

ÚŘAD PRO VYNALEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

220635
(11) (B1)

[51] Int. Cl.³
G 21 C 15/18

(22) Přihlášeno 15 04 81
(21) [PV 2874-81]

(40) Zveřejněno 15 09 82

(45) Vydáno 15 12 85

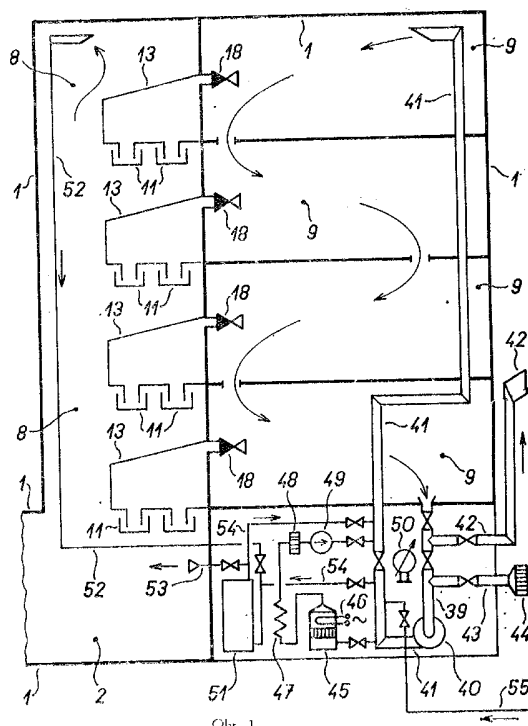
(75)
Autor vynálezu SÝKORA DALIBOR ing., PRAHA

(54) Přídavné bezpečnostní zařízení systému lokalizace havárií jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem

1

2

Vynález se týká přídavného zařízení barbotážně vakuového systému lokalizace havárií jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem, který byl vyvinut a technicky rozpracován v SSSR a který je strategickým bezpečnostním systémem početné generace standardních dvoublokových jaderných elektráren s jejichž realizací počítá integrovaný jaderný program zemí RVHP. Zahraniční zkušenosti podložené nezbytné respektování pohavarijní vodíkové problematiky vedlo k vyhledání a posílení slabých míst i u výše uvedeného systému třetí ochranné bariéry. Typické významné přednosti sovětského lokalizačního systému stojí za to, aby instalací poměrně levného přídavného zařízení byla zajištěna příslušná bezpečnost tohoto systému a tím udržena jeho konkurenceschopnost vůči containmentům jiných typů, u kterých se dnes rovněž počítá s přídavným zařízením pro rekombinaci vodíku. Předmětné přídavné zařízení sestává z cirkulační, ze spalovací a z rekombinační smyčky. Hlavní výhodou vynálezu je možnost zaplnění druhého prostoru bezkyslíkovou atmosférou před havárií, což odstraňuje nebezpečí vzplanutí pohavarijní atmosféry ve druhém prostoru, které by vedlo k jeho destrukci a zamoření okolí.



Obr. 1

Vynález se týká přidavného bezpečnostního zařízení systému lokalizace havárií jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem. Vynález zvyšuje provozní bezpečnost dnešního v realizaci se nacházejícího havarijního systému barbotážně vakuového typu, který je popsán v popisu k autorskému osvědčení ČSSR č. 177 369.

Dosavadní stav techniky barbotážně vakuového systému lokalizace havárií jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem je dán především vynálezem uvedeného autorského osvědčení a navazující technickou projekční a konstrukční dokumentací, která byla vypracována pro realizaci tohoto systému u řady standardních, tj. dvoublokových jaderných elektráren sovětské koncepce. Předností stávajícího barbotážně vakuového systému, který je popsán v odborné literatuře, je vytvoření a udržování pohavarijního podtlaku v hermetickém tzv. prvním prostoru, čímž je zabezpečena dokonalá ochrana vnějšího okolí proti účinkům radioaktivních látek uvolněných v důsledku havárie na primárním okruhu. Typickým funkčním znakem tohoto systému je velmi rychlé a vysoce účinné kontaktní kondenzační zachycení páry uvolněné z horké vody po jejím výtoku z primárního okruhu, jakož i odseparování a natlačení vzduchu z prvního prostoru do zvláštních místností či lapačů vzduchu, respektive plynojemů, které tvoří hermetický tzv. druhý prostor. Stávající systém je principiálně velmi efektivní a byl by zároveň naprosto bezpečný, pokud by platil původní předpoklad, že produktem havárie a tedy i funkčním médiem v barbotážně vakuovém systému bude jen dvousložková směs vodní páry a vzduchu. Při respektování významné a ověřené skutečnosti, že se při projektové havárii se ztrátou chladiva vždy uvolní určité množství vodíku, nutno konstatovat, že stávající barbotážně vakuový systém, tím, že ze tří-složkové směsi vodní páry — vodík — vzduch zcela odstraní hlavní ředící složku, tj. složku inertní, může v některých havarijních případech soustředit právě v hermetickém druhém prostoru na relativně dlouhou dobu směs vzduchu a vodíku o nepřijatelné koncentraci, což je jeho nevýhoda.

