



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00534

(22) Data de depozit: 31.08.2022

(41) Data publicării cererii:  
28.02.2024 BOPI nr. 2/2024

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
SECURITATE MINIERĂ ȘI PROTECȚIE  
ANTIEXPLOZIVĂ - INSEMEX PETROȘANI,  
STR. GENERAL VASILE MILEA NR.32-34,  
PETROȘANI, HD, RO

(72) Inventatori:  
• CIOCLEA DORU, STR.1 DECEMBRIE  
1918, BL.65, AP.15, PETROȘANI, HD, RO;  
• GĂMAN GEORGE ARTUR,  
STR. INDEPENDENȚEI, BL. 3, AP. 15,  
SC. 1, ET. 3, PETROȘANI, HD, RO;  
• GHICIOI EMILIAN, STR. GEN. VASILE  
MILEA, BL.17, SC.1, AP.9, ET.4,  
PETROȘANI, HD, RO;  
• GHERGHE ION, STR. AVIATORILOR  
BL. 62A, AP. 33, PETROȘANI, HD, RO;  
• IANC NICOLAE, STR. 1 DECEMBRIE  
1918, BL. 124, AP. 28, PETROȘANI, HD,  
RO;

• RĂDOI FLORIN,  
STR. NICOLAE TITULESCU NR. 69, BL. D8,  
SC. 2, AP. 51, VULCAN, HD, RO;  
• BOANTĂ CORNELIU, STR. LUNCA NR. 6,  
PETRILA, HD, RO;  
• CHIUZAN EMERIC, STR. TIMIȘOAREI,  
NR.8, AP.3, PETROȘANI, HD, RO;  
• TOMESCU CRISTIAN,  
STR. GENERAL VASILE MILEA, BL.28C,  
SC.2, AP.37, PETROȘANI, HD, RO;  
• MATEI ADRIAN, STR. TAIA NR. 106,  
PETRILA, HD, RO;  
• DRĂGOESCU RĂZVAN, STR. PĂCII,  
BL.14, SC.II, AP.29, PETROȘANI, HD, RO;  
• CĂMĂRĂȘESCU ALEXANDRU,  
STR.INDEPENDENȚEI, BL.1, SC.II, AP.29,  
PETROȘANI, HD, RO;  
• VLASIN NICOLAE, STR. REPUBLICII,  
BL. 111, ET. 1, AP. 41, PETRILA, HD, RO;  
• ȘIMON MARINICĂ ADRIAN BOGDAN,  
STR.AVRAM IANCU, BL.9, SC.1, ET.7,  
AP.43, PETROȘANI, HD, RO

(54) **METODĂ DE DETERMINARE A DINAMICII DE FORMARE  
A ATMOSFERELOR EXPLOZIVE**

(57) Rezumat:

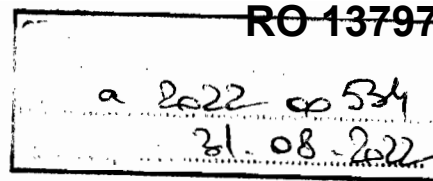
Invenția se referă la o metodă de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive, destinată a fi utilizată în sisteme de ventilație industrială. Metoda, conform invenției, constă în următoarele etape: determinarea volumului total liber al unei incinte închise, stabilirea și dispunerea echipamentelor de măsurare, amplasarea unui sistem de măsurare a concentrațiilor de metan, stabilirea locului de amplasare a sursei de gaz, stabilirea formei și tipului dispozitivului de introducere a gazului în incintă, configurarea sistemului de ventilație pentru evacuarea atmosferei periculoase formate în incinta închisă, montarea unui sistem de control al

debitului de gaz care trebuie introdus în incintă, conectarea sistemului de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la un sistem de colectare date, introducerea unui volum de metan stabilit în incinta închisă, colectarea datelor rezultate din măsurători, stabilirea timpului de aerisire și determinarea gradientului de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incinte închise, determinându-se dinamica de formare a atmosferei explozive.

Revendicări: 1  
Figuri: 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





## METODA DE DETERMINARE A DINAMICII DE FORMARE A ATMOSFERELOR EXPLOZIVE

**Invenția se referă** la o metodă de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive.

Încadrându-se perfect conceptului de calitate a muncii, securitatea și sănătatea muncii sunt cuprinse în programele actuale, în vederea identificării metodelor și mijloacelor eficiente pentru prevenirea accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale, conferind totodată acestei probleme cu implicații economice și sociale un caracter nobil și profund umanitar.

Punctul de plecare în optimizarea activității de prevenire a accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale într-un sistem, îl constituie evaluarea riscurilor din sistemul respectiv.

Evaluarea riscurilor presupune identificarea tuturor factorilor de risc din sistemul analizat și cuantificarea dimensiunii lor pe baza combinației dintre doi parametri: gravitatea și frecvența consecinței maxime posibile asupra organismului uman.

În spiritul Legii Securității și Sănătății în muncă nr. 319/2006, care transpune Directiva Consiliului nr. 89/391/EEC conducătorii agenților economici, prin obligațiile și răspunderile stabilite, sunt singurii responsabili de sănătatea și securitatea salariaților lor.

Conceptul fundamental al acestei noi legi, plasează conducătorul unității în centrul activității de prevenire a riscurilor și de asigurare a sănătății și securității salariaților săi. De asemenea activitatea de prevenire a riscurilor profesionale trebuie să fie o preocupare constantă a tuturor participanților în procesul de muncă.

Toate riscurile trebuie să fie tratate în următoarea ordine de priorități:

- să fie eliminate;
- să fie controlate la sursă;
- să fie reduse la minimum prin diferite mijloace (elaborarea de tehnologii de lucru sigure);
- în măsura în care persistă, să fie prevăzută utilizarea de echipament individual de protecție.

