

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00897

(22) Data de depozit: 03/11/2017

(41) Data publicării cererii:  
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:  
• INCD INSEMEX PETROȘANI,  
STR. GEN. VASILE MILEA NR. 32-34,  
PETROȘANI, HD, RO

(72) Inventatori:  
• CIOCLEA DORU,  
STR.1 DECEMBRIE 1918 BL. 65 AP. 15,  
PETROȘANI, JUDEȚUL HUNEDOARA, HD,  
RO;  
• GĂMAN GEORGE ARTUR,  
STR. INDEPENDENȚEI, BL. 3, AP. 15,  
SC. 1, ET. 3, PETROȘANI, HD, RO;  
• LUPU CONSTANTIN, STR. CARPAȚI BL.4,  
SC.5, AP.8, 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;

• DARIE MARIUS, STR. GRIVIȚA ROȘIE  
NR.6, AP. 1, 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;  
• IANC NICOLAE, STR. 1 DECEMBRIE  
1918, BL. 124, AP. 28, PETROȘANI, HD,  
RO;  
• CHIUZAN EMERIC, STR. TIMIȘOARA  
NR. 8/3, PETROȘANI, HD, RO;  
• TOMESCU CRISTIAN,  
GENERAL VASILE MILEA, BL.28C, AP.37,  
PETROȘANI, HD, RO;  
• MATEI ADRIAN, STR. TAIA NR. 106,  
PETRILA, HD, RO;  
• MORAR MARIUS SIMION,  
STR. 1 DECEMBRIE 1918, BL. 97, AP. 12,  
PETROȘANI, HD, RO;  
• DRĂGOESCU RĂZVAN,  
STR.1 DECEMBRIE 1918, BL.59, SC.2,  
AP.28, PETROȘANI, HD, RO

(54) **METODĂ DE DETERMINARE A TIMPULUI CRITIC SPECIFIC  
UNEI ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, utilizată pentru orice incintă, închisă sau semiînchisă, industrială sau cu destinație domestică, aplicarea ei rezultând ca o necesitate a eficientizării managementului comandamentelor pentru intervenție. Metoda conform invenției are la bază identificarea expresiilor matematice pentru determinarea și vizualizarea grafică a timpului critic necesar unui punct, care definește o atmosferă monitorizată, să atingă prisma de explozivitate, adică atmosfera să devină explozivă; pentru aceasta, se realizează într-o primă fază diagrama triaxială, prisma de explozivitate, după care se stabilesc condițiile inițiale privind concentrațiile gazelor din exteriorul și interiorul incintei industriale, se realizează prisma de explozivitate triaxială în sistem relativ plan, apoi se definesc expresiile matematice spațiale pentru punct, dreaptă, plan, intersecția a două drepte, intersecția unei drepte cu un plan, se face predicția de timp a intrării, traversării și ieșirii din prisma de explozivitate, utilizând extrapolarea liniară, pentru care se definește o pseudometrică specifică, distanță Ex generalizată; pentru aceasta se stabilește dacă variația în spațiu a punctului este liniară sau neliniară, după care se trasează variația punctului ce definește atmosfera monitorizată la un moment dat, în cazul în care avem variație liniară, se realizează diagrama privind variația

valorii distanței Ex generalizate, se realizează diagrama, prin extrapolare liniară, pentru determinarea timpului critic, în cazul variației liniare; apoi se stabilește dacă variația în spațiu a punctului este liniară sau neliniară, după care se trasează variația punctului ce definește atmosfera monitorizată la un moment dat, în cazul în care avem variație neliniară, iar în final se realizează diagrama, prin extrapolare liniară, pentru determinarea timpului critic în cazul variației neliniare.

Revendicări: 1  
Figuri: 7

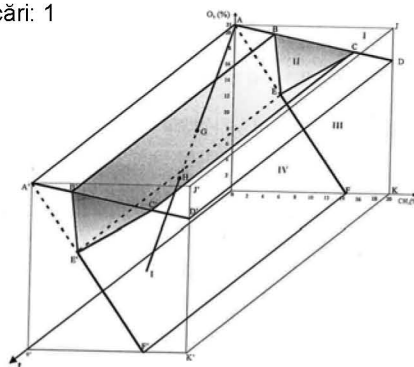


Fig. 1

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 TIMPULUI CRITIC SPECIFIC UNEI ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE

**Invenția se referă** la o metodă de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive.

Procesul de prelucrare și transformare a substanțelor minerale utile, solide, lichide sau gazoase se realizează la suprafață în incinte de regulă închise, și implică utilizarea unor procese tehnologice complexe. În timpul derulării acestor procese tehnologice se pot degaja sau pot ajunge în atmosfera de lucru, gaze, cețuri, prafuri sau pulberi, cu caracter exploziv sau toxic.

Astfel în cadrul factorilor de risc specifici mediului de muncă, se identifică factorii de risc chimic. Această categorie de factori de risc cuprinde prafuri, gaze și vapori inflamabili / explozivi.

Exploziile pot surveni ori de câte ori sunt îndeplinite - simultan - următoarele condiții:

- substanțele sau preparatele inflamabile/combustibile (carburant) prezintă un grad înalt de dispersie în aer;
- concentrația substanțelor sau preparatelor inflamabile în aer (carburant) se găsește în interiorul limitelor (inferioară și superioară) de explozie;
- cantitatea de atmosferă explozivă (amestec combustibil - aer) este periculoasă la momentul dat; se consideră ca fiind periculoasă o atmosferă explozivă compactă de minimum 10 dm<sup>3</sup>, formată într-o incintă închisă (încăpere), indiferent de mărimea acesteia;
- sursa de aprindere există și, totodată, este eficientă (suficient de mare ca temperatură și energie) pentru asigurarea activării moleculelor în vederea inițierii și propagării reacției de ardere rapidă.

Astfel la nivelul incintelor industriale pot să apară, în raport cu substanța explozivă, de exemplu atmosfere explozive mono sau multigaz cu concentrație constantă sau variabilă de gaze inerte.

Pentru un amestec exploziv monogaz de exemplu metan - aer, sursa de inițiere trebuie să prezinte o energie de activare cuprinsă între 125,4 și 292,4 Kj/mol.

Explozia amestecului metan aer are loc dacă gazul este prezent în concentrații cuprinse între limitele inferioare și superioare de explozivitate și anume 4,5-15 % vol. Concentrația stoechiometrică pentru amestecul exploziv metan-aer este de 9,46%vol. Creșterea temperaturii amestecului exploziv, a presiunii amestecului precum și a energiei de aprindere pot lărgii intervalul de explozivitate.

Temperatura de aprindere a amestecului exploziv gaz metan-aer este cuprinsă între 650°C-750 ° C iar presiunea dezvoltată de explozia amestecului este cuprinsă între 1 și 8 bari. Viteza de propagare a exploziei amestecului aer – metan poate depăși 1000m/s.



Fenomenul de explozie a captat atenția cercetătorilor în ultimii două sute de ani prin violența manifestării, efectele, complexitatea precum și prin imprevizibilitatea sa.