Výše uvedenou nevýhodu odstraňuje přidavné bezpečnostní zařízení podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že přidavné zařízení sestává jednak z cirkulační smyčky, tvořené ventilátorem, sacím potrubím a výtlačným potrubím a jejich armaturami, napojené na druhý prostor i na vnější okolí a to přímo prostřednictvím výfukového potrubí a vzduchového potrubí vybaveného vzduchovým filtrem, nebo nepřímo prostřednictvím stávajících vzduchotechnických systémů, jednak ze spalovací smyčky, tvořené spalovací komorou, spalínovým chladičem, spalínovým filtrem, dmychadlem a příslušným potrubím s armaturami, napojené přímo nebo nepřímo prostřed-

nictvím cirkulační smyčky na druhý prostor, jednak z rekombinační smyčky napojené prostřednictvím přívodního potrubí a odvodního potrubí a jejich armatur na první prostor zejména na jeho šachtu, případně též napojené pomocí spojovacího potrubí zapojeného přes armaturu přímo nebo druhý prostor, jednak z plynového potrubí zapojeného přes armaturu přímo nebo nepřímo do druhého prostoru a z měřicího bloku, připojitelného především na všechna kontrolní místa přidavného bezpečnostního zařízení, přičemž na vstupu případně i na výstupu ze spalovací eventuálně i rekombinační smyčky jsou instalovány bezpečnostní vodní uzávěry a u spalovací komory, ve které je zamontováno vyjímatelné topné, respektive zapalovací elektrické zařízení, je nainstalován odstavitelný regenerativní přehřívák vstupující směsi plynů.

Charakteristikou technického pokroku daného předmětným vynálezem je jeho hlavní výhoda, která spočívá v odstranění reálného nebezpečí, představovaného jak známo možným vzplanutím hořlavé vzduchovodíkové směsi ve druhém prostoru havarijního lokalizačního systému. Tím se odstraňuje i příčina jinak nevyhnutelné následné destrukce druhého prostoru, neboť vzniklé přidavné tlakové zatížení, jehož velikost nutno uvažovat přinejmenším v desetínách MPa, by se sečítalo s již existujícím provozním tlakovým zatížením druhého prostoru, na které je tento hermetický prostor dimenzován a které na něj poměrně dlouhodobě působí po proběhlé projektové havárii se ztrátou chladiva. Druhou výhodou je to, že lokalizační systém jako celek vůbec nic neztrácí na pasivnosti své funkce, protože za pohotovostního stavu existující bezkyslíková atmosféra ve druhém prostoru, která je vytvořena pokaždé před energetickým najetím příslušného reaktového bloku, je schopna pojmout přibližně stejnou porci vzduchu s několikaprocentní příměsí vodíku z prvního prostoru, aniž by po snížení těchto prostředí byla překročena hranice hořlavosti konečné směsi plynů ve druhém prostoru. Třetí výhoda instalace přidavného bezpečnostního zařízení spočívá v tom, že je možno poměrně rychle a dobře zhomogenizovat pohavarijní atmosféru druhého prostoru pomocí cirkulační smyčky. Přitom tato smyčka umožňuje stejně rychle profouknutí, respektive provětrání druhého prostoru vzduchem před každou plánovanou provozní kontrolou druhého prostoru během odstávky reaktoru. Čtvrtou výhodou představuje možnost zvyšování inertnosti pohavarijní atmosféry za současného snižování jejího tlaku ve druhém prostoru prostřednictvím spalovací smyčky, protože při provozu spalovací smyčky bude docházet ve spalovací komoře ke spalování vodíku (H_2) a ke spotřebování kyslíku (O_2). Vymizením, respektive zmen-

šením parciálních tlaků H_2 a O_2 poklesne i celkový tlak zbylé směsi plynů ve druhém prostoru. Pátá výhoda spočívá v možnosti ovlivňování složení pohavarijní atmosféry prvního prostoru, zejména v partiích šachty barbotážního kondenzátoru pomocí rekombinační smyčky komerčního provedení. K uvedeným výhodám přistupuje i ta příznivá skutečnost, že veškeré přídavné bezpečnostní zařízení lze umístit do trvale přístupného prostoru vytvořeného mimo oba hermetizované funkční prostory lokalizačního systému. Nutno podotknout, že určitou průvodní nevýhodou předloženého řešení vodíkové problematiky pomocí připravené bezkyslíkové atmosféry ve druhém prostoru je nutnost použití dýchacích přístrojů při nevyhnutelném vstupu do druhého prostoru během jeho pohotového stavu, tj. během energetického provozu odpovídajícího reaktorového bloku.