Riscurile întâlnite în industrie sub formă de pericole potențiale se pot transforma în accidente de muncă, îmbolnăviri profesionale sau catastrofe, ca urmare a unei perturbări instantanee a procesului de muncă.

În cazul activităților industriale se întâlnesc incinte închise, semiînchise sau deschise unde există diferite procese tehnologice și unde pot să apară atmosfere cu caracter exploziv.

Compoziția aerului atmosferic, utilizat de sistemele de ventilație industrială, variază în funcție de loc, altitudine, perioada anului precum și de alți factori. Pentru calculul uzual până la altitudini de 1500 m este suficient de exactă utilizarea următoarelor valori:  $O_2 = 21\%$  ;  $N_2 = 79\%$  - în volum;  $O_2 = 23\%$  ;  $N_2 = 77\%$  - masic.

Alte gaze prezente în aerul atmosferic sunt normal ignorate pe baza faptului că reprezintă mai puțin de 0,003% vol., adică 27,99 ppm. Acestea sunt: Neon; Helium; Metan; Krypton; Oxid de azot; Hidrogen; Xenon; Ozon și Radon.

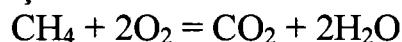
Gazele din atmosferă au și alți constituenți în amestec după cum urmează: praf, polen, bacterii, viruși, spori de mușci, particule de fum și reziduuri ale activităților industriale cum sunt SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> și S. Gazul metan, cel mai cunoscut gaz care poate crea atmosfere explozive și care este intens utilizat atât în industrie cât și în activitățile domestice, este o hidrocarbură saturată aciclică, fiind principala componentă a gazelor naturale (87% vol.).

Metanul este un gaz fără culoare, gust, miros cu masa moleculară de 16,0426 g/mol, densitatea de 0,716 kg/m<sup>3</sup> și difuzează de 1,6 ori mai repede decât aerul. De asemenea are punctul de topire la -182°C și punctul de fierbere la -161°C. Gazul metan prezintă o solubilitate în apă de 35 mg/l la 17°C.

Gazul metan este un gaz inflamabil și exploziv în amestec cu aerul, având temperatura de aprindere la 595°C și intervalul de explozivitate cuprins între 4,4-15% vol. Acest gaz produce efect de seră și reprezintă un element important care contribuie la încălzirea globală și degradează stratul de ozon. O moleculă de metan persistă în atmosferă 10 ani motiv pentru care concentrația a atins valoarea de 1850 ppb., la nivelul anului 2010.

Amestecul de metan, etan și propan prezintă proprietăți narcotice slabe.

Metanul arde cu o flacără puțin luminoasă. Culoarea flăcării variază, în funcție de condițiile în care are loc arderea, de la albastru, albastru deschis, până la aproape alb. La un conținut mic de gaz în aer, aceasta arde cu o flacără de culoare albastru închis, iar la conținuturi mai mari (5% vol.) flacăra devine albastru deschis. Reacția de ardere a metanului are următoarea structură:



Când arderea metanului este incompletă, adică se produce în condițiile unui conținut de oxigen mai redus, în produsele de ardere se află monoxid de carbon și hidrogen. În acest caz, reacția de ardere este:



Astfel, pentru un conținut de metan în aer mai mic de 4,4% vol. CH<sub>4</sub>, amestecul nu este exploziv, dar metanul arde în prezența sursei de aprindere, între 4,4% vol. CH<sub>4</sub> și 15% vol. CH<sub>4</sub>, amestecul este exploziv, peste 15% vol. CH<sub>4</sub>, amestecul nu este exploziv, dar poate deveni exploziv prin adaos de oxigen.

Valoarea limită de expunere profesională obligatorie la nivel național este de 1200 mg/m<sup>3</sup> sau 1834 ppm. pentru expunere de lungă durată la 8 ore, respectiv 1500 mg/m<sup>3</sup> sau 2292 ppm. pentru expunere de scurtă durată la 15 min.

Principala măsură de prevenire a exploziilor este realizarea unei ventilații corespunzătoare la nivelul incintelor industriale.

Aerisirea incintelor are drept scop atingerea a patru obiective principale:

- să asigure concentrația de oxigen necesară desfășurării în condiții optime de microclimat a lucrătorilor;
- să asigure diluarea corespunzătoare a gazelor explozive;
- să preia căldura degajată de procesele tehnologice care se desfășoară în interiorul incintelor industriale, și să o evacueze în exterior;

- să preia umiditatea existentă în incintele industriale închise și să o evacueze la suprafață.

Problema ventilației industriale a apărut ca urmare a gravelor probleme de poluare care apar atât în mediul din zonele industriale cât și a incintelor industriale.

Înainte de a aborda un studiu de ventilație industrială trebuie pusă problema dacă nu există un mijloc mai simplu de a reduce sau suprima cauzele poluării sau de a reduce poluarea prin modificarea procesului de producție sau a modului de concepere și execuție a instalației de ventilație propriu zise.

Punerea în funcțiune a unui sistem de ventilație industrială apare ori de câte ori la un loc de muncă se produc noxe, pentru a menține un mediu interior sigur, sănătos, productiv și confortabil în condiții de igienă a muncii, de securitate și sănătate a personalului lucrător unde această nevoie este determinată nu numai de gradul de ocupare umană ci și de cele mai multe ori de alți factori, de exemplu procesele de producție.

Pentru a alege o instalație de ventilație trebuie făcută o analiză a locului de muncă ce urmează a fi aerisit astfel încât soluția aleasă să rezolve problema de evacuare a noxelor dar să și respecte confortul personalului lucrător.