Pentru a identifica zonele cu pericol de explozie precum și pentru a proteja personalul aflat în zona de influență a fenomenului, s-au căutat modalități de prognoșticare pe baza monitorizării discontinue sau continue a atmosferei de lucru.

Astfel pentru caracterizarea atmosferelor explozive se utilizează diagramele de explozivitate după cum urmează :

#### Diagrama Coward -Jones

În lucrarea sa "Limits of flammability of gases and vapors" editată în 1952 sub egida Bureau of Mines – United States Department of the Interior, H. F. Coward și G. W. Jones /3/, au prezentat pentru prima dată forma triunghiului de explozivitate. Triunghiul de explozivitate al lui Coward - Jones a fost o reprezentare în sistem 2D al atmosferei explozive formate din amestec simplu metan și aer.

Se construiește un sistem de coordonate biaxial metan-O-oxigen cu plasarea crescătoare pe abscisă a valorilor concentrațiilor de metan de la 0 la 100% vol., iar pe ordonată se plasează crescător valorile concentrațiilor de oxigen de la 0 la 21 % vol.

Pe ordonată la valoarea concentrației de oxigen de 20,93% vol., se notează cu litera A, iar pe abscisă la valoarea concentrației de metan de 100% vol., se notează cu litera D. Se unesc punctele A și D și rezultă dreapta AD care reprezintă limita teoretică deasupra căreia amestecul de gaz este imposibil.

Pe dreapta AD se notează cu litera B punctul care definește valoarea concentrației de metan corespunzătoare limitei inferioare de explozivitate. Pe aceeași dreaptă AD se notează cu litera C punctul care definește valoarea concentrației de metan corespunzătoare limitei superioare de explozivitate.

Începând din punctul B se trasează dreapta BE care reprezintă dreapta corespunzătoare limitei inferioare de explozivitate a metanului în raport cu concentrația de oxigen. Astfel că punctul E reprezintă concentrația cea mai mică de oxigen sub care amestecul nu mai este exploziv.

Începând din punctul C se trasează dreapta CE care reprezintă dreapta corespunzătoare limitei superioare de explozivitate a metanului în raport cu concentrația de oxigen.

Intersecția dreptei AE cu abscisa generează punctul F astfel că dreapta EF reprezintă limita sub care amestecul de gaze este neexploziv.

Astfel construită diagrama poate fi împărțită în patru zone distincte și anume:

- zona I - amestecuri imposibile;
- zona II - amestecuri explozive;
- zona III - amestecuri ce pot deveni explozive prin diluție;
- zona IV - amestecuri neexplozive;

Diagrama de explozivitate triaxială – Prisma de explozivitate.

Prisma de explozivitate este utilizată pentru studiul tridimensional al atmosferelor explozive.



Pentru construirea prisme de explozivitate se parcurg mai multe etape și anume:

Etapa 1 – transformarea sistemului de coordonate biaxial într-un sistem de coordonate triaxial prin atașarea axei de coordonate  $t$  /2/.

Pentru aceasta sistemul de coordonate plan  $CH_4, O_2$  se transformă într-un sistem de coordonate tridimensional  $CH_4, O_2, t$ , - Triunghiul de explozivitate Coward – Jones în sistem de coordonate triaxial.

În această situație observăm triunghiul de explozivitate Coward – Jones delimitat de punctele B, C și E, pe care îl încadrăm în patrulaterul OAJK în care O este originea sistemului de coordonate plan.

Sistemul de coordonate triaxial este determinat de sistemul de coordonate biaxial, plan la care se adaugă a treia axă, timpul.

Astfel dacă în sistemul de coordonate plan unde pe abscisă avem variația concentrației de metan iar pe ordonată variația concentrației de oxigen, punctul care definește atmosfera monitorizată este definit de punctul X ( $C_{CH_4}, O_2$ ), atunci în sistemul triaxial (3 D), în care se adaugă axa z pe care este poziționată variabila  $t$  (timpul), punctul care definește atmosfera monitorizată este definit de punctul X ( $C_{CH_4}, O_2, t$ ).

Etapa 2 – translatarea sistemului de coordonate biaxial

În consecință după timpul  $t_x$  vom obține noi coordonate pentru punctul X care definește atmosfera monitorizată prin translatarea patrulaterului OAJK pe poziție viitoare obținând patrulaterul O' A' J' K'.

Etapa 3 – consolidarea planului vertical lateral

Pentru aceasta se unește punctul A cu punctul A', prin care se formează planul vertical lateral AOO'A'.

Etapa 4 – consolidarea planului orizontal traslatat

Pentru aceasta se unește punctul J cu punctul J', prin care se formează planul orizontal traslatat AJJ'A'.

Etapa 5 – consolidarea planului de delimitare a amestecului imposibil

Pentru aceasta se unește punctul D cu punctul D', prin care se formează planul de delimitare a amestecurilor imposibile ADD'A'.

Etapa 6 – consolidarea planului vertical lateral traslatat

Pentru aceasta se unește punctul K cu punctul K', prin care se formează planul vertical lateral traslatat JKK'J'.

Etapa 7 – consolidarea planului ce delimitează amestecul care nu poate deveni exploziv

Pentru aceasta se unește punctul F cu punctul F', prin care se formează planul ce delimitează amestecul care nu poate deveni niciodată exploziv AFF'A'.

Etapa 8 – unirea punctelor care definesc limita inferioară de explozivitate

Pentru aceasta se unește punctul B cu punctul B', prin care se formează dreapta care reunește mulțimea punctelor definesc limita inferioară de explozivitate BB', – Dreapta limitei inferioare de explozivitate.

Etapa 9 – unirea punctelor care definesc limita nose point

Pentru aceasta se unește punctul E cu punctul E', prin care se formează dreapta care reunește mulțimea punctelor definesc limita nose point EE'. De asemenea prin



unirea punctului E cu punctul E' se formează planul anterior al prisme de explozivitate BEE'B'.

Etapa 10 – unirea punctelor care definesc limita superioară de explozivitate

Pentru aceasta se unește punctul C cu punctul C', prin care se formează dreapta care reunește mulțimea punctelor definesc limita superioară de explozivitate CC'.

De asemenea prin unirea punctului C cu punctul C', se formează planul posterior al prisme de explozivitate CEE'C'.

Etapa 11 – consolidarea prisme de explozivitate

Pentru aceasta se evidențiază prisma de explozivitate care are forma unei prisme triunghiulare regulate culcate cu suprafața bazei ABC respectiv suprafața superioară A'B'C'.

În această situație, triunghiul de explozivitate Coward - Jones se transformă într-o prismă de explozivitate.

Caracteristicile zonelor I - IV rămân identice ca în diagrama Coward clasică, cu diferența că aceste zone sunt reprezentate în spațiu astfel:

- Zona I - amestec imposibil: situată între planele AA'J'J și AA'D'D';
- Zona II - prisma de explozivitate: formată de prisma triunghiulară regulată cuprinsă între planele triunghiulare BCE și B'C'E';
- Zona III – amestec ce poate devenii exploziv prin adaos de aer: formată de prisma poligonală regulată cuprinsă între planele poligonale CEFKD și C'E'F'K'D';
- Zona IV – amestec neexploziv dar care parțial poate deveni exploziv prin adaos de gaz combustibil: formată de prisma poligonală regulată cuprinsă între planele poligonale ABEF0 și A'B'E'F'0'.