Na příložených výkresech je velmi zjednodušeně znázorněno přídavné bezpečnostní zařízení a jeho funkční diagram, kde je na obr. 1 nakreslen soubor základního přídavného zařízení včetně jednoho z jeho více možných napojení na stávající systém lokalizace havárií, zatímco na obr. 2 je uveden chemickofyzikální diagram pro tříložkovou směs, která tvoří lokalizačním systémem zabezpečené či „zpracovávané“ pohavarijní prostředí. Na obr. 1 je schematicky nakreslena koncová část stávajícího systému lokalizace havárií a jeho nové přídavné bezpečnostní zařízení. Stávající zařízení tvoří hermetický obal 1, který uzavírá jednak první prostor 2, jehož koncovou částí je šachta 8, jednak druhý prostor 9, který je sestaven ze čtyř zde propojených místností uspořádaných nad sebou. V šachtě 8 je instalován mohutný kontaktní kondenzátor páry barbotážního typu představovaný vodou, naplněnými žlaby 11 a skříněmi 13, které spolu ohraničují meziprostor, který je na výstupech opatřen zpětnými ventily 18, nebo podle čs. autorského osvědčení č. 210 463 zcela těsnými a bezpečnými asymetrickými jednosměrnými, tj. zpětně neprůchozími vzdušnými uzávěry. Nové přídavné bezpečnostní zařízení sestává v podstatě ze tří různých smyček, které jsou nazvány podle jejich hlavní funkce jako cirkulační, spalovací a rekombinační. Nutno předeslat, že všechny v přídavném zařízení znázorněné uzavírací armatury nejsou už jednotlivě označeny, protože popis jejich funkce je vzhledem k její jednoduchosti zbytečný. Cirkulační smyčku tvoří sací potrubí 39, ventilátor 40 a výtlačné potrubí 41, přičemž vzájemné umístění vstupu do sacího potrubí 39 a výstupu z výtlačného potrubí 41 zajišťuje co nejlepší proudění druhého prostoru 9. K sacímu potrubí 39 je připojeno jednak výfukové potrubí 42 které zde vyúsťuje přímo do okolní atmosféry, jednak vzduchové potrubí 43, jehož vstup je opatřen vzduchovým filtrem 44.

Prostřednictvím výtlačného potrubí 41, respektive pomocí celé cirkulační smyčky, jsou na druhý prostor 9 napojeny i další dvě smyčky. Spalovací smyčka sestává ze spalovací komory 45 a za ní zařazeného spalovacího chladiče 47, dále ze spalovacího filtru 43 a za ním umístěného dmychacla 49, jehož výtlač je zapojen do výtlačného potrubí 41 cirkulační smyčky. Typickou součástí spalovací komory 45 je její topné či zapalovací elektrické zařízení 46. Z provozních a bezpečnostních důvodů budou ve spalovací smyčce instalována další již neznázorněná pomocná zařízení, ke kterým patří především odstavitelný regenerativní přehřívák vstupující směsí plynů a bezpečnostní vodní uzávěry. Rekombinační smyčka 51 je pomocí přívodního potrubí 52 a odvodního potrubí 53 napojena na první prostor 2, zejména na jeho šachtu 8. Znázorněná principiální možnost připojení rekombinační smyčky 51 i ke druhému prostoru 9, prostřednictvím spojovacích potrubí 54 a cirkulační smyčky, je určitou provozní zálohou pro výše popsanou spalovací smyčku. Zbývá jen doplnit, že do druhého prostoru 9 je z vnějšku zapojeno přes uzavírací armaturu a výtlačné potrubí 41 cirkulační smyčky i plynové potrubí 55 a že řízení provozu přídavného bezpečnostního zařízení i kontrola prostředí v hermetických prostorech budou prováděny pomocí měřicího bloku 50. Funkce stávajícího systému lokalizace havárií je známa z odborné literatury, takže je možné omezit se v dalším popisu jen na objasnění funkce přídavného bezpečnostního zařízení. Během pohotového stavu druhého prostoru 9 je v něm nově udržována bezkyslíková atmosféra o stejném tlaku i teplotě jako měla až dosud používaná vzduchová náplň tohoto prostoru. K vytvoření bezkyslíkové atmosféry, které se provede vždy během energetického najíždění reaktorového bloku, slouží plynové potrubí 55 nebo/a spalovací smyčka, reprezentovaná spalovací komorou 45. Při použití plynového potrubí 55, výtlačného potrubí 41 a výfukového potrubí 42 bude vzduch ze druhého prostoru 9 vypuzen do okolí vhodným, tj. především levným inertním plynem, třeba dusíkem anebo jen přefiltrovanými spalovacími z motorového oleje přivedeného z dieselgenerátorové stanice jaderné elektrárny. Po indikaci zvýšeného obsahu dusíku nebo spalin ve výfukovém potrubí 42, přeřadí se vypuzování vzduchu z druhého prostoru 9 uzavřením plynového potrubí 55 i výfukového potrubí 42. Zbytek kyslíku ze vzduchu zbylého ve druhém prostoru 9 se odstraní či zmenší spuštěním spalovací smyčky, jejíž spalovací komora 45 produkuje spaliny z doutnavého hoření máplně vytvořené například z textilního odpadu a/ nebo pilin z dřevní hmoty apod. Iniciaci případně i stabilizaci hoření náplně zajišťuje topné či zapalovací elektrické zaříze-