În ariile în care pot apărea cantități și concentrații periculoase de gaz inflamabil sau vapori inflamabili, trebuie aplicate măsuri preventive pentru a reduce riscul de explozie. În acest sens a fost adoptat Standardul SR EN 60079-10:2004 „*Aparatură electrică pentru atmosfere explozive gazoase. Partea 10: Clasificarea ariilor periculoase*”, având rol de a expune criteriile esențiale în raport cu care riscul de aprindere poate fi evaluat, și de a face recomandări în ceea ce privește parametrii de proiectare și control, utilizabili pentru a se reduce acest risc.

Standardul SR EN 60079-10:2004 se referă la clasificarea ariilor periculoase în care pot apărea riscuri cauzate de gaze inflamabile sau vapori inflamabili, pentru a permite alegerea și instalarea corectă a aparaturii utilizabile în astfel de arii periculoase, și se aplică acolo unde poate exista un risc de aprindere cauzat de prezența gazelor inflamabile sau vaporilor inflamabili, în amestec cu aerul, în condiții atmosferice normale.

Ventilația poate fi realizată prin mișcarea aerului provocată de vânt și /sau prin gradientele de temperatură sau prin mijloace artificiale precum ventilatoarele.

Astfel, sunt recunoscute două tipuri principale de ventilație:

a. ventilație naturală;

b. ventilație artificială, generală sau locală.

Ventilația naturală se realizează sub influența forțelor naturale, care sunt vântul și/sau gradientelor de temperatură. În aer liber, ventilația naturală este adesea suficientă pentru a asigura dispersia întregii atmosfere explozive care ar apărea în arie.

Ventilația artificială se produce prin vehicularea aerului cu ajutorul ventilatoarelor.

Deși ventilația artificială este utilizată în principal într-o încăpere sau într-un spațiu închis, ea poate fi utilizată, de asemenea, în aer liber pentru a compensa reducerea sau împiedicarea ventilației naturale datorită obstacolelor.

Ventilația artificială a unei arii poate fi fie generală fie locală și, în ambele cazuri, corespund diferite grade de mișcare și de înlocuire a aerului.

Mișcarea aerului necesară pentru ventilație, este asigurată prin mijloace artificiale, de exemplu ventilatoare sau exhaustoare. Sistemul de ventilație generală deservește întreaga încăpere și determină deplasarea întregului volum de aer al acesteia, sau cel puțin al întregului volum al zonei ocupate (clădire prevăzută cu ventilatoare în pereți și/sau în acoperiș pentru a îmbunătăți ventilația generală a clădirii; în aer liber, amplasarea adecvată a ventilatoarelor, pentru a îmbunătăți ventilația generală a ariei).

Ventilația artificială locală se aplică asupra sursei de degajare sau obiectului ventilat, astfel;

- un sistem exhaustor de aer /vapori asociat unui echipament de producție care degajă în mod permanent sau periodic vapori inflamabili;
- un sistem de ventilație forțată sau exhaustoare, asociat unei arii cu mici dimensiuni ventilate local, unde se așteaptă, de altfel, apariția unei atmosfere explozive.

Prezența noxelor în incintele industriale reprezintă un risc major căruia i se acordă o atenție prioritară. Dacă în incinta închisă apare intempestiv sau are loc o degajare importantă de gaz metan, atunci riscul de explozie este iminent.

Fenomenul de explozie poate să se producă dacă se suprapun în timp și spațiu cele trei elemente: gaze, cețuri, prafuri sau pulberi combustibile, oxigenul atmosferic respectiv sursa eficientă de aprindere.

Gazul metan, suplimentar față de caracterul exploziv, este în sine este un gaz asfixiant să care în incinte închise poate conduce la scăderea accentuată a concentrației de oxigen dar în cazul fenomenului de tip explozie efectul dinamic este mai important, efect care apare și în cazul producerii exploziilor în spații semiînchise și deschise.

Subiectul dispersiei gazelor a fost studiat pe larg la nivel internațional. Totuși, în particular, dinamica de dispersie a gazelor explozive de tipul metanului în incintele închise a fost mai puțin studiat însă se poate analiza matematic cu ajutorul dinamicii fluidelor CFD sau prin experimentări.

Particularitatea dinamicii de dispersie a metanului în incinta închisă este generată de apariția concentrațiilor neuniforme cu variații mari atât în plan orizontal cât și în plan vertical. Rezultatele obținute în urma analizei detaliate pot fii utilizate pentru a stabili traseele de evacuare în cazul în care apare o degajare intempestivă de metan în incinta industrială închisă.

Pentru a evita efectele extrem de severe datorate expunerii corpului uman la atmosfere în care metanul este prezent accidental, trebuie cunoscută în detaliu dinamica dispersării acestuia, mai ales în spații închise. De asemenea, este necesar să se cunoască zonele din interiorul incintei în care concentrațiile sunt mai mici în raport cu sursa de formare și eliberare a metanului.

Deși se știe că înființarea unui sistem de ventilație eficient este principala protecție împotriva formării de atmosfere explozive/toxice, comportamentul și capacitatea de ventilație a sistemului de ventilație trebuie cunoscute în detaliu în raport cu atmosfera în care este prezent metanul și forma geometrică a incintei.

**În prezent la nivel mondial** această problemă se focalizează pe studierea dispersiei gazelor explozive, determinarea parametrilor de explozivitate precum și dezvoltarea unor instrumente legislative și echipamente care să monitorizeze și să evite formarea amestecurilor explozive /1;2;3;4;8;9;10;11;12;13;14;15;18;19;20;21;22;24/ .

