

RISCU DE EXPLOZIE ASOCIAT GAZELOR ȘI VAPORILOR INFLAMABILI

ing. chim. Irina Buliga, chim. Andrei Szöllösi - Moța
INSEMEX Petroșani

Rezumat: În întreprinderile în care se procesează substanțe /preparate inflamabile, riscul de explozie este un element important, de care trebuie să țină cont politica de securitate și sănătate în muncă.

Legislația europeană, precum și legislația națională în domeniu, precizează cerințele minime pentru îmbunătățirea securității și protecția sănătății lucrătorilor care pot fi expuși riscului de explozie datorat atmosferelor explozive.

Factorii care pot genera, contribui și/sau favoriza producerea unei explozii sunt: substanțele utilizate, sursele de aprindere posibile și măsurile stabilite pentru reducerea sau eliminarea elementelor de risc. Evaluarea riscului de explozie se poate face prin mai multe metode, care au ca obiectiv final creșterea gradului de securitate și sănătate în muncă.

Cuvinte cheie: pericol de explozie, risc de explozie, explozii, atmosferă explozivă, securitate și sănătate în muncă.

I. INTRODUCERE

Riscul de explozie este unul din principalele riscuri industriale din economie fiind prezent în toate unitățile care produc, utilizează, manipulează, depozitează și transportă substanțe și preparate periculoase, respectiv produse cu proprietăți inflamabile și explozive.

Practic toate ramurile sunt afectate, pentru că pericolele datorate atmosferelor explozive apar într-o gamă largă de procese și operații.

Protecția la explozie are o importanță specială pentru securitatea și sănătatea în muncă, pentru că exploziile și detonațiile pun în pericol viața și sănătatea lucrătorilor datorită efectelor flăcărilor și presiunii gazelor rezultate, prezenței produselor nocive și consumării oxigenului din aerul atmosferic în care se găsesc lucrători.

De asemenea, exploziile fac parte din riscurile majore din economie deoarece sunt legate de o evoluție necontrolată a proceselor industriale, antrenând pericole mari, imediate sau pe termen lung, atât pentru om, cât și pentru instalații interioare sau exterioare, respectiv pentru mediu.

II. LEGISLAȚIE

Legislația în domeniul securității și sănătății în muncă acordă o atenție specială evaluării riscurilor, în principal, riscului de explozie

Exploziile urmate sau nu de incendii se numără printre principalele amenințări ale utilizării substanțelor / preparatelor anorganice și organice lichide și gazoase în industrie.

Urmările exploziilor sunt considerabile, uneori catastrofale, atât pe plan economic cât și pe plan social. Din acest motiv preocupările în acest sens au condus

la adoptarea de către Parlamentul European și de către Consiliu a Directivei ATEX 1999/92/CE.

În legislația națională de securitate și sănătate în muncă, această directivă a fost transpusă prin *Hotărârea Guvernului nr. 1058 din 9 august 2006 privind cerințele minime pentru îmbunătățirea securității și protecția sănătății lucrătorilor care pot fi expuși unui potențial risc datorat atmosferelor explozive.*

În conformitate cu Legea securității și sănătății în muncă nr. 319/2006, angajatorul trebuie să întocmească un plan de prevenire și protecție cu măsuri tehnice, sanitare, organizatorice și de altă natură bazat pe evaluarea riscurilor pentru fiecare loc de muncă și care să fie revizuit ori de câte ori intervin modificări ale condițiilor de muncă, respectiv apariția unor riscuri noi.

Toate părțile implicate în domeniul securității și sănătății în muncă, în special autoritățile naționale și angajatorii, trebuie să pună în aplicare această directivă într-un mod responsabil și ferm, pentru a evita, sau cel puțin pentru a reduce la minim riscurile legate de atmosferele explozive și pentru a crea un mediu de muncă corespunzător.

Angajatorul are obligația de a evalua riscul de explozie în vederea asigurării sănătății și securității lucrătorilor și protecției bunurilor materiale și a mediului înconjurător.