În cazul utilizării prisme de explozivitate, punctul care definește atmosfera analizată în sistem 2D care are forma X (CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>) devine X (CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, t) care se deplasează pe aliniamentul unei drepte A I definită prin relația:

$$a C_{CH_4} + b C_{O_2} + c t + d = 0 \quad \text{unde:}$$

$C_{CH_4}$  - concentrația variabilă de metan (% vol.);

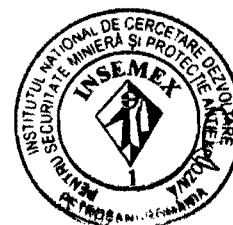
$C_{O_2}$  - concentrația variabilă de oxigen (% vol.);

t - timpul (s);

a, b, c - constante;

d - termen liber.

Dacă punctul X (CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, t) este situat în zona IV – amestec neexploziv dar care parțial poate deveni exploziv prin adaos de gaz combustibil, formată de prisma poligonală regulată cuprinsă între planele poligonale ABEF0 și A'B'E'F'0' în mod particular în zona prisme triunghiulare regulate cuprinse între planele triunghiulare ABE și A'B'E', atunci dreapta A I intersectează prisma de explozivitate în punctele G (CH<sub>4</sub><sup>G</sup>, O<sub>2</sub><sup>G</sup>, t<sup>G</sup>) pe fața BB'E'E. Astfel se poate defini timpul critic t<sub>c</sub>, la modul general, ca fiind perioada de timp necesară punctului X (CH<sub>4</sub><sup>X</sup>, O<sub>2</sub><sup>X</sup>, t<sup>X</sup>) care definește atmosfera monitorizată la un moment dat, pentru a ajunge să atingă prisma de explozivitate X (CH<sub>4</sub><sup>G</sup>, O<sub>2</sub><sup>G</sup>, t<sup>G</sup>).



În condițiile în care concentrația de gaz combustibil crește atunci punctul care definește atmosfera monitorizată pătrunde în interiorul prisme de explozivitate (zona II) formată de prisma triunghiulară regulată cuprinsă între planele triunghiulare BCE și B'C'E' până în punctul H ( $CH_4$ ,  $O_2$ , t") pe fața EE'C'C.

În condițiile în care concentrația de gaz combustibil crește în continuare atunci punctul care definește atmosfera monitorizată părăsește prisma de explozivitate și pătrunde în zona zona III – amestec ce poate devenii exploziv prin adaos de aer, formată de prisma poligonală regulată cuprinsă între planele poligonale CEFKD și C'E'F'K'D'.

Caracterizarea fenomenului de explozie a reprezentat obiectul cercetărilor multor specialiști precum H. F. Coward, G. W. Jones, C. W. Ellicott, V. Bardocz, M. G. Zabetakis, R. W. Stahl, H. A. Watson K. Kennedy, etc. /1;3;4;5;6/.

**În prezent la nivel mondial** această problemă se studiază în sistem bidimensional cu ajutorul diagramelor de explozivitate însă nu s-a reușit stabilirea unei metode de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive.

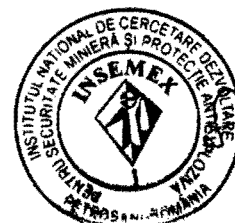
**În prezent la nivel național** se utilizează diagramele de explozivitate bidimensionale respectiv diagrama de explozivitate triaxială însă nu este cunoscută nici o metoda de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive.

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția** constă în determinarea timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive.

**Prezenta invenție se bazează** pe determinarea, prin caracterizarea tridimensională, a timpului critic specific atmosferelor potențial explozive, prin construirea în prima fază a diagramei de explozivitate triaxiale – prisma de explozivitate, în sistem de coordonate  $CH_4 - O_2 - t$ , după care se stabilesc concentrațiile gazelor din exteriorul respectiv interiorul incintei monitorizate, se utilizează aparatul matematic pentru definirea unui punct, dreaptă și plan în spațiu, intersecția a două drepte, a două plane respectiv a unei drepte cu un plan în spațiu, se stabilește sistemul de monitorizare a incintei închise sau semi închise pentru metan, oxigen și timp, se realizează baza de date cu valorile parametrilor monitorizați, se definește o pseudo-metrică specifică - distanță Ex generalizată, se vizualizează pe diagrama de explozivitate triaxială pozițiile spațiale succesive ale punctelor care definesc atmosfera monitorizată care pot să fie amplasate pe traiectorii spațiale liniare sau aleatorii, în final se face predicția de timp, a timpului critic, a intrării și ieșirii din prisma de explozivitate prin utilizarea regresiei liniare sau neliniare, a punctului care definește atmosfera monitorizată.

**Invenția prezintă următoarele avantaje:**

- metoda permite caracterizarea spațială a atmosferei explozive;
- de asemenea metoda permite urmărirea în spațiu a punctelor care definesc atmosfera monitorizată;
- metoda permite urmărirea în timp real a atmosferei explozive;
- de asemenea metoda permite vizualizarea planului de distribuție a punctelor care definesc atmosfera monitorizată;



- metoda permite determinarea direcției optime de deplasare a punctelor care definesc atmosfera monitorizată;
- de asemenea metoda permite determinarea matematică apriori a momentului în care dreapta sau curba de regresie intersectează prisma de explozivitate prin determinarea timpului critic;
- metoda permite determinarea matematică apriori a perioadei de timp pe care dreapta sau curba de regresie o parcurge în interiorul prisme de explozivitate;
- de asemenea metoda permite determinarea matematică apriori a momentului în care dreapta sau curba de regresie iese din prisma de explozivitate;
- oferă informații vitale atât pentru personalul tehnic cu responsabilități în domeniul sănătății și securității în muncă, cât și pentru comandamentul pentru intervenție în caz de incidente majore.
- se pretează la orice incintă închisă sau semi închisă în care există riscul de formare a amestecurilor explozive.

**În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a metodei de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, conform invenției în legătură cu fig. 1;2;3;4;5;6 și fig. 7 care reprezintă:**

**fig. 1 – „Prisma de explozivitate - vizualizarea direcției de deplasare spațială a punctelor care definesc atmosfera potențial explozivă”.**

**fig. 2- „ Vizualizarea prisme de explozivitate în sistem relativ plan”.**

**fig. 3- „ Variația liniară a punctului care definește atmosfera monitorizată”.**

**fig. 4- „ Variația distanței Ex generalizate în condiții de variație liniară”.**

**fig. 5- „ Stabilirea timpului critic în condițiile de variație liniară”.**

**fig. 6- „ Variația distanței Ex generalizate în condiții de variație neliniară”.**

**fig. 7- „ Stabilirea timpului critic în condițiile de variație neliniară”.**

Metoda de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, **conform invenției**, constă în parcurgerea mai multor etape după cum urmează:

Prisma de explozivitate prezintă avantajul redat prin faptul că punctul, X ( $CH_4^x, O_2^x, t^x$ ) care definește atmosfera monitorizată, permite, prin proiecția în planele  $CH_4 - 0 - t$  sau  $O_2 - 0 - t$  și ulterior pe dreapta t, stabilirea timpului în care zona monitorizată atinge prisma de explozivitate, perioada de timp cât se află în interiorul prisme de explozivitate precum și momentul în care iese din prisma de explozivitate, fig.1.