ní 45, které je vmontováno do spalovací komory 45. Tyto spaliny procházejí spalivým chladičem 47 a spalivým filtrem 48, ze kterého jsou odsávány dmychadlem 49 a jím dále dopravovány prostřednictvím výtlačného potrubí 41 cirkulační smyčky do druhého prostoru 9. Provoz spalovací smyčky se ukončí po naměření dostatečně nízkého obsahu kyslíku ve druhém prostoru 9, čímž je tento prostor uveden do pohotovostního stavu. V případě, že se odstavuje reaktorový blok po bezhavarijní provozní kampani, uvede se na období výměny jaderného paliva z důvodu provozní kontroly do klidového stavu, umožňujícího normální vstup provozního personálu i druhý prostor 9. Za tím účelem se spustí cirkulační smyčka při tzv. otevřeném zapojení, které je dáno odpovídajícími polohami uzavíracích armatur v cirkulační smyčce a ve výfukovém potrubí 42 i vzduchovém potrubí 43. Při tomto provozu je ventilátorem 40 nasáván přes vzduchový filtr 44 okolní vzduch, který je dále výtlačným potrubím 41 vháněn do druhého prostoru 9, ze kterého je vypuzována bezkyslíková atmosféra. Výtok zpočátku samotné bezkyslíkové atmosféry, poté její směsí se vzduchem a nakonec čistého vzduchu z provětrávaného prostoru 9 je vyveden prostřednictvím výfukového potrubí 42 rovněž do okolního prostředí. V případě, že během energetického provozu reaktorového bloku dojde k projektové havárii se ztrátou chladiva, pronikne přes barbotážní kondenzátor a zpětné ventily 18 směs vzduchu a vodíku do bezkyslíkové, tj. inertní atmosféry druhého prostoru 9. Tím vzroste ve druhém prostoru 9 tlak z počáteční hodnoty okolo 0,1 MPa na hodnotu přibližně 0,2 MPa, což znamená, že do druhého prostoru 9 vzniklo zhruba stejné množství nekondenzujících složek pohavarijního prostředí z prvního prostoru 2 jako je hmota, respektive objem původní bezkyslíkové atmosféry ve druhém prostoru 9 za jeho pohotovostního stavu. Jak bude ukázáno dále, vznikne tím ve druhém prostoru 9 pohavarijní prostředí, ve kterém neexistují podmínky pro nahodilé vzplanutí vodíku, protože není překročena hranice hořlavosti u této směsi plynů. Přesto je možné a účelné, vzhledem k případným nehomogenitám ve složení směsi, dále snížit parciální tlaky kyslíku a vodíku ve druhém prostoru 9 pomocí spalovací smyčky. Rozhodnutí o této pohavarijní činnosti bude odvozeno od chemické analýzy prostředí ve druhém prostoru 9, tj. po stanovení „rezervy do hoření“ u tohoto prostředí. Při použití pouze elektrického zdroje tepla ve spalovací komoře 45 půjde o čistě rekombinační provoz spalovací smyčky, při kterém se získá největší objemová kontrakce reagujících složek a tím i odpovídající postupné zmenšení celkového tlaku ve druhém prostoru 9, ovšem za cenu příslušné spotřeby elektrické energie, zatímco při provozu s hořlavou, respektive