Scopul evaluării și cunoașterii riscului de explozie este de a fundamenta:

- stabilirea măsurilor tehnice și/sau organizatorice pentru prevenirea și protecția la explozie, respectând următoarele principii:
 - prevenirea formării atmosferelor explozive, sau în cazul în care natura activității nu permite aceasta,
 - evitarea aprinderii atmosferelor explozive, și
 - limitarea efectelor unei explozii în vederea asigurării sănătății și securității angajaților;
- clasificarea locurilor de muncă unde pot apărea atmosfere explozive;
- alegerea, conform reglementărilor în vigoare, a echipamentelor și sistemelor protectoare destinate utilizării în atmosfere explozive;
- elaborarea *Documentului privind protecția la explozie.*

III. CONDIȚIILE PRODUCERII UNEI EXPLOZII

Exploziile de „gaze/vapori – aer” pot surveni ori de câte ori sunt îndeplinite - simultan - următoarele condiții:

- substanțele sau preparatele inflamabile/combustibile prezintă un *grad înalt de dispersie* în aer;
- concentrația substanțelor sau preparatelor inflamabile în aer 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 dm³, într-o incintă (încăpere) închisă, 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.

Explozia unui amestec exploziv, funcție de viteza de ardere, se poate manifesta sub două forme:

- Deflagrație, caracterizată printr-o undă de presiune care se dezvoltă înaintea frontului flăcării, cu viteză de la câțiva metri pe secundă până la viteza sunetului în aer (343 m/s la 20°C). Suprapresiunile care se dezvoltă, amestecul exploziv inițial fiind la presiunea atmosferică, sunt de ordinul a 4 – 10 bar.
- Detonație, în care viteza de ardere este de peste 1000 m/s, suprapresiunea dezvoltată atinge 20 – 30 bar, dar durează un timp foarte scurt. Caracteristic detonației este faptul că frontul de presiune și frontul flăcării se propagă în același timp (se suprapun în timp și spațiu).

Condițiile necesare producerii unei explozii sunt ilustrate în figura nr. 1

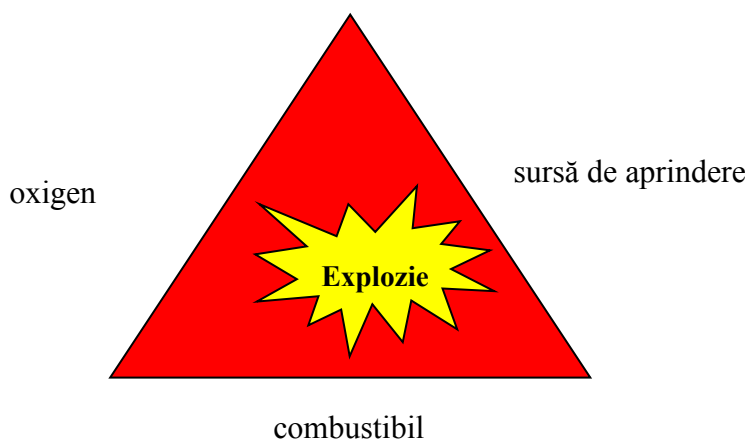


Figura nr. 1 Triunghiul exploziei

IV. SURSE DE APRINDERE / INIȚIERE

Principala condiție pentru materializarea unei explozii, urmată sau nu de incendiu, este prezența simultană a unei surse eficiente de aprindere/inițiere cu atmosfera explozivă preformată.

Capacitatea de aprindere a unei surse trebuie comparată cu susceptibilitatea la aprindere a substanței inflamabile care constituie partea combustibilă a atmosferei explozive preformate.

După probabilitatea lor de apariție, sursele de aprindere se clasifică astfel :

- surse de aprindere care pot să apară continuu sau frecvent;
- surse de aprindere care pot să apară în condiții rare;
- surse de aprindere care pot să apară în situații foarte rare.

Sunt evidențiate următoarele tipuri de surse de aprindere:

- flăcări și gaze fierbinți;
- suprafețe fierbinți;
- scânteii generate mecanic;
- aparatura electrică;
- curenți electrici vagabonzi și protecție catodică la coroziune,
- electricitate statică;
- descărcări atmosferice;
- unde de frecvență radio și unde electromagnetice $10^4\text{Hz} - 3 \times 10^{15}\text{Hz}$;
- radiații ionizante;
- ultrasunete;
- comprimare adiabatică și unde de șoc;
- reacții exotermice.