Pentru început se iau în considerare următoarele aspecte:

- Concentrația metanului aspirat în subteran de la suprafață este 0%,  
 $C_{inmetan}=0\%$ ;
- Concentrația dioxidului de carbon aspirat în subteran de la suprafață este 0,03%,  $C_{inCO_2}=0,03\%$ ;
- Concentrația oxigenului aspirat în subteran de la suprafață este 21%,  
 $C_{inO_2}=21\%$ ;
- Concentrația  $CO_2$ , evacuat din subteran este de 0,3%,  $C_{exCO_2}=0,3\%$ ,



• Concentrația dioxidului de carbon (inclusiv a altor gaze inerte exceptând azotul conținut de aerul aspirat de la suprafață) în punctul de interes din subteran este,  $\text{CO}_2$ .

Astfel procesarea în 3D a evoluției concentrației metanului ( $\text{CH}_4$ ) exprimat în % v/v (axa x), oxigenului exprimat în % v/v ( $\text{O}_2$ ) (axa y) în funcție de timp (t) exprimat în minute (axa z) se poate vizualiza în sistem relativ plan în fig. 2.

Pentru aceasta trebuie cunoscute:

A. Intersecția a 2 drepte (în planul xOy)

a. Ecuația dreptei:

$$y = m \cdot x + n,$$

cu m și n parametrii;

b. Ecuația fascicolului de drepte care trec printr-un punct:

$$y - y_0 = m \cdot (x - x_0),$$

cu m parametru;

c. Dreapta care trece prin două puncte:

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1),$$

cu  $(x_1, y_1)$  și  $(x_2, y_2)$  coordonatele celor 2 puncte;

d. Intersecția a două drepte:

$$x_0 = -\frac{n_2 - n_1}{m_2 - m_1}, y_0 = \frac{m_2 n_1 - m_1 n_2}{m_2 - m_1},$$

cu  $(m_1, n_1)$  și  $(m_2, n_2)$  parametrii (panta și norma) celor 2 drepte;

e. Coordonatele punctului în domeniu 3D:

Fiecare punct va fi caracterizat de un set de 3 valori corespunzătoare celor 3 coordonate astfel  $U(x_U, y_U, z_U)$ ;

f. Ecuația planului:

$$a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0,$$

unde a, b, c, d sunt parametrii definatorii ai planului. Dacă unul dintre parametrii a, b, c este nul atunci planul este paralel cu axa corespunzătoare, dacă parametru d este nul atunci planul trece prin origine.

g. Intersecția unei drepte cu un plan:

Fie dreapta definită parametric de relațiile:

$$\begin{cases} x = l \cdot t + x_0 \\ y = m \cdot t + y_0 \\ z = n \cdot t + z_0 \\ a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0 \end{cases},$$

unde parametrii a, b, c, d sunt parametrii definatorii ai planului, iar parametrii l, m, n, definesc dreapta împreună cu  $x_0, y_0, z_0$  sunt coordonatele punctului prin care trece dreapta iar t este variabila independentă.

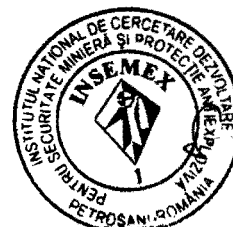
Din rezolvarea sistemului de ecuații se obține parametru  $t_0$  apoi coordonatele punctului de intersecție cu planul astfel:

$$t_0 = -\frac{d + ax_0 + by_0 + cz_0}{a \cdot l + b \cdot m + c \cdot n}$$

h. Intersecția a două plane:

i. Fie sistemul ecuațiilor care definesc două plane:

$$\begin{cases} a_1 \cdot x + b_1 \cdot y + c_1 \cdot z + d_1 = 0 \\ a_2 \cdot x + b_2 \cdot y + c_2 \cdot z + d_2 = 0 \end{cases}$$





unde parametrii a, b, c, d sunt parametrii definatorii ai planului.

B. Dacă evoluția concentrației de oxigen și metan respectă relația:

$$c_{CH_4} + c_{O_2} = \text{constant}$$

C. Scrierea relațiilor care definesc punctele de interes și a limitelor triunghiului de explozivitate:

a. O(0;0;0); M(0;21;0); P(100;0;0); A(5; 19;95;0); B(10;12;0); C(15; 17;85;0); N(100-cCO<sub>2</sub>/0,21;0;0)

b. Relația dreptei (MP):

$$y - 21 = \frac{0-21}{100-0} \cdot (x - 0) \rightarrow y = -0,21x + 21$$

c. Relația dreptei (MN) și ținând cont că oxigenul introdus prin aeraj participă la fenomene oxidative din subteran, avem:

$$y - 21 = \frac{0-21}{(100-\frac{cCO_2}{21})-0} \cdot (x - 0) \rightarrow y = -\frac{21}{100-\frac{cCO_2}{21}}x + 21$$

d. Relația dreptei (MB):

$$y - 21 = \frac{12-21}{10-0} \cdot (x - 0) \rightarrow y = -0,9x + 21$$

e. Relația dreptei (AB):

$$\begin{cases} y = -1,59x + 27,9 \\ -1,59 \\ 27,9 \end{cases}$$

din:

$$y - 19,95 = \frac{12-19,95}{10-5} \cdot (x - 5) \rightarrow y = -1,59x + 27,9$$

f. Relația dreptei (BC):

$$\begin{cases} y = 1,17x + 0,3 \\ 1,17 \\ 0,3 \end{cases}$$

din:

$$y - 12 = \frac{17,85-12}{15-10} \cdot (x - 10) \rightarrow y = 1,17x + 0,3$$

g. Dacă se compară panta dreptei (MN) cu panta dreptei (MB) rezultă concentrația de la care amestecul devine neexploziv:

$$\begin{cases} c_{CO_2} \geq 17,03 \\ 17,03 \end{cases}$$

din:

$$-\frac{21}{100-\frac{cCO_2}{21}} \leq -0,9 \rightarrow c_{CO_2} \geq 17,03$$

h. Coordonatele punctelor K și R se pot determina din intersecția dreptelor (MN) cu (AB) respectiv cu (BC):

$$\text{Pentru punctul K avem: } \begin{cases} y = -\frac{21}{100-\frac{cCO_2}{21}}x + 21 \\ y = -1,59x + 27,9 \\ -1,59 \\ 27,9 \end{cases}$$



$$\text{Pentru punctul R avem: } \begin{cases} y = - \frac{21}{100 - \frac{c_{CO_2}}{21}} x + 21 \\ y = 1,17x + 0,3 \end{cases}$$

i. Dacă evoluția concentrației de oxigen și metan respectă relația:

$$c_{CH_4} + \frac{c_{O_2} + c_{CO_2}}{21} = \text{constant}$$

Se poate face predicția de timp a intrării și ieșirii din prisma de explozivitate utilizând extrapolarea liniară care va lua în considerare numai concentrația de metan și abscisele punctelor K și R definite anterior.