**În prezent la nivel național** se studiază parametrii de explozivitate aferenți amestecurilor explozive, dispersia amestecurilor explozive precum și îmbunătățirea tehnicilor și metodelor de prevenire și formare a atmosferelor explozive /5;6;16;17;23/.

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția** constă în stabilirea unei metode de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive.

**Prezenta invenție se bazează** pe analiza dinamicii dispersiei în faza de acumulare, cu evidențierea zonelor cu concentrații scăzute precum și a capacității de reacție a sistemului de ventilație în faza de diluare și evacuare, prin alegerea incintei închise unde urmează să se stabilească dinamica de formare a atmosferei explozive, urmată de determinarea volumului total liber al incintei închise, se stabilește forma și dispunerea echipamentelor de măsurare, după care se amplasează sistemul de măsurare al concentrațiilor de metan, se stabilește locul de amplasare al sursei de gaz, se stabilește forma și tipul dispozitivului de introducere a gazului în incintă, după care se configurează sistemul de ventilație pentru evacuarea atmosferei periculoase formate în incinta închisă, după care se verifică buna funcționare a sistemului de măsurare a concentrațiilor de metan respectiv al sistemului de ventilație, se montează la locul de măsurare sistemul de control al debitului de gaz care trebuie introdus în incintă și se conectează sistemul de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la sistemul de colectare date, după care se introduce un volum de metan stabilit în incinta închisă și se colectează datele rezultate în urma măsurărilor continue, se stabilește timpul de aerisire și în final se determină gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise care determină dinamica de formare a atmosferei explozive.

**Invenția prezintă următoarele avantaje:**

- metoda permite determinarea gradientului de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise;
- de asemenea metoda permite determinarea în mod continuu a concentrațiilor de metan în mai multe puncte ale incintei închise;
- metoda permite determinarea dinamicii de formare a atmosferelor explozive în mod neinvaziv;
- de asemenea metoda permite măsurarea cu acuratețe maximă a variației concentrațiilor de gaze la nivelul incintei închise;
- metoda permite măsurarea cu acuratețe maximă a variației concentrațiilor de gaze la nivelul elevației de măsurare;
- metoda stabilește timpul optim de aerisire al incintei închise;
- de asemenea metoda permite stabilirea matematică a gradientului de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise care determină dinamica de formare a atmosferei explozive;

- oferă informații vitale pentru personalul tehnic cu responsabilități în domeniul sănătății și securității în muncă pentru situațiile de urgență și ventilația industrială.

- se pretează la orice incintă industrială închisă, semiînchisă sau deschisă, unde există riscul de formare a atmosferelor explozive.

**În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a metodei de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive., conform invenției în legătură cu fig. nr.1 și fig. nr. 2, care reprezintă:**

**fig. 1 - „ Stabilirea incintei închise”.**

**fig. 2- „ Stabilirea punctelor de măsurare la nivelul incintei închise”.**

Metoda de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive, **conform invenției**, constă în parcurgerea mai multor etape /7/ după cum urmează:

Etapa 1 – Alegerea incintei închise. Pentru alegerea incintei închise se analizează amplasamentul clădirilor disponibile și se alege incinta reprezentativă.

Astfel incinta închisă trebuie să fie la o distanță suficientă și sigură în raport cu poziția altor incinte fig nr.1.

Etapa 2 – Determinarea volumului total liber al incintei închise. Pentru această etapă se măsoară dimensiunile relevante și se determină matematic volumul total  $V_t$  al incintei închise astfel:

$$V_t = L \times l \times H \text{ (m}^3\text{)}$$

Unde :        L- lungimea la vatră a incintei (m);

              l - lățimea la vatră a incintei (m);

              H – înălțimea incintei (m);

În condițiile în care în incinta închisă sunt amplasate și alte echipamente, se determină volumul liber  $V_l$  al incintei prin scăderea volumului acestora din volumul total al incintei astfel:

$$V_l = V_t - V_e \text{ (m}^3\text{)}$$

Unde :         $V_t$ - volumul total al incintei (m<sup>3</sup>);

$V_e$  - volumul total al echipamentelor din incintă (m<sup>3</sup>);

Etapa 3 – Stabilirea dispunerii echipamentelor de măsurare.

Pentru stabilirea dispunerii echipamentelor de măsurare se ia în considerare densitatea metanului care este mult mai mică decât a aerului. Avînd în vedere faptul că determinarea dinamicii de formare a atmosferei explozive se realizează în incinta închisă fără ca sistemul de ventilație să fie activ, atunci suntem în situația în care gazul metan migrează ascendent și neuniform de la punctul de introducere spre tavanul incintei închise cu tendința de acumulare la tavan. În aceste condiții este recomandabil ca echipamentele de măsurare să fie amplasate în plan paralel cu tavanul incintei și de o manieră în care să acopere secțiunea orizontală a incintei la nivelul elevației alese.

Înălțimea de amplasare  $H_a$  a aparatelor de măsură se determină astfel:

$$H_a = H - 0,4 \text{ (m)}$$

Valoarea de 0,4 m ține seama de capacitatea de acumulare a metanului respectiv de necesitatea de măsurare a variațiilor concentrațiilor de gaz pe toată perioada de determinare.



Etapa 4 – Amplasarea sistemului de măsurare al concentrațiilor de metan. La nivelul suprafeței de măsurare concentrațiile de metan punctiforme variază funcție de poziția punctului de măsurare în raport cu centrul geometric al suprafeței orizontale la elevația aleasă. Astfel concentrațiile de gaz metan cele mai mari se regăsesc în zona centrală și scad cu cât ne apropiem de pereții incintei închise. Pentru a obține o imagine cât mai fidelă a variației concentrațiilor de gaze la nivelul elevației alese se utilizează mai multe aparate portabile de măsură a concentrației de metan. Numărul de aparate se alege astfel încât un aparat portabil să controleze în medie aproximativ 5 m<sup>2</sup> în raport cu secțiunea orizontală a incintei închise.