Referitor la sursa de aprindere a unei explozii, se rețin următoarele aspecte:

- influența energiei sursei de aprindere;
- influența poziției sursei de inițiere în atmosfera explozivă.

La momentul actual nu sunt disponibile reguli cantitative precise privind influența energiei de aprindere.

Pentru majoritatea amestecurilor gazoase combustibil-aer, energia de aprindere necesară inițierii unei detonații este minimă, atunci când, combustibilul se găsește în proporție apropiată de cea stoechiometrică (puțin superioară).

În cazul influenței poziției sursei de inițiere se disting două cazuri :

- sursa de aprindere se găsește în interiorul atmosferei explozive;
- sursa de aprindere se găsește la periferia atmosferei explozive.

Sursele de aprindere, generate de echipamente electrice și tehnice, sisteme protectoare și componente ale acestora, se pot clasifica în:

- surse de aprindere care pot să apară în timpul funcționării normale;
- surse de aprindere care pot să apară ca urmare a unor disfuncționalități;
- surse de aprindere generate de disfuncționalități rare.

V. CONSECINȚELE EXPLOZIILOR

Efectele dinamice

Efectul unei explozii, în special datorat mărimii undei de șoc propagate în împrejurimi, este determinat de mărimea și forma atmosferei explozive și de reactivitatea substanței inflamabile.

În vederea creării unei imagini asupra efectelor distructive dinamice și a gradului de vătămare a omului, generate de accidente cauzate de explozii, se redau din literatura de specialitate, în tabele nr. 1 și 2, efectele constatate asupra construcțiilor și a omului, în funcție de suprapresiunile aplicate, deși alți factori, ca impulsul notabil, putând juca un rol important pentru aceste efecte.

Efectele termice

Estimarea efectelor termice, generate de explozii asupra structurilor și oamenilor din zona de influență, este dificilă. Aceste efecte sunt rezultatul emisiei sau transferului de energie de la flacăra generată de o explozie la structurile și oamenii din zona de influență.

Tabel nr. 1: Efecte dinamice

Suprapresiunea din frontul undei de șoc, (bar)	Efecte
0,04 - 0,07	Spargerea geamurilor, uneori dislocări ale ramelor din lemn
0,07 - 0,15	Crăpături și îndoiri (încovoieri) ale pereților din gips; cazul plăcilor de azbociment. Dislocări, umflarea (bombarea) despărțiturilor (pereților ușori) și tavanelor din tablă ondulată, panourilor din lemn.
0,15 - 0,25	Crăpături, spărturi (fragmentări) ale pereților din beton sau din piatră, nearmați, cu grosimea de 20 - 30 cm
0,2 - 0,5	Rupturi ale rezervoarelor aeriene (hidrocarburi etc.)
0,5 - 0,6	Bombarea sau distrugerea pereților din cărămidă, nearmați, cu grosimea de 20-30 cm
0,7 - 1	Răsturnarea vagoanelor încărcate, distrugerea pereților din beton armat. Suflarea (aruncarea) pereților din cărămidă)

Tabel nr. 2: Vătămarea omului

Suprapresiunea din frontul undei de șoc, (bar)	Efecte
0,2 - 0,3	Traumatisme ușoare (contuzii, țiuitul urechilor)
0,3 - 0,5	Traumatisme mijlocii (contuzii, surditate)
0,5 - 1,0	Traumatisme grave (fracturi, hemoragii interne)
1,0	Traumatisme foarte grave, practic incompatibile cu viața
4,0 - 6,0	Moartea sigură

Emisia reprezintă fenomenul de eliberare a energiei radiante termice, iar aplicarea unei radiații termice pe un obiect se numește termoiradiere (sin. termoiradiație). Energia emisă, transportată sau primită sub formă de radiație termică constituie energia radiantă (în J), iar puterea emisă, transportată sau primită sub formă de radiație termică constituie fluxul energetic, în W, (sin. puterea radiantă).