$$t_c = f(c_{CH_4}, x_K, x_R)$$

D. Dacă evoluția concentrației de oxigen și metan nu mai este liniară:

$$c_{CH_4} + \frac{c_{O_2} + c_{CO_2}}{21} \neq \text{constant}$$

a. Atunci amestecul este exploziv dacă este satisfăcută relația:

$$\begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix} = 0$$

În mod asemănător se poate defini o pseudo-metrică (distanță Ex generalizată) pentru cazul general conform relației:

$$f(c_{CH_4}, c_{O_2}) = \begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{vmatrix}$$

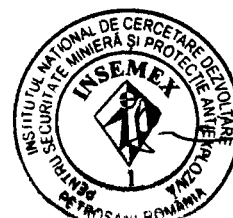
Dacă

$$f(c_{CH_4}, c_{O_2}) = 0$$

atunci amestecul este exploziv.

Relația pentru determinarea distanței Ex generalizate, este definită în condițiile în care se explicitează distanța de la punctul X ( $CH_4^X, O_2^X, t^X$ ), de pe dreapta MN, punct care definește atmosfera monitorizată la un moment dat, și punctul X ( $CH_4^K, O_2^K, t^K$ ) de pe planul anterior al prisme de explozivitate respectiv X ( $CH_4^R, O_2^R, t^R$ ) de pe planul posterior al prisme de explozivitate fără a lua în considerare traiectoria punctului X ( $CH_4^X, O_2^X, t^X$ ) în interiorul prisme de explozivitate. Dreapta MN este cuprinsă în spațiu într-un plan care intersectează prisma de explozivitate, iar punctele X ( $CH_4^K, O_2^K, t^K$ ) și X ( $CH_4^R, O_2^R, t^R$ ) sunt amplasate pe drepte perpendiculare pe planul  $CH_4 - O - O_2$ , generate de intersecția planului care cuprinde dreapta MN și suprafețele anterioară și posterioară ale prisme de explozivitate.

b. Pentru a implementa variația a distanței Ex generalizate și pentru situația în care amestecul de gaze este în interiorul triunghiului de explozivitate s-a completat definiția acesteia cu relațiile de mai jos:



$$f_+(c_{CH_4}, c_{O_2}) = \sqrt{\left\| \begin{matrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \end{matrix} \right\|^2 + \left\| \begin{matrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_A & y_A & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{matrix} \right\|^2 + \left\| \begin{matrix} c_{CH_4} & c_{O_2} & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{matrix} \right\|^2 - \left\| \begin{matrix} x_A & y_A & 1 \\ x_B & y_B & 1 \\ x_C & y_C & 1 \end{matrix} \right\|^2}$$

Dacă

$$f_+(c_{CH_4}, c_{O_2}) = 0$$

atunci amestecul este exploziv.

Pentru a putea face predicția de ieșire din zona de pericol se aplică relația de mai jos.

$$f_-(c_{CH_4}, c_{O_2}) = (-1) \cdot \min \left( \frac{|m_1 \cdot c_{CH_4} - 1 \cdot c_{O_2} + n_1|}{\sqrt{m_1^2 + 1}}, \frac{|m_2 \cdot c_{CH_4} - 1 \cdot c_{O_2} + n_2|}{\sqrt{m_2^2 + 1}} \right)$$

Ultimele trei relații, sunt definite în condițiile în care se explicitează distanța de la punctul  $X_0 (CH_4^{x_0}, O_2^{y_0}, t^{x_0})$ , amplasat la intersecția bisectoarelor triunghiului de explozivitate respectiv pe linia generată de intersecția planelor bisectoare ale prisme de explozivitate, la punctul  $X(CH_4^x, O_2^y, t^x)$  care definește atmosfera monitorizată la un moment dat, punct  $X$  situat în interiorul prisme de explozivitate și cel mult de pe planele anterior, posterior sau superior al prisme de explozivitate fără a lua în considerare traiectoria punctului  $X(CH_4^x, O_2^y, t^x)$  în exteriorul prisme de explozivitate.

#### A. Variația liniară

Pentru verificarea modelului teoretic prezentat pentru pseudometrica definită prin funcția (f) denumită „distanța Ex generalizată” se trasează variația punctul  $X(CH_4^x, O_2^y, t^x)$  care definește atmosfera monitorizată la un moment dat, după dreapta portocalie din fig.3. în intervalul 0÷40% CH4.

Graficul a fost realizat în condițiile în care variația corelată liniară a concentrației de O2 și CH4 se realizează la o concentrație de CO2 de 20% (0,2% Vol.).

În diagrama din figura 4. se observă variația valorii distanței Ex generalizate.

Pentru a evidenția corelația distanței Ex generalizate s-a suprapus graficul distanței Ex și a rezultat diagrama din figura 5.

Cu ajutorul acestui grafic se poate realiza prognosticarea timpului critic  $t_c$ , utilizând extrapolarea liniară pentru intrarea și ieșirea din triunghiul de explozivitate considerând o relație liniară între variația concentrației oxigenului și a metanului.

#### B. Variația neliniară

Pentru a demonstra eficiența „distanței Ex generalizate”, se alege în continuare un model neliniar de variația a concentrației oxigenului și metanului. Rezultatul simulării este prezentat în graficul cu linie roșie întreruptă din figura 6.

În fig. 7. se prezintă prognosticarea timpului critic  $t_c$ , reprezentată cu albastru, utilizând extrapolarea liniară pentru intrarea și ieșirea din triunghiul de explozivitate considerând o relație neliniară între variația concentrației oxigenului și a metanului. Distanța Ex generalizată este reprezentată cu roșu. De asemenea pentru interiorul prisme de explozivitate a fost reprezentat parametrul stare pericol reprezentată cu roșu închis.



Aplicarea metodei de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, cuprinde următoarele etape: construirea în prima fază a diagramei triaxiale – prisma de explozivitate fig. 1, se stabilesc condițiile inițiale privind concentrațiile gazelor din exteriorul și interiorul incintei industriale, se realizează prisma de explozivitate triaxială în sistem relativ plan fig. 2., se definesc expresiile matematice spațiale pentru punct dreaptă plan, intersecția a două drepte, intersecția unei drepte cu un plan, se face predicția de timp a intrării, traversării și ieșirii din prisma de explozivitate utilizând extrapolarea liniară, se definește o pseudo-metrică specifică - distanță Ex generalizată, se stabilește dacă variația în spațiu a punctului este liniară sau neliniară, se trasează variația punctului care definește atmosfera monitorizată la un moment dat în cazul în care avem variație liniară, fig. 3, se realizează diagrama privind variația valorii distanței Ex generalizate fig. 4, se realizează diagrama, prin extrapolare liniară, pentru determinarea timpului critic fig. 5 în cazul variației liniare, se stabilește dacă variația în spațiu a punctului este liniară sau neliniară, se trasează variația punctului care definește atmosfera monitorizată la un moment dat în cazul în care avem variație neliniară, fig. 6, în final se realizează diagrama, prin extrapolare liniară, pentru determinarea timpului critic fig. 7 în cazul variației neliniare.