doutnavou náplní ve spalovací komoře 45 se rovněž zredukuje obsah kyslíku a vodíku ve druhém prostoru 9, ale budou přitom do něho zpět zaváděny vznikající spaliny. Při pohavarijním provozu spalovací smyčky bude účelné využít bezpečnostních vodních uzávěrů, zejména na vstupu do spalovací smyčky. Důvodem jsou možné zbylé cirkulační smyčkou nedostatečně odstraněné nehomogenity ve složení pohavarijní atmosféry ve druhém prostoru 9, které by mohly být příčinou zpětného vzplanutí směsi ve vstupu do spalovací komory 45. Pokud jde o funkci komerční rekombinační smyčky 51 je zřejmé, že toto přídatné bezpečnostní zařízení zabezpečuje pohavarijní režim především v prvním prostoru 2. Nutno podotknout, že aplikace pohotovostní bezkyslíkové atmosféry na první prostor 2 je z technicko-ekonomických i provozních důvodů zcela nevhodná. Jde zejména o podstatně složitější techniku odvodu ztrátového tepla z místností s inertní atmosférou, ve kterých je umístěno technologické zařízení, prostřednictvím vložených chladičů a lokální ventilace, která je ale nutná u jaderných elektráren s rychlými reaktory chlazenými sodíkem. Přitom první prostor 2, který je dimenzován na prakticky stejný tlak jako druhý prostor 9, je u tohoto lokalizačního systému bezprostředně po havárii tlakově odlehčen, neboť v něm nastane dokonce podtlak. Tento nízký celkový absolutní tlak v prvním prostoru 2 je složen z parciálního tlaku zbylého vzduchu, z parciálního tlaku zbylé nezkondenzované páry a z parciálního tlaku zbylého vodíku, k němuž bude s časem přibývat i pokračující radiolýzou generovaný vodík z dochlazovaného reaktoru, neboť tento vodík bude dále unikat z porušeného primárního potrubí do hermetického prvního prostoru 2. Existence nízkého pohavarijního tlaku v prvním prostoru 2 zaručuje, že případné lokální shoření určité části vodíku neohrozí odpovídající stavební část ani příslušnou technologickou část jaderné elektrárny. Z literárních údajů vyplývá, že při eventuálním lokálním hoření vodíku vznikne teplo, které způsobí jen krátkodobé zvýšení teploty v příslušném omezeném prostoru, a to asi na 300 °C, které údajně neohrozí ani jinak na vyšší teploty citlivější zařízení jako jsou kabely, olej obsahující nádrže a zařízení apod. Zbývá jen poznamenat, že s ohledem jednak na časově proměnné složení pohavarijního prostředí, které proudí z prvního prostoru 2 přes barbotážní kondenzátor do druhého prostoru 9, jednak na návrat poslední části nekondenzujících plynů z meziprostorů nad žlaby 11 do prvního prostoru 2, respektive do šachty 8, bude právě tato geometricky i funkčně koncová část prvního prostoru 2 potenciálně slabým místem celého lokalizačního systému z hlediska možnosti hoření vodíku. Nutno si dále uvědomit, že pod-

tlak v prvním prostoru 2 vyvolává pronikání okolního vzduchu netěsnostmi do prvního prostoru 2, což může vést i ke zhoršování složení pohavarijního prostředí v prvním prostoru 2. Proto je právě prostor šachty 8 zabezpečen komerční rekombinační smyčkou 51, která je dispozičně i funkčně přiřazená k ostatnímu přídavnému bezpečnostnímu zařízení. Podrobný technický a funkční popis rekombinační smyčky 51 je rovněž uveden v odborné literatuře. Na obr. 2 je nakreslen diagram známé formy, který se používá pro znázornění chemické kinetiky tříslučkových systémů. Jak je vidět z označení složek, je znázorněna tříkomponentní směs vodní páry, vodíku a vzduchu, tj. směs $H_2O-H_2-(0,79N_2+0,21O_2)$, v objemových neboli volumických procentech. Rovnostranný trojúhelník má vrcholy označeny A, B a C. Na základně, tj. na orientované úsečce \overline{CA} je vynesena obsah vodíku (H_2), na levé straně ve směru \overline{AB} je vynesena obsah vzduchu ($0,79N_2+0,21O_2$) a na pravé straně ve směru \overline{BC} je vynesena obsah vodní páry (H_2O). Jak známo každý vrchol trojúhelníka odpovídá 100% té které složky, každá strana trojúhelníka odpovídá příslušné dvousložkové směsi a každý bod vnitřní plochy trojúhelníka zobrazuje danou tříslučkovou směs základních látek. Křivka D ukazuje hranici hořlavosti směsi a křivka E vymezuje oblast její výbušnosti. Nutno představit, že silněji vyznačený lichoběžník, ve kterém leží bod F a na jehož straně je i bod K, znázorňuje oblast nejpravděpodobnějších složení pohavarijní atmosféry v libovolném typu ochranné obálky, tj. containmentu, a že bod G představuje dvousložkovou vzduchovodíkovou směs, přičemž se nalézá mezi spodními hranicemi hořlavosti a výbušnosti. Je známo, že nejběžnější, tj. jednoduché plnotlaké ochranné obálky, které mívají vnitřní objem několik desítek tisíc m^3 , bývají nejčastěji dimenzovány na tlak přibližně 0,4 až 0,5 MPa, protože po projektové havárii se ztrátou chladiva se do vzduchu uvnitř ochranné obálky uvolní přibližně dvojnásobné množství vodní páry a s ní i určité množství vodíku. Vznikne tím směs o složení například 60 % H_2O , 5 % H_2 a 35 % ($0,79N_2+0,21O_2$), kterou ukazuje právě bod F, přičemž je vidět, že tento bod leží mimo plochu ohraničenou křivkou D. Znamená to, že takováto havarijní atmosféra v ochranné obálce je bezpečná z hlediska samovolného vznícení a hoření vodíku. Tato atmosféra se postupně likviduje především řízeným sprchováním za účelem zkoncentrování vodní páry a omývání aktivitou zamořených povrchů, přičemž je nutné kontrolovat, případně rekombinací snižovat obsah vodíku. U sovětského systému lokalizace havárií jsou funkce i pohavarijní poměry odlišné. Jak známo, je za účelem rychlé a velké redukce pohavarijního tlaku v prvním prostoru instalován v systému barbotážní kon-