Eficacitatea energetică a unei surse de radiație, sinonimă cu randamentul energetic corespunzător, reprezintă raportul între fluxul energetic emis și puterea consumat

Estimarea efectelor termice ale exploziilor asupra oamenilor este mai dificilă, întrucât este dependentă de numeroși factori, dintre care notabili sunt natura și mărimea termoiradiației, vârsta persoanelor expuse și rapiditatea de acțiune pentru salvare. Efectele radiației termice a flăcării descrise asupra oamenilor rezultă din tabelul 3.

Tabel nr. 3: Efectele radiației termice a flăcării deschise asupra ființelor umane

Densitatea fluxului energetic, respectiv densitatea puterii radiante		Pragul de suferință (durere) fiziologică	Durata după care survine bășicarea pielii
kcal/(m ² .h)	W/m ²	s	s
5.425	6.310	8	20
14.377	16.720	-	5

Efectele termice ale flăcării asupra unor materiale combustibile, dar mai ales asupra lucrătorilor afectați, sunt dependente de intensitatea radiațiilor precum și de durata de expunere la aceste radiații.

Durata de expunere la radiații termice, care depinde de compoziția, cantitatea și temperatura produsului inflamabil din amestecul exploziv, este de scurtă durată (de ordinul a câtorva zeci de secunde pentru un volum de atmosferă explozivă de circa 1000 m³).

În cercetările sale, Less a stabilit că efectele termice asupra oamenilor sunt dependente de următorii factori:

- fluxul energetic transferat;
- protecția asigurată de către haine:
- eventuala aprindere a hainelor;
- severitatea arderilor;
- tratamentul medical al arderilor.

VI. METODE DE EVALUARE A RISCULUI DE EXPLOZIE

În decursul timpului au fost elaborate mai multe metode de evaluare a riscului de explozie, cu abordarea de multe ori unilaterală a unor aspecte. Indiferent de metoda folosită, evaluarea riscului de explozie este structurată pe următoarele etape ce sunt prezentate în figura nr. 2.

Metodele de evaluare a riscului de explozie se pot clasifica în:

- metode calitative: evaluarea pericolului, matrici de risc;
- metode semicantitative: analiza arborelui de defecte, analiza arborelui de evenimente;
- metode cantitative: metodele consecințelor.

Evaluarea calitativă a riscului de explozie constă în examinarea sistematică a situațiilor care pot să cauzeze vătămări oamenilor și daune materiale, adoptarea deciziilor în sensul dacă precauțiile existente și/sau măsurile de control sunt corespunzătoare și necesitatea unor acțiuni ulterioare pentru a preveni consecințele nedorite / vătămrile.

Evaluarea cantitativă a riscului (QRA) presupune calculul numeric al riscului, utilizând valori exacte a probabilității evenimentului și indicatori fizici /financiari în exprimarea mărimii consecințelor. Evaluarea cantitativă a riscului este una din tehnicile cele mai sofisticate, laborioase și costisitoare metode de evaluare a riscului și se utilizează numai acolo unde aduce beneficii clare.

Evaluarea riscului de explozie se efectuează independent de situația dacă sursele de aprindere sunt prezente sau pot să apară și să fie active.