Metoda de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, a fost concepută în cadrul INCD INSEMEX Petroșani și poate fi utilizată pentru orice incintă, închisă sau semiînchisă, industrială sau cu destinație domestică .

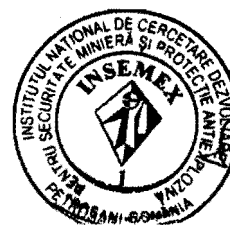
Aplicarea metodei de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive a rezultat ca o necesitate a eficientizării managementului comandamentelor pentru intervenție în caz de incidente majore precum și pentru creșterea gradului de securitate și sănătate în muncă la nivelul incintelor industriale cu pericol de formare a atmosferelor explozive.

### Bibliografie

- [1] Bardocz, V., Neac, G., Focșa, I., - *Gazeificarea subterană a lignitului – Studiu CCSM Petroșani, 1977.*
- [2] Cioclea, D. - *Metodologie privind analiza grafică în sistem 3D a mediilor potențial explozive care interacționează cu sistemele de ventilație industrială – Studiu INCD INSEMEX Petroșani, PN 16 43 02 04/2016-2017.*
- [3] Coward, H. F., Jones, G. W., - *Limits of flammability of gases and vapors, U.S. Bureau of Mines, Bulletin 503, United States Department of the Interior, Washington, 1952, USA.*
- [4] Kennedy K., Stefanski T., Davy G., Zackay V. F., - *Rapid method for determining ternary-alloy phase diagrams, Journal of applied physics, vol 36, nr. 12, 1965.*
- [5] Porter, I., Jacobs, M., - *Rapid generation of control charts for analysis of complex gas mixed in crisis situations, Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1998, 641-648.*

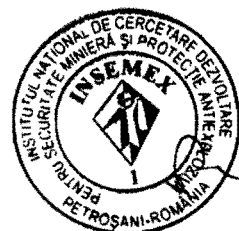


[6] Zabetakis, M. G., Stahl, R. W, Watson, H. A., - *Determining the explosibility of mine atmospheres*, U.S. Bureau of Mines, Information Circular 7901, United States Department of the Interior, Washington, 1959, USA.



## Revendicări:

Metoda de determinare a timpului critic specific unei atmosfere potențial explozive, prin caracterizarea tridimensională, a timpului critic specific atmosferelor potențial explozive, **caracterizată prin aceea că**, se construiește în prima fază a diagrama de explozivitate triaxiale – prisma de explozivitate, în sistem de coordonate CH<sub>4</sub> - O<sub>2</sub> - t, după care se stabilesc concentrațiile gazelor din exteriorul respectiv interiorul incintei monitorizate, se utilizează aparatul matematic pentru definirea unui punct, dreaptă și plan în spațiu, intersecția a două drepte, a două plane respectiv a unei drepte cu un plan în spațiu, se stabilește sistemul de monitorizare a incintei închise sau semi închise pentru metan, oxigen și timp, se realizează baza de date cu valorile parametrilor monitorizați, se definește o pseudo-metrică specifică - distanță Ex generalizată, se vizualizează pe diagrama de explozivitate triaxială pozițiile spațiale succesive ale punctelor care definesc atmosfera monitorizată care pot să fie amplasate pe traiectorii spațiale liniare sau aleatorii, în final se face predicția de timp, a timpului critic, a intrării și ieșirii din prisma de explozivitate prin utilizarea regresiei liniare sau neliniare, a punctului care definește atmosfera monitorizată.