denzátor, za nímž se nalézá druhá část celkového objemu hermetického systému, která je určena pro pojmutí velké části nekondenzujících složek směsi z prvního prostoru. Aplikuje-li se stejná směs, dána bodem F na sov. systém lokalizace havárií, je zřejmé, že v jeho druhém prostoru vznikne v důsledku prakticky úplného odstranění vodní páry ze tříslučkové směsi směs nová, jenom dvousložková, ve které relaci vzduchu a vodíku udává právě bod G, tj. jde o směs 87,5 procenta vzduchu a 12,5 % vodíku. Takováto směs nevylučuje možnost samovznícení a hoření vodíku a to právě v prostoru již plně tlakově zatíženém. Předmětný vynález odstraňuje toto nebezpečí tím, že ve druhém prostoru počítá s pohotovou bezkyslíkovou atmosférou, přičemž navíc poskytuje možnost ještě další úpravy pohavarijní atmosféry, jak ve druhé, tak i v prvním prostoru. K demonstraci této výhody je na obr. 2 vynesena na straně \overline{BC} i bezkyslíková atmosféra, respektive složka, označená obecně M, ke které bude v průběhu havárie vtačeno stejné součtové množství vzduchu a vodíku. Ve druhém prostoru tím vznikne směs, kterou znázorňuje bod K, tj. směs 50 % M+5 % H_2 +45 % ($0,79N_2+0,21O_2$), která je nehořlavá. Přitom je zřejmé, že spuštěním a provozováním výše popsané spalovací smyčky bude se bod K přemísťovat k vrcholu C, protože obsah H_2 i O_2 , respektive vzduchu ve směsi bude klesat. Současně bude vzrůstat koncentrace spalin, respektive koncentrace bezkyslíkové složky M. Zbývá poznamenat, že krátkou úsečkou v okolí bodu F vymezený obsah vodíku ve tříslučkové směsi, odpovídá úseku mezi spodními hranicemi hořlavosti a výbušnosti dvousložkové směsi na straně \overline{AB} , tj. širšímu okolí bodu G.

Předběžné úvahy byly aplikovány na konkrétní projektové řešení barbotážně vakuového systému lokalizace havárií standardní jaderné elektrárny se dvěma vodovodními reaktory o tepelném výkonu 2×1375 MW. Každý primární okruh této jaderné elektrárny má vlastní havarijní lokalizační systém reprezentovaný barbotážním kondenzátorem v němž je uloženo 1400 t vody ve dvanáctipatrově uspořádaných žlabech. Systém všech hermetických místností má celkový objem zhruba 50 000 m^3 , z čehož čtyři propojené místnosti, ze kterých je vytvořen druhý prostor, mají společný objem 19 600 m^3 merů krychlových. Nutno poznamenat, že propojení místností druhého prostoru je velmi výhodné s ohledem na jednoduché napojení přídavného bezpečnostního zařízení, neboť při propojení bude umožněno instalovat nejmenší celkové množství průchodek do druhého prostoru. Přitom propojení jednotlivých místností druhého prostoru je bezesporu možné při náhradě v projektu zdvojených zpětných ventilů jednoduchými,

výše zmíněnými asymetrickými jednosměrnými, zpětně neprůchozími vodními uzávěry, které zaručují především naprosto rovnoměrnou funkci všech pater barbotážního kondenzátoru, jakož i dokonale těsné a spolehlivé oddělení prvního a druhého prostoru. Přitom samozřejmě odpadá i značné riziko plynoucí z funkce mechanických zpětných uzávěrů v případně hořlavém prostředí druhého prostoru. Z orientační bilanční úvahy, při které je pro jednoduchost počítáno s podílem 60% páry v pohavarijní tříložkové směsi, dále s úplným natlačením veškerého vzduchu a vodíku z prvního prostoru do druhého prostoru, i s úplným zachycením páry v barbotážním kondenzátoru, vychází, že už při uvolnění 2 % vodíku by bylo ve druhém prostoru s dosavadní normální předhavarijní atmosférou dosaženo u dvousložkové pohavarijní směsi, složené 5 % vodíku a 95 % vzduchu, což znamená dosažení spodní hranice hořlavosti. Stejná úvaha v uvolnění 7,2 % vodíku, které ale má menší pravděpodobnost vzniku, ukazuje, že by ve druhém prostoru vznikla směs