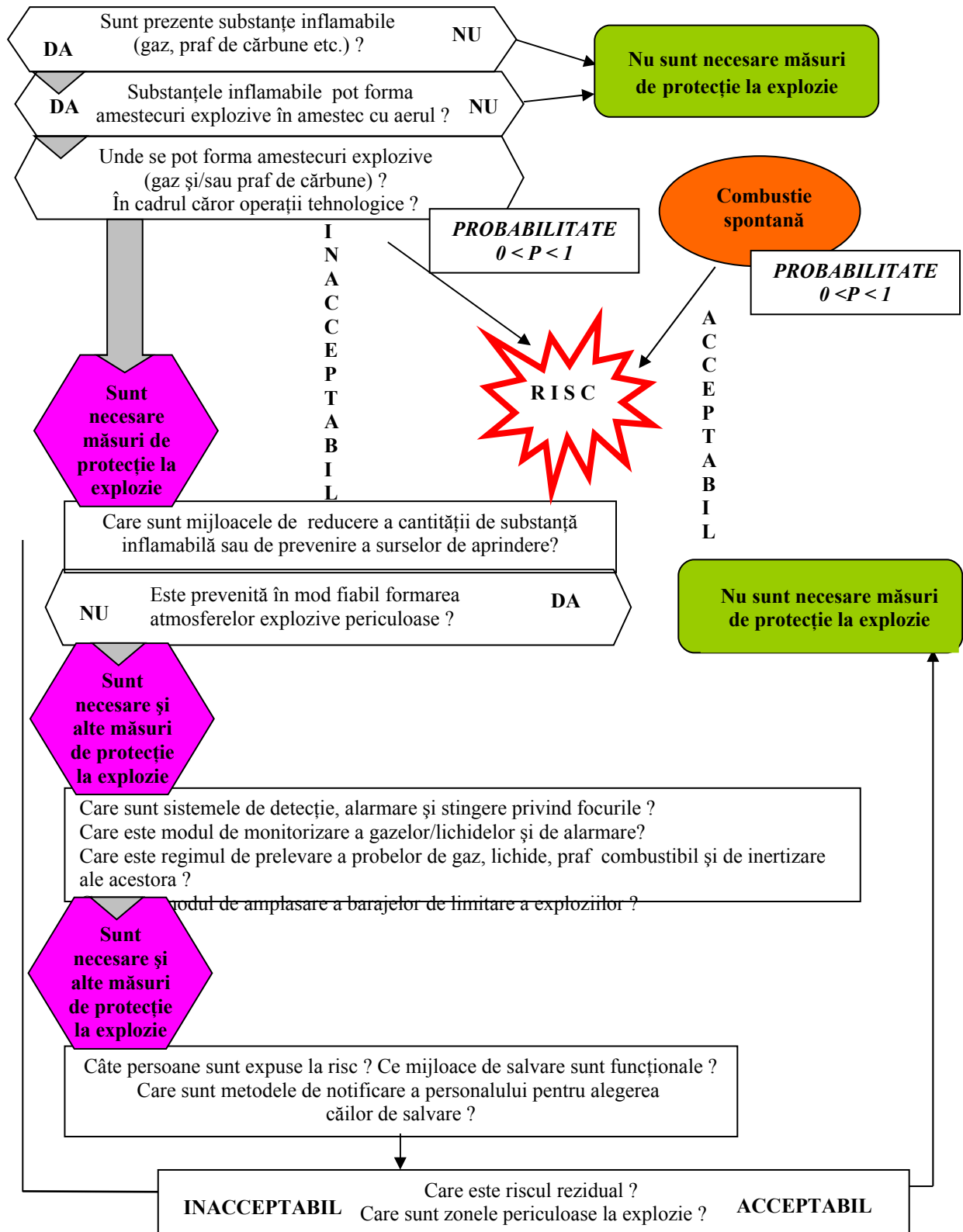


Figura nr. 2 Diagrama de evaluare a riscului de explozie

VII. ESTIMAREA RISCULUI DE EXPLOZIE

Estimare și ierarhizarea riscurilor permite identificarea riscurilor grave care trebuie prevenite primele. Prioritatea se stabilește ținând cont de expunerea lucrătorilor și de riscul de accidentare, rănire sau îmbolnăvire a acestora. Atribuirea unei priorități riscurilor permite stabilirea ordinului de prioritate și a planului de măsuri corective care trebuie luate imediat.

Analizor de risc

Clase de gravitate	GRAVITATE
1	Accident sau îmbolnăvire fără întreruperea lucrului
2	Accident sau îmbolnăvire cu întreruperea lucrului
3	Accident mortal

Clase de expunere	EXPUNERE
1	Rară și/sau de scurtă durată
2	Frecventă și/sau de lungă durată

Clase de probabilitate	PROBABILITATE	
	Probabilitatea de apariție a unui eveniment periculos	Probabilitatea de apariție a daunelor
1	Mică/redușă	Puțin probabilă
2	Medie	Probabilă
3	Mare/ridicată	Foarte probabilă