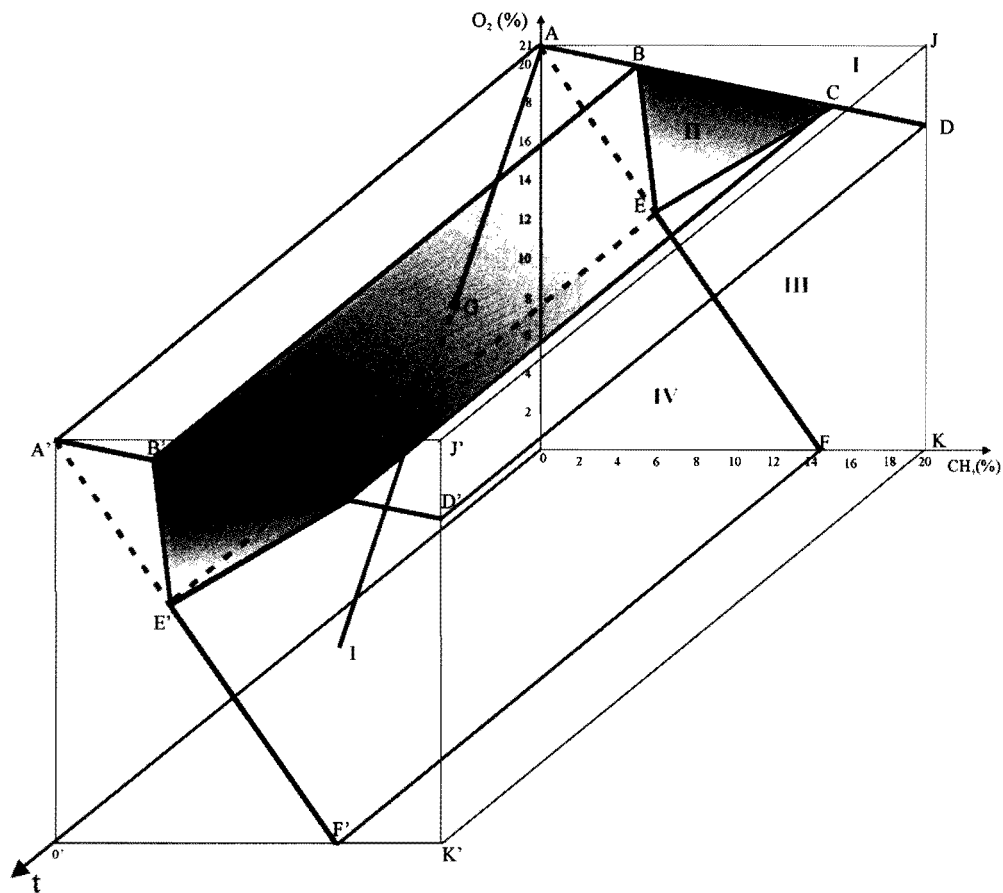


Fig. nr. 1

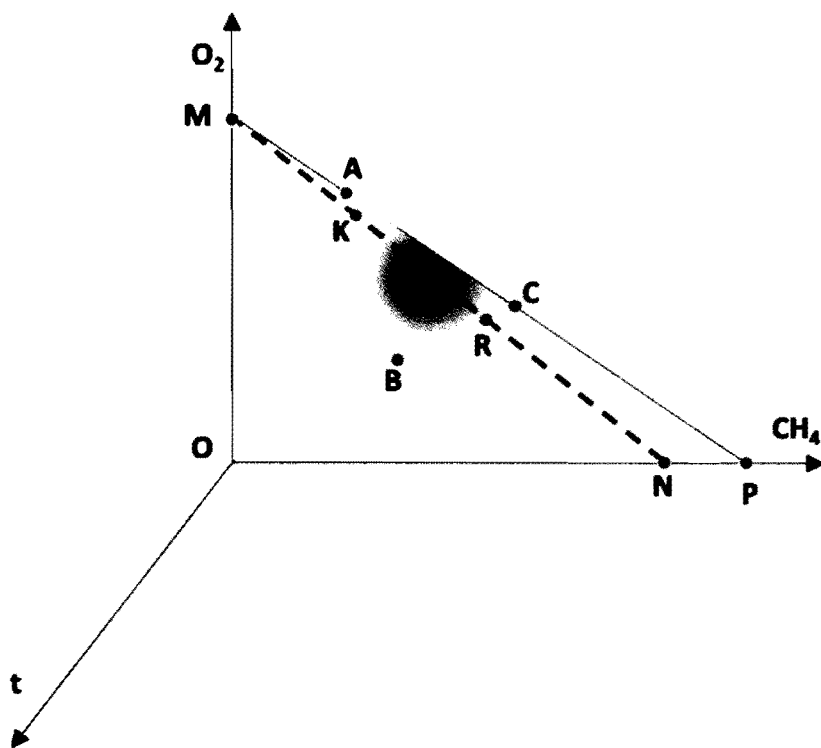


Fig. nr.2



4.