Pentru măsurarea concentrațiilor de metan aparatele portabile trebuie să prezinte posibilitatea de transmitere a datelor la distanță.

Pentru măsurarea concentrațiilor de metan se procedează astfel:

- se montează sisteme de ancorare vatră – tavan, de exemplu lanțuri marcate pentru stabilirea rapidă a distanțelor.

- se ancorează aparatele portabile în plan orizontal la înălțimea aleasă.

Etapa 5 – Stabilirea locului de amplasare al sursei de gaz. Sursa de gaz metan poate fi constituită dintr-o butelie de gaz sub presiune și care trebuie amplasată obligatoriu în afara incintei închise și la o distanță sigură.

Etapa 6 – Stabilirea formei și tipului dispozitivului de introducere a gazului în incintă. Pentru introducerea gazului metan în incintă se poate alege fie sistemul punctiform de degajare fie sistemul uniform distribuit. Pentru determinarea dinamicii de formare a atmosferelor explozive este suficient sistemul punctiform de introducere al metanului în incinta închisă. Pentru aceasta este necesar ca dispozitivul de introducere al metanului să fie compus dintr-un suport pe care trebuie fixat furtunul prin care trebuie introdus metanul în incintă și care trebuie amplasat lângă peretele opus celui pe care este montat sistemul de ventilație și la o distanță față de vatră de 0,2-0,25 m.

Etapa 7 – Configurarea sistemului de ventilație. Pentru determinarea dinamicii de formare a atmosferelor explozive după etapa de acumulare a gazului metan în incinta închisă, urmează etapa de diluare și evacuare a atmosferei create. Pentru aceasta se utilizează un sistem de ventilație care trebuie amplasat pe peretele opus celui de lângă care se eliberează gazul exploziv. Sistemul de ventilație din incinta închisă trebuie să fie prevăzut cu mai multe ramificații care să acopere toată lungimea peretelui pe care este montat și dispuse cu zona de aspirație la nivelul tavanului. Dacă sistemul de ventilație existent deservește mai multe incinte atunci acesta trebuie configurat în așa fel încât să deservească temporar doar incinta aleasă. Configurarea sistemului de ventilație se realizează cu ajutorul variatoarelor de debit. Astfel vor fi închise acele variatoare de debit amplasate pe ramificațiile ce deservește alte incinte.

Etapa 8 – Verificarea funcționării sistemului de măsurare a concentrațiilor de metan respectiv al sistemului de ventilație. Pentru verificarea sistemelor de măsurare și ventilație, acestea se pornesc și se urmărește modul de funcționare al acestora care trebuie să fie în parametrii normali.

Etapa 9 - Montarea la locul de măsurare a sistemului de control al debitului de gaz care trebuie introdus în incintă. După ce s-a stabilit locul de amplasare a sursei



de gaz care este constituită dintr-o butelie cu gaz sub presiune, se montează pe butelie un reductor de presiune. Reductorul de presiune este racordat prin intermediul unui furtun la un debitmetru prin intermediul căruia se reglează debitul introdus în incinta închisă. Debitmetrul se conectează cu dispozitivul de introducere a gazului în incintă printr-un furtun suficient de lung încât să ajungă la zona de amplasare sigură a sursei de gaz și în același timp să nu reprezinte un obstacol în calea liberei circulații.

Etapa 10 – Conectarea sistemului de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la sistemul de colectare date. După faza de montare a sistemului de determinare continuă a concentrației de metan, se derulează etapa de conectare a sistemului de măsurare a gazului metan la sistemul de colectare date. Legătura wireless între aparatele de măsură și baza de date se realizează cu ajutorul unei aplicații tip grid. Datele colectate pot fi înregistrate continuu. Parametrii mășurați și anume concentrațiile de metan punctiforme, reprezintă valorile instantanee la nivelul secțiunii de măsurare determinate cu aparatele de măsură.

Etapa 11 – Introducerea gazului metan în incinta închisă.

Pentru stabilirea volumului de metan care trebuie introdus trebuie parcurse mai multe etape și anume:

a) Corecția densității în funcție de temperatură și de presiune care se aplică valorilor de densitate în condiții standard sau în condiții normale.

Densitatea normală ( $T_0=273,15$  K,  $B_0=760$ mmHg = 1013hPa) a aerului este:

$$\rho_{0\text{aer}} = 1,29 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Densitatea normală ( $T_0=273,15$  K,  $B_0=760$ mmHg = 1013hPa) a metanului este:

$$\rho_{0\text{metan}} = 0,656 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Corecția se face conform formulei următoare:

$$\rho_{\text{corectat}} = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{t + T_0} \cdot \frac{B}{B_0}$$

unde:

$\rho_{\text{corectat}}$  – densitatea corectată a aerului respectiv a metanului [kg/m<sup>3</sup>];

$\rho_0$  – densitatea normală [kg/m<sup>3</sup>];

$T_0$  – temperatura normală [K];

$t$  – temperatura mediului la locul aplicării corecției [°C];

$B_0$  – presiunea barometrică normală [1 mmHg = 133,322 Pa];

$B$  - presiunea barometrică la locul aplicării corecției [1 mmHg =

133,322 Pa];

b) Cantitatea totală de metan introdusă  $C_{ti}$ , la nivelul incintei care se calculează cu formula:

$$C_{ti} = t \times c / 100 \times Q_{\text{CH}_4} \quad [\text{m}^3]$$

unde,  $t$  = perioada de timp în care s-a introdus gaz metan în incintă [min];

$c$  = 100% Vol – concentrația de metan introdusă;

$Q_{\text{CH}_4}$  = debitul de metan introdus în incintă [m<sup>3</sup>/min].

c) Stabilirea concentrației de metan în interiorul incintei.