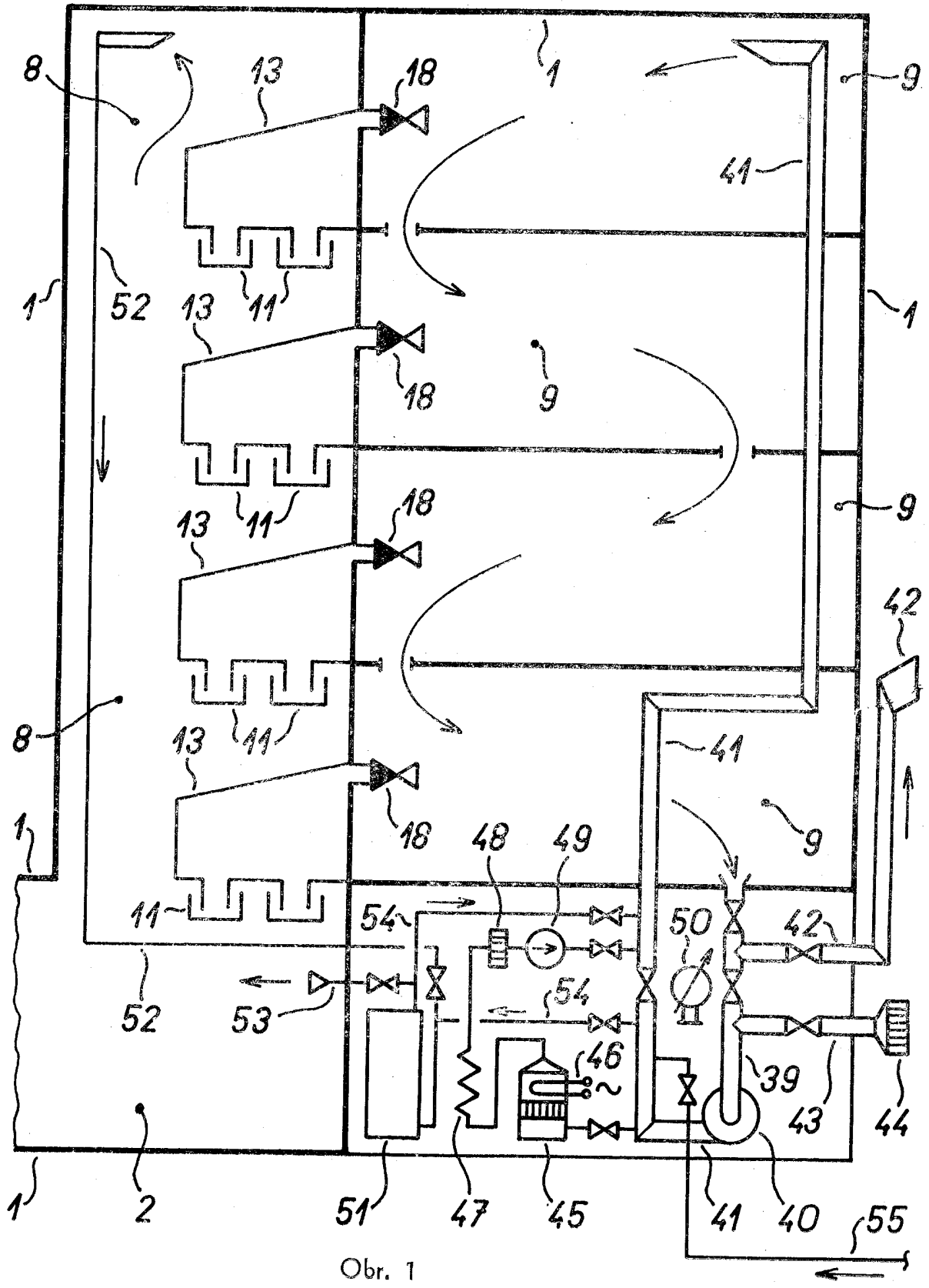
18 % vodíku a 82 % vzduchu, což už odpovídá spodní hranici výbušnosti. Hodnoty 2 % až 7,2 % H₂ jsou na obr. 2 znázorněny krátkou úsečkou, na které leží bod F a odpovídají uvolnění přibližně 90 až 320 kg H₂ do celkového objemu 50 000 m³ obou hermetizovaných prostorů systému lokalizace havárií. Uvedené rozmezí hmotnosti vodíku uniklého při projektové havárii se ztrátou chladiva z primárního okruhu nutno považovat za zcela reálné, zejména s ohledem na odborné literární informace o havárii tlakovodní jaderné elektrárny v USA v březnu 1979.

Předmětným vynálezem navržené řešení havarijní vodíkové problematiky u vodovodních reaktorů středního výkonu, představuje potřebné zvýšení příslušné bezpečnosti u takto inovovaného sov. systému lokalizace havárií. Nutno podotknout, že s karbotážně vakuovým systémem lokalizace havárií počítá právě současná etapa realizace jaderně energetických programů v zemích RVHP.