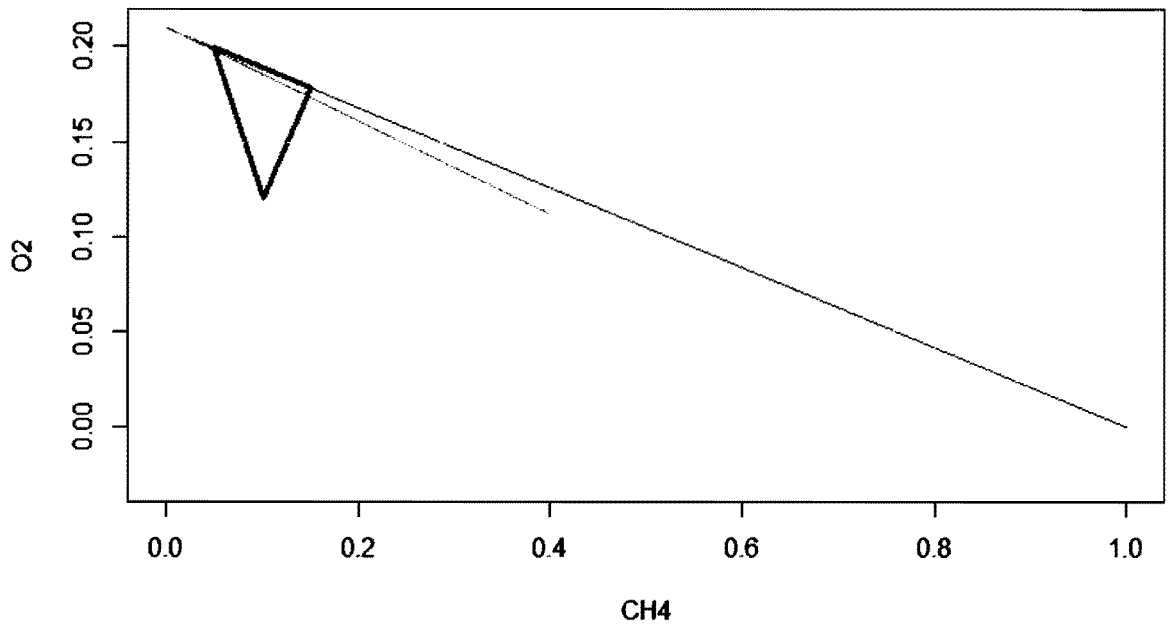


Fig. nr.3

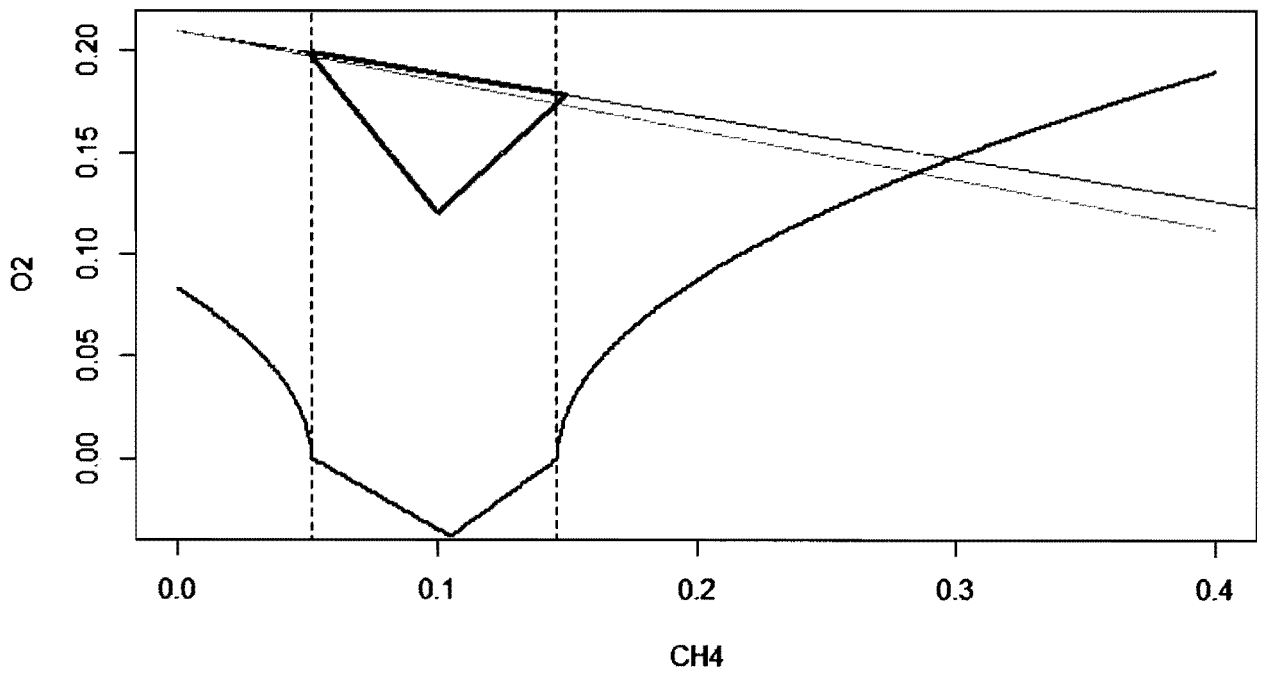


Fig. nr.4





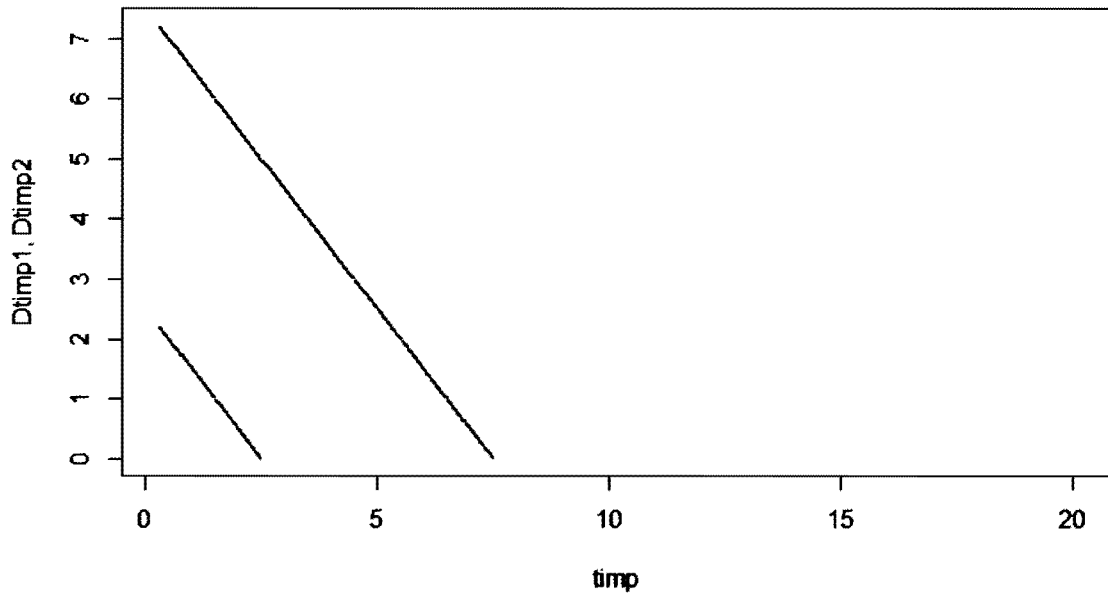


Fig. nr.5

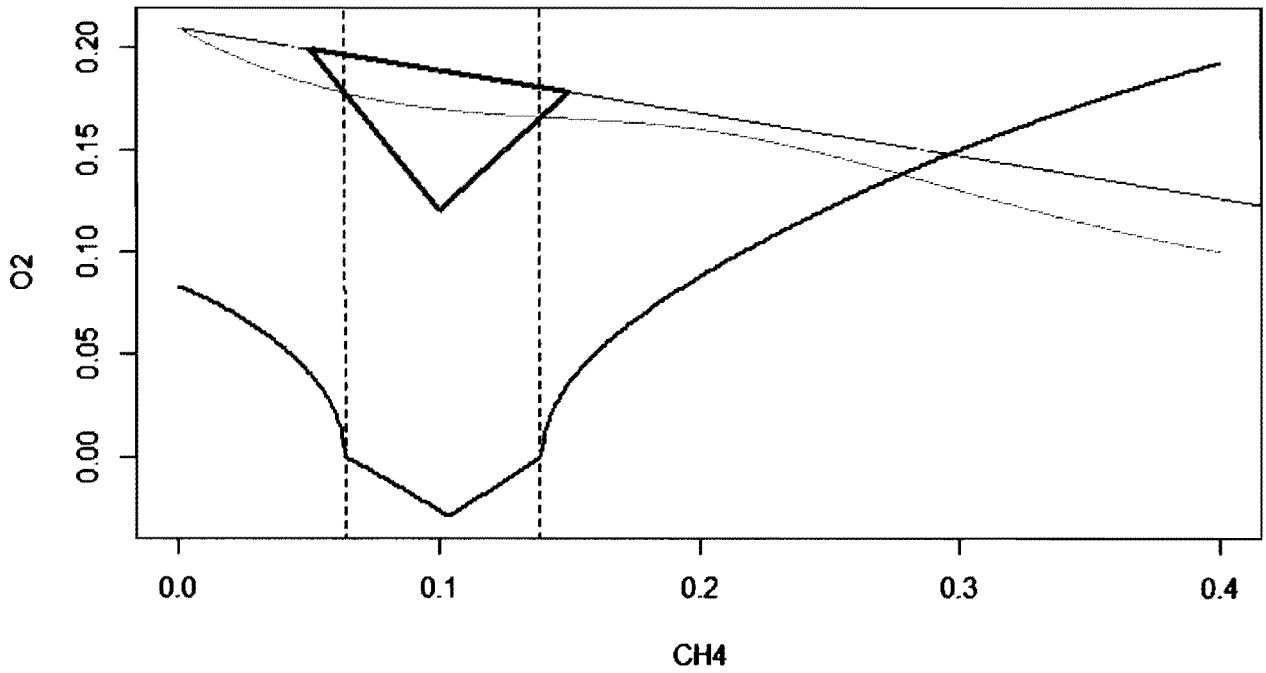


Fig. nr.6



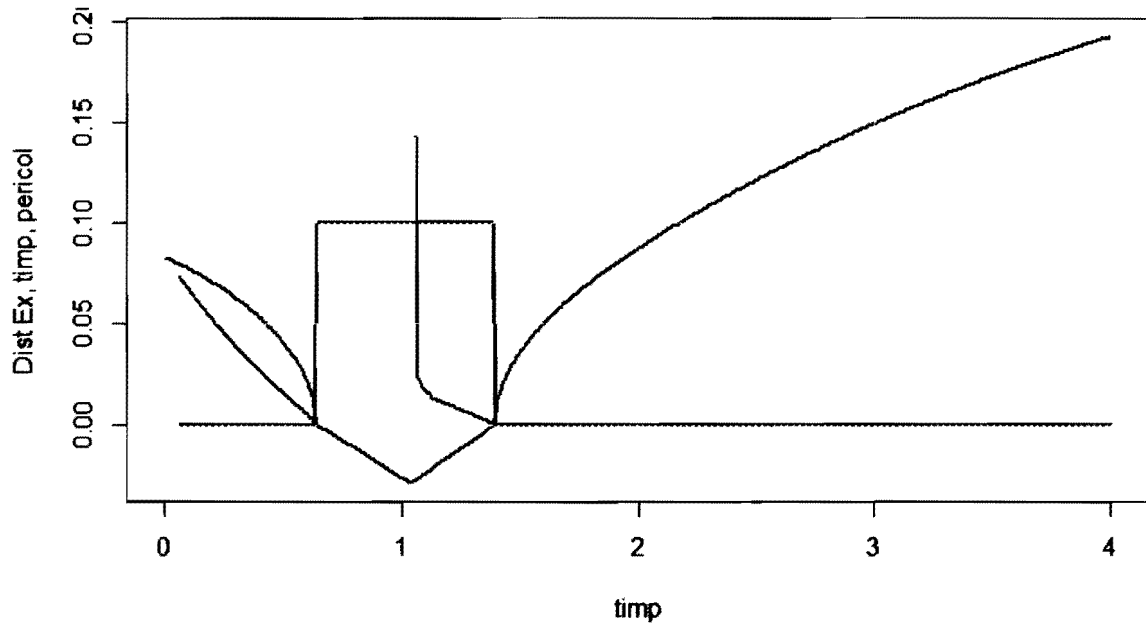


Fig. nr.7