Pentru aceasta se ia în considerare faptul că trebuie asigurată siguranța incintei închise precum și a personalului participant la determinare. Astfel se alege concentrația maximă medie globală  $C_{mmg}$  de 1% Vol.

Concentrația maximă medie globală  $C_{mmg}$  se determină cu formula:

$$C_{mmg} = (100 \times C_{ti}) / V_1 \text{ [% Vol]}$$

Cu ajutorul acestei formule se determină cantitatea totală de metan introdusă  $C_{ti}$  funcție de volumul liber al incintei  $V_1$  și concentrația maximă medie globală  $C_{mmg}$  astfel:

$$C_{ti} = (C_{mmg} \times V_1) / 100 \text{ [ m}^3 \text{ ]}$$

Etapa 12 – Colectarea datelor rezultate în urma măsurătorilor continue. După conectarea sistemului de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la sistemul de colectare date se derulează etapa de colectare continuă a datelor cu ajutorul unei aplicații tip bază de date. Rezultatele pot fi obținute sub formă tabelară sau sub formă grafică.

Etapa 13 – Stabilirea timpului de aerisire la nivelul incintei închise.

Perioada de timp  $T$  necesară determinării dinamicii de formare a atmosferelor explozive este compusă din trei părți distincte:

Perioada de incubație  $t_i$  care este cuprinsă între momentul în care se începe introducerea metanului în incintă și momentul în care aparatele de măsură a concentrației de metan indică prima valoare pozitivă;

Perioada de acumulare  $t_a$  care este cuprinsă între momentul în care aparatele de măsură a concentrației de metan indică prima valoare pozitivă și momentul în care aparatele de măsură a concentrației de metan indică concentrații maxime de gaz metan în raport cu concentrația maximă medie globală  $C_{mmg}$ .

Perioada de evacuare  $t_e$  este cuprinsă între momentul în care aparatele de măsură a concentrației de metan indică concentrații maxime de gaz metan în raport cu concentrația maximă medie globală  $C_{mmg}$  și momentul în care aparatele de măsură a concentrației de metan indică concentrații nule.

Astfel:

$$T = t_i + t_a + t_e \text{ [ min. ]}$$

Cu ajutorul acestei formule se determină timpul de evacuare al atmosferei periculoase din incinta închisă astfel:

$$t_e = T - t_i - t_a \text{ [ min. ]}$$

Etapa 14 – Stabilirea gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise care determină dinamica de formare a atmosferei explozive.

Gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise  $G_d$  reprezintă un parametru care pune în valoare dinamica de formare a atmosferei explozive adică exprimă variația concentrației medii globale în raport cu timpul.

$$G_d = (60 \times C_i) / (t_i + t_a) \text{ [% Vol. CH}_4 \text{ / h ]}$$

Unde –  $C_i$  – concentrația maximă de gaz metan înregistrată la unul dintre aparatele de măsură [% Vol. CH<sub>4</sub>];

- $t_i$  – timpul de incubație [h];
- $t_a$  . timpul de acumulare [h];

Gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise  $G_d$  determină dinamica de formare a atmosferelor explozive într-o incintă închisă.

Aplicarea metodei de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive, cuprinde următoarele etape: se alege incinta închisă unde urmează să se stabilească dinamica de formare a atmosferei explozive, fig. nr. 1, după care se determină volumul total liber al incintei închise, se stabilește forma și dispunerea echipamentelor de măsurare, după care se amplasează sistemul de măsurare al concentrațiilor de metan, fig. nr. 2, și se stabilește locul de amplasare al sursei de gaz, după aceea se stabilește forma și tipul dispozitivului de introducere a gazului în incintă, și se configurează sistemul de ventilație pentru evacuarea atmosferei periculoase formate în incinta închisă, apoi se verifică buna funcționare a sistemului de măsurare a concentrațiilor de metan respectiv al sistemului de ventilare, după care se montează la locul de măsurare sistemul de control al debitului de gaz care trebuie introdus în incintă, se conectează sistemul de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la sistemul de colectare date, după care se introduce un volum de metan stabilit în incinta închisă, se colectează datele rezultate în urma măsurătorilor continue, se stabilește timpul de aerisire și în final se determină gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise care determină dinamica de formare a atmosferei explozive.

Metoda de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive, a fost concepută în cadrul INCD INSEMEX Petroșani și poate fi utilizată pentru orice gaz combustibil cu proprietăți explozive și pentru orice incintă închisă, semiînchisă sau deschisă.

Metoda de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive a fost testată cu rezultate bune în incinta închisă din cadrul laboratorului de experimentări, privind studiul sistemelor de ventilație industrială.

Aplicarea metodei de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive a rezultat ca o necesitate a eficientizării managementului rețelelor sau sistemelor de ventilație industrială precum și pentru creșterea gradului de securitate și sănătate în muncă la nivelul incintelor industriale cu pericol de formare a atmosferelor explozive.