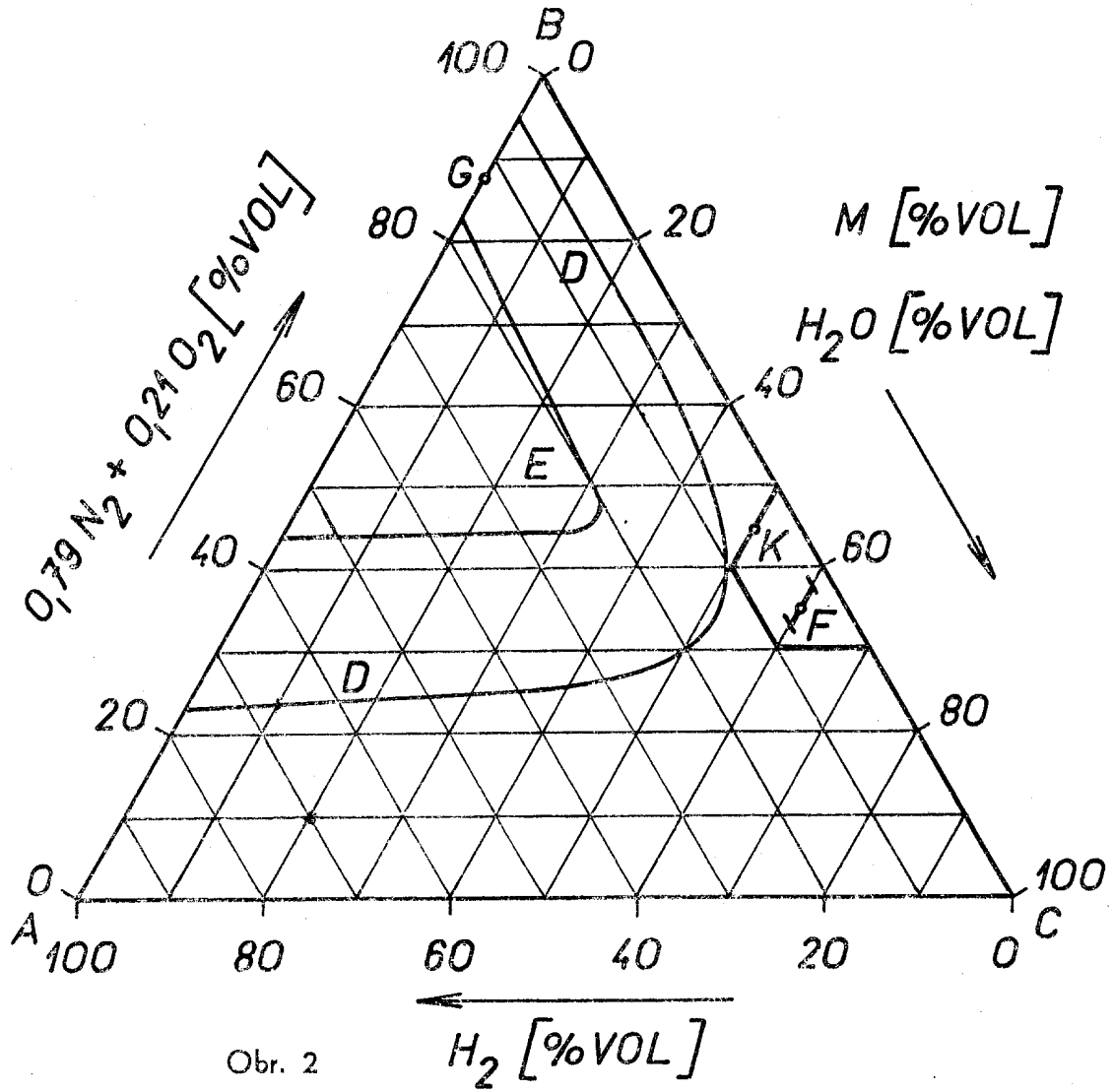
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Přídavné bezpečnostní zařízení systému lokalizace havárií jaderné elektrárny s vodovodním reaktorem, vyznačené tím, že sestává jednak z cirkulační smyčky, tvořené ventilátorem (40), sacím potrubím (39) a výtlačným potrubím (41) a jejich armaturami, napojené na druhý prostor (9) i na vnější okolí a to přímo prostřednictvím výfukového potrubí (42) a vzduchového potrubí (43) vybaveného vzduchovým filtrem (44), nebo nepřímo prostřednictvím stávajících vzduchotechnických systémů, jednak ze spalovací smyčky, tvořené spalovací komorou (45), spalincovým chladičem (47), spalincovým filtrem (48), dmychadlem (49) a příslušným potrubím s armaturami, napojené přímo nebo nepřímo prostřednictvím cirkulační smyčky na druhý prostor (9), jednak z rekombinační smyčky (51) napo-

jené prostřednictvím přívodního potrubí (52) a odvodního potrubí (53) a jejich armatur na první prostor (2), zejména na jeho šachtu (8), případně též napojené pomocí spojovacího potrubí (54) a jeho armatur přímo nebo nepřímo na druhý prostor (9), jednak z plynového potrubí (55) zapojeného přes armaturu přímo nebo nepřímo do druhého prostoru (9) a z měřicího bloku (50), připojitelného především na všechna kontrolní místa přídavného bezpečnostního zařízení, přičemž na vstupu, případně i na výstupu ze spalovací eventuálně i rekombinační smyčky jsou instalovány bezpečnostní vodní uzávěry a u spalovací komory (45), ve které je zamontováno vyjímatelné topné, respektive zapalovací elektrické zařízení (46), je instalován odstavitelný regenerativní předehřívák, vstupující směsí plynů.



Obr. 1



Obr. 2