Clase de evitare	EVITAREA EVENIMENTULUI PERICULOS
1	Corespunzătoare
2	Parțială

Categoriile de risc		RISC	PRIORITATE
D	1 - 4	Risc mic	4
C	5 - 7	Risc mediu	3
B	8 - 10	Risc mare	2
A	11 - 14	Risc foarte mare	1

Definirea nivelurilor de risc:

- *Risc mic*: Acest risc este considerat acceptabil. Este necesar a se asigura că măsurile luate sunt aplicate permanent.
- *Risc mediu*: Este necesară diminuarea riscului la nivel acceptabil.
- *Risc mare*: Eforturi importante trebuie depuse pentru reducerea riscului. Măsurile care vizează reducerea riscului trebuie să fie luate de urgență, într-o perioadă de timp definită.
- *Risc foarte mare*: Aceste riscuri sunt inacceptabile. Ameliorări importante, constând în măsuri de reducere a riscurilor, sunt necesare astfel încât să se realizeze reducerea riscurilor la un nivel acceptabil.

Matricea riscului

Gravitate Expunere		Probabilitate					
		1		2		3	
1	1	1	2	3	4	5	6
		3	4	5	6	7	8
2	1	5	6	7	8	9	10
	2	7	8	9	10	11	12
3	1	9	10	11	12	13	14
	2						
		1	2	1	2	1	2

Evitare

Priorități:

	Prioritatea 1
	Prioritatea 2
	Prioritatea 3
	Risc acceptabil

VIII. MĂSURI DE PREVENIRE ȘI COMBATERE

Din gama riscurilor industriale cunoscute, riscul asociat exploziilor ridică cele mai mari dificultăți, mai ales pentru estimarea lui.

Estimarea riscului asociat exploziilor presupune aprecierea gravității consecințelor maxime previzibile ale acestora materializate prin distrugerii, de diferite grade, ale obiectivelor din zona de influență și accidente umane.

Eliminarea riscului de explozie implică, în primul rând, identificarea cauzelor de producere a acestuia, iar în al doilea rând, respectarea cu strictețe a regulilor și măsurilor de prevenire specifice.

Eliminarea sau reducerea la minimum a riscului se realizează prin aplicarea principiilor de bază ale prevenirii exploziei și protecției împotriva exploziei.

a) Prevenire:

- evitarea atmosferelor explozive. Acest obiectiv se poate realiza, în principal, prin asigurarea menținerii concentrației substanței inflamabile în aer la valori în exteriorul domeniului de explozivitate sau prin menținerea concentrației de oxigen sub valoarea limită când nu mai este posibilă arderea;
- evitarea tuturor surselor de aprindere efective posibile.

b) Protecție:

- limitarea efectelor exploziilor la o limită acceptabilă prin măsuri de protecție constructive. Spre deosebire de cele două măsuri descrise mai sus, în acest caz se acceptă producerea unei explozii.

IX. CONCLUZII

Exploziile sunt procese cu dezvoltare rapidă atât timp cât sunt întrunite condițiile producerii lor.

Atât la nivel mondial cât și național, substanțele combustibile au produs explozii cu un număr mare de victime datorate flăcării și presiunii devastatoare sau gazelor sufocante ale exploziei, precum și daune materiale mari.

Pe parcursul anilor tematica riscului de explozie a fost dezvoltată în funcție de progresul tehnic înregistrat.

Pentru lărgirea bazei de date existente se consideră necesară rezolvarea unor cazuri particulare din economie prin simularea acestora în laborator.

X. BIBLIOGRAFIE

1. Baron Octavia, *Riscul de explozie*, Editura Europrint, Oradea, 2004
2. Baron Octavia, *Evaluarea riscului de explozie – Ghid metodologic*, Editura Europrint, Oradea, 2004
3. SR EN 1127-1: 2008 „Atmosfere explozive. Prevenirea și protecția la explozii. Partea 1: Concepte fundamentale și metodologie”;
4. Ghidul de bună practică, cu caracter necoercitiv, elaborat de Comisia europeană, în conformitate cu cerințele Directivei 1999/92/CE (ATEX);
5. Legea securității și sănătății în muncă nr. 319/2006