## Bibliografie

- [ 1 ] **Abbasi, T., Abbasi S.A.** - *The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management*, **Journal of Hazardous Materials** **141 (2007) 489–519.**
- [ 2 ] **Alghamdi, S. S. S.** - *Development of a vapor cloud explosion risk analysis tool using exceedance methodology*, **Office of Graduate Studies of Texas A&M University, A Thesis, 2011.**  
<https://core.ac.uk/download/pdf/13642549.pdf>

- [ 3 ] **Burgess, D., Zabetakis, M. G.** - *Fire and explosion hazards associated with liquefied natural gas*, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Report of Investigations 6099/1962.
- [ 4 ] **Zabetakis, M.G., Burgess, D.S.** - *Research on the hazards associated with the production and handling of liquid hydrogen*, United States Department of the Interior Bureau of Mines, Report of Investigations 5707/1961.
- [ 5 ] **Cavaropol D. V.** - *Elemente de dinamica gazelor instalații de GPL și GNL*, Editura Ministerului Internelor și Reformei Administrative, București, 2008, ISBN 978-973-745-057-9.
- [ 6 ] **Cîrloganu C.** - *Combustii rapide*, E.T. București, 1986.
- [ 7 ] **Cioclea D.** - *Dezvoltarea tehnicilor și metodelor de prevenire a formării atmosferelor explozive și/sau toxice specifice zonelor industriale. Proiect NUCLEU, PN 19 21 02 04/2019-2022*
- [ 8 ] **Cormier, B. R.** - *Computational fluid dynamics for lng vapor dispersion modeling: a key parameters study*, Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY, 2008.
- [ 9 ] **Egeberg, T., Davidsen, T., Venkatraman, M.M., Nassiri, S.** - *Comparative study on gas dispersion*, Report no. 101368/R1, Date 24 January 2012, Skandpower, Norway.  
<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/andre-rapporter/final-report-scandpower-2012.pdf>
- [ 10 ] **Ghatauray, T.S., Ingram, J.M., Holborn, P.G.** - *An experimental and CFD study into the dispersion of buoyant gas using passive venting in a small fuel cell enclosure*. Journal Institution of Chemical Engineers Symposium Series, Publisher London South Bank University, Journal citation 2016-J (161), ISSN 0307-0492.  
<https://openresearch.lsbu.ac.uk/item/87409>
- [ 11 ] **Ivings, M.J., Gant, S.E., Jagger, S.F., Lea, C.J., Stewart J.R., Webber, D.M.,** - *Evaluating vapor dispersion models for safety analysis of LNG facilities*, FPRF-2016-25, MSU/2016/27, Health & Safety Laboratory Buxton, Derbyshire, UK, 2016.  
<https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Hazardous-materials/RFLNGDispersionModelMEP.ashx>
- [ 12 ] **Ikealumba, W. C., Wu, H.** - *Modeling of Liquefied Natural Gas Release and Dispersion: Incorporating a Direct Computational Fluid Dynamics Simulation Method for LNG Spill and Pool Formation*, Ind. Eng. Chem. Res. 2016, 55, 1778–1787, DOI:10.1021/acs.iecr.5b04490.  
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.iecr.5b04490>
- [ 13 ] **Mishraa, K.B., Wehrstedta, K.D., Krebsb, H.** - *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) of peroxy-fuels: Experiments and Computational Fluid Dynamics*

- (CFD) simulation, **The 12th International Conference on Combustion & Energy Utilisation – 12ICCEU, Energy Procedia 66 (2015) 149 – 152.**
- [ 14 ] **Mokhatab, S., Poe, W.A., Speight, J.G. - Handbook of natural gas transmission and processing, 2006, Elsevier Inc., Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, British Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN 13: 978-0-7506-7776-9, ISBN 10: 0-7506-7776-7.**
- [ 15 ] **Nolan, D. P. - Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical, and related facilities, Library of Congress Catalog Card Number 96-10908, ISBN: 0-8155-1394-1, Printed in the United States of America by Noyes Publications, 1996.**
- [ 16 ] **Păsculescu, V.M. – Perfecționarea metodelor de evaluare a nivelului de protecție la explozie pentru echipamentele care funcționează în atmosfere potențial explozive, Universitatea din Petroșani, Teză de Doctorat, 2014.**
- [ 17 ] **Prodan, M. - Parametrii caracteristici inițierii exploziilor în mediu combustibil-aer, Universitatea din București, Facultatea de Chimie, Teză de Doctorat, 2017.**
- [ 18 ] **Quillatre, M. P. - Simulation aux grandes echelles d'explosions endomaine semi-confine, l'Université de Toulouse, Thèse pour obtenir le grade de Docteur, 2014.**
- [ 19 ] **Stawczyk, J. - Experimental evaluation of LPG tank explosion hazards, Journal of Hazardous Materials B96 (2003) 189–200.**
- [ 20 ] **Touahar, B. - Modelisation et simulation numerique pour la dispersion atmosferique de polluant application des logiciels: ALOHA, PHAST, REPUBLIQUE Algerienne Democratique et Populaire, Ministere de l'Enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique, Universite Hadj Lakhdar – Batna, Institut d'Hygiene et Securite Industrielle, Memoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, 2013.**
- [ 21 ] **Veyssilier, F., Pecoult, C. - Guide de Bonnes Pratiques pour la réalisation de modélisations 3D pour des scénarios de dispersion atmosphérique en situation accidentelle. INERIS, Rapport de synthèse des travaux du Groupe de Travail National, Ref : DRA-15-148997-06852A. 2015.**  
[https://aida.ineris.fr/sites/default/files/gesdoc/86009/Guide\\_Bonnes\\_Pratiques.pdf](https://aida.ineris.fr/sites/default/files/gesdoc/86009/Guide_Bonnes_Pratiques.pdf)
- [ 22 ] **Vianello, C., Maschio, G. - Risk Analysis of Natural Gas Pipeline: Case Study of a Generic Pipeline, Chemical Engineering Transactions Volume 24, 2011, ISBN 978-88-95608-15-0 ISSN 1974-9791, DOI: 10.3303/CET1124219.**
- [ 23 ] **Voicu V. – Combaterea noxelor în industrie, Editura Tehnică, București, 2002.**
- [ 24 ] **Wu, Y., Yu, E., Xu Y. - Simulation and analysis of indoor gas leakage, Proceedings: Building Simulation ,2007, pag. 1267-1271.**  
[http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p654\\_final.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p654_final.pdf)

