plynem (např. propan-butan, methan). Smísení se vzduchem ev. pomocným spalovacím plynem se provede přímo ve spalovacím hořáku (**Obr. 10**). Spaliny hoření jsou na výstupu odváděny přes vysokokapacitní filtr s aktivním uhlím, na němž se zachytává případně nespálený podíl směsi.

3) sorpce plynné směsi ve filtru s aktivním uhlím

V případech, kdy je identifikovaným obsahem zpracovávané ocelové nádoby netoxický plyn/směs plynů, lze provést výplach reaktoru vhodným (inertním) plynem, popř. stlačeným vzduchem. Přitom se na výstup z reaktoru připojí hadice, kterou je atmosféra z reaktoru postupně odváděna (vytlačena) do velkokapacitního filtru s aktivním uhlím, kde dojde k adsorpci na vnitřním povrchu sorbentu.

Obr. 10 : Spalovací hořák pro hořlavé plyny

4) ředění plynu vzduchem (inertním plynem)

Netoxické plyny a plynné směsi identifikované ve zpracovávané nádobě je rovněž možno po případném naředění vypustit přímo do atmosféry. Vypouštění z reaktoru se provádí vytlačením pomocným ředícím vzduchem.

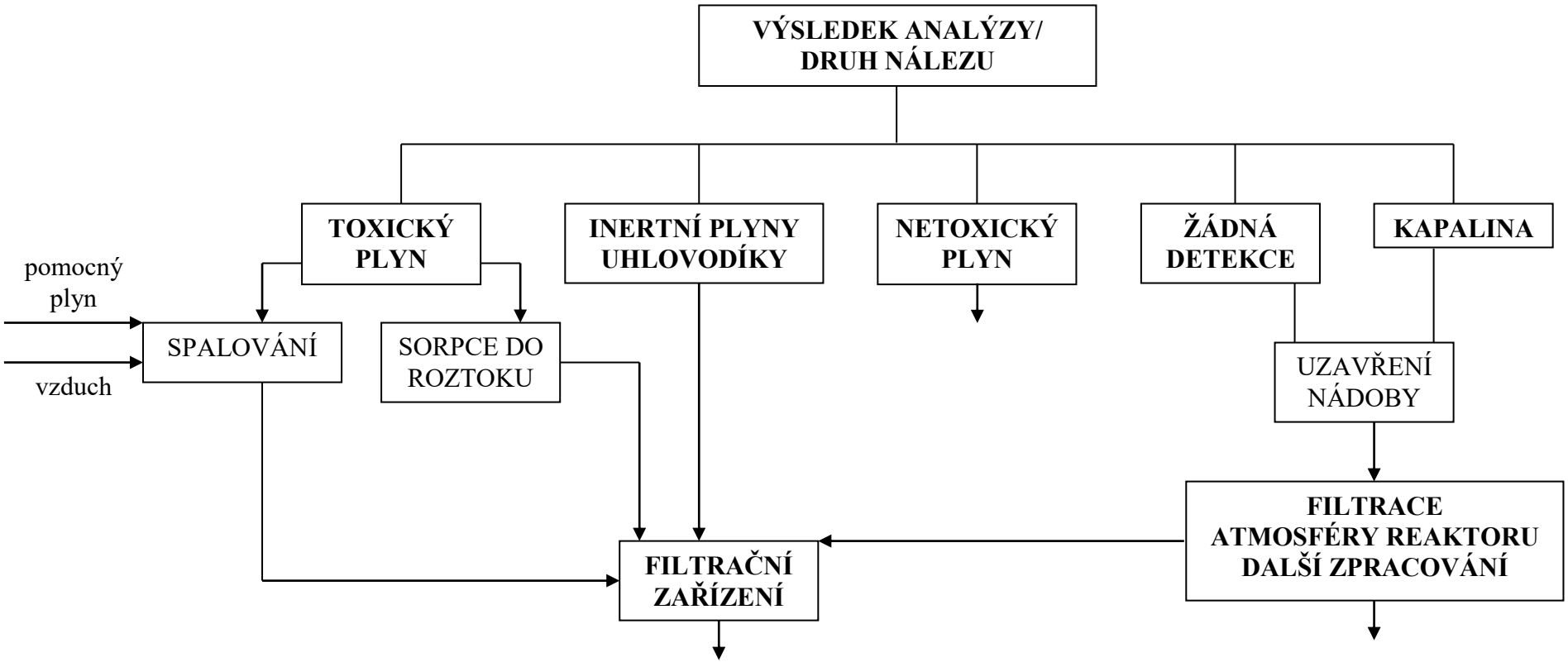
5) přímé vypouštění plynné směsi do atmosféry

V některých případech lze plynnou směs po analýze vypustit do vnější atmosféry bez dalších opatření. V takové situaci se nejprve otevře hlavní vypouštěcí ventil (vyrovnání vnějšího a vnitřního tlaku) a výplach reaktoru se poté provede samovolně okolním vzduchem otevřením obou vstupních vík.

Čištění/výplach reaktoru

Čištění (výplach) reaktoru probíhá souběžně ve fázi snižování toxicity/stabilizaci/likvidaci plynné směsi v reaktoru. Postupně dochází ke snižování koncentrace ve vnitřním prostoru reaktoru až na neměřitelnou hodnotu (ověří se analýzou odebraného vzorku). Reaktor je poté možno na obou stranách otevřít a nechat větrat po dobu cca 1 hodiny, kdy se případně opakovanou analýzou odebraného vzorku ověří složení vnitřní atmosféry. Poté je možno přistoupit ke zpracování další ocelové nádoby s neznámým obsahem.

Pokud v reaktoru došlo po provrtání stěny rovněž k výronu kapaliny je třeba provést výplach a vysušení vhodným detergentem nebo dekontaminantem (např. dekontaminační směs OR-3, chlornan sodný apod.).

Příloha č.3

Algoritmus zpracování různých typů náplní uzavřených nádob