### Revendicări:

Metoda de determinare a dinamicii de formare a atmosferelor explozive, prin analiza dinamicii dispersiei în faza de acumulare, cu evidențierea zonelor cu concentrații scăzute precum și a capacității de reacție a sistemului de ventilație în faza de diluare și evacuare, **caracterizată prin aceea că**, se alege incinta închisă unde urmează să se stabilească dinamica de formare a atmosferei explozive, după care se determină volumul total liber al incintei închise, se stabilește forma și dispunerea echipamentelor de măsurare, după care se amplasează sistemul de măsurare al concentrațiilor de metan, și se stabilește locul de amplasare al sursei de gaz, după aceea se stabilește forma și tipul dispozitivului de introducere a gazului în incintă, și se configurează sistemul de ventilație pentru evacuarea atmosferei periculoase formate în incinta închisă, apoi se verifică buna funcționare a sistemului de măsurare a concentrațiilor de metan respectiv al sistemului de ventilare, după care se montează la locul de măsurare sistemul de control al debitului de gaz care trebuie introdus în incintă, apoi se conectează sistemul de determinare continuă a concentrațiilor de gaze la sistemul de colectare date, după care se introduce un volum de metan stabilit în incinta închisă, se colectează datele rezultate în urma măsurărilor continue, se stabilește timpul de aerisire, în final se determină gradientul de dispersie și diluare progresivă a gazului la nivelul incintei închise care determină dinamica de formare a atmosferei explozive.

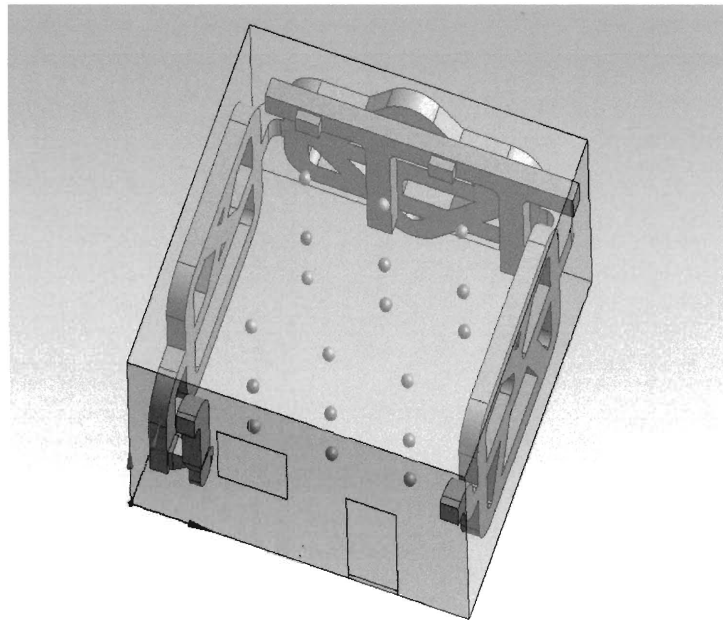


Fig. nr.1

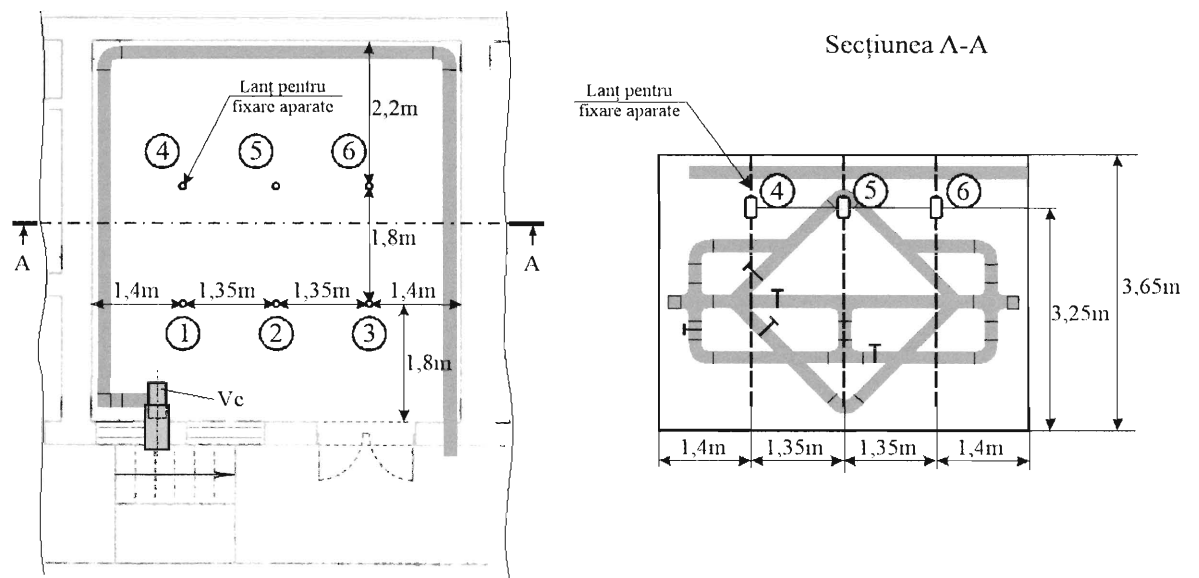


Fig. 2