

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI
ELECTRICĂ**



***TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT***

***PERFEȚIONAREA METODELOR DE EVALUARE A NIVELULUI DE
PROTECȚIE LA EXPLOZIE PENTRU ECHIPAMENTELE CARE
FUNȚIONEAZĂ ÎN ATMOSFERE POTENȚIAL EXPLOZIVE***

**Conducător Științific
Prof.univ.dr.ing. Sorin Mihai RADU**

**Doctorand
Ing. Vlad Mihai PĂSCULESCU**

**Petroșani
2014**

Cuvinte Cheie: arie periculoasă, atmosferă explozivă, echipament electric, echipament neelectric, protecție la explozie, sursă de degajare, tip de protecție

Introducere

Capitolul 1 Reglementări privind Echipamentele Destinate Utilizării în Atmosfere Explozive

Capitolul 2 Analiza și Studiul Modurilor de Protecție Standardizate Aplicate Echipamentelor Tehnice Protejate la Explozie

Capitolul 3 Considerații privind Clasificarea Ariilor Periculoase Generate de Gaze/Vapori/ Cețuri/Prafuri Inflamabile

Capitolul 4 Contribuții privind Modernizarea Metodelor de Determinare a Parametrilor ce Caracterizează Ariile Periculoase Generate de o Sursă de Degajare

Capitolul 5 Contribuții privind Optimizarea Selecției Echipamentelor Tehnice Utilizate în Atmosfere Potențial Explozive

Capitolul 6 Concluzii Finale și Contribuții Personale

Bibliografie

Anexa 1 Codul sursă al aplicației informatice "Selector Echipamente Tehnice Utilizate în Atmosfere Potențial Explozive"

Prevenirea și protecția împotriva exploziilor reprezintă o importanță majoră pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor deoarece exploziile pun în primejdie viața și sănătatea oamenilor ca un rezultat al efectelor necontrolate ale flăcărilor și presiunii (radiații fierbinți ,flăcări, unde de presiune, particule proiectate – sfărâmături zburate), prezenței produselor de reacție toxice și consumului de oxigen din aerul pe care trebuie să-l inspire aceștia. În plus, daunele materiale în cazul unei explozii pot fi deosebit de mari.

Riscurile de explozie pot să apară în toate activitățile în care sunt implicate substanțe inflamabile. Acestea pot include multe din materiile prime, produse intermediare, produse finale și deșeuri din procesul obișnuit de producție. Practic toate ramurile sunt afectate, pentru că pericolele de la atmosferele explozive apar într-o gamă largă de procese și operații.

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.

Relevanța lucrării în vederea dezvoltării cunoașterii științifice reiese din faptul că în instalațiile industriale în care se procesează, transportă sau depozitează substanțe inflamabile și/sau combustibile este probabilă prezența unei atmosfere explozive, astfel existând un pericol de explozie intempestiv. În acest sens, din punct de vedere al nivelului de protecție la explozie, echipamentele tehnice utilizate în ariile cu pericol de explozie trebuie să fie alese, instalate și operate corect, în vederea creșterii gradului de securitate și sănătate în muncă, prin reducerea accidentelor de muncă și a pierderilor economice neplanificate generate de evenimente de tip explozie. Soluțiile propuse în cadrul tezei au condus atât la evidențierea caracteristicilor privind identificarea și evaluarea riscului de explozie, caracteristicile privind parametrii care intervin în producerea unei explozii și cei de securitate la explozie pentru echipamentele tehnice utilizate în atmosfere explozive, cât și la realizarea unei aplicații informatice de optimizare a selecției echipamentelor tehnice destinate utilizării în industriile care prezintă pericol de atmosfere explozive generate de gaze / vapori / cețuri /

prafuri combustibile, dezvoltată în concordanță cu cerințele tehnice și de securitate specificate în directivele și standardele europene în domeniu.

Prin intermediul cercetărilor realizate în vederea elaborării tezei s-au urmărit câteva **obiective** notabile:

- a) Documentare privind reglementările în vigoare referitoare la echipamentele tehnice destinate utilizării în atmosfere explozive
 - b) Documentare și analiză asupra stadiului actual privind condițiile tehnice impuse echipamentelor din mediile cu pericol de explozie
 - c) Studiu parametrilor care definesc atmosferele explozive
 - d) Analiza factorilor care intervin în producerea unei explozii
 - e) Studiu și documentare privind elementele care determină întinderea zonelor periculoase în jurul surselor de degajare, pornind de la principiile care se aplică în zonarea industrială
 - f) Utilizarea tehnicilor CFD (Computational Fluid Dynamics) pentru realizarea unei zonări Ex precise
 - g) Analiza și studiul modurilor de protecție la explozie pentru echipamentele tehnice care funcționează în atmosfere potențial explozive
 - h) Elaborarea unei aplicații informatice care să permită optimizarea selecției echipamentelor tehnice din instalațiile tehnologice care funcționează în atmosfere potențial explozive, pornind de la parametri și factorii studiați și analizați
- În scopul atingerii obiectivelor propuse în cadrul tezei au fost desfășurate următoarele

activități de cercetare:

- a) Documentare referitoare la reglementările în vigoare privind echipamentele destinate utilizării în atmosfere explozive
- b) Analiza parametrilor care definesc atmosferele explozive și factorii care intervin în producerea unei explozii
- c) Documentare privind conceptele fundamentale de prevenire și protecție la explozie în industriile cu pericol de explozie intempestivă
- d) Sinteză privind criteriile de selectare a echipamentelor tehnice destinate utilizării în atmosfere explozive
- e) Identificarea soluțiilor tehnice ce trebuie aplicate pentru selectarea și utilizarea echipamentelor electrice și neelectrice protejate la explozie, funcție de grupa și modul lor de protecție
- f) Documentare și analiză asupra modurilor de protecție aplicate echipamentelor electrice și neelectrice utilizate în atmosfere explozive generate de gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile precum și cele utilizate în ariile periculoase generate de prafuri, fibre sau scame combustibile
- g) Evidențierea conceptelor fundamentale de prevenire și protecție la explozie în industriile cu pericol de explozie intempestivă
- h) Analiza elementelor parametrilor specifici pentru clasificarea ariilor periculoase Ex generate de gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile precum și parametrii specifici utilizați pentru zonarea ariilor generate de prafuri, fibre sau scame combustibile
- i) Studiu privind elementele care determină întinderea zonelor periculoase în jurul surselor de degajare, pornind de la principiile care se aplică în zonarea industrială
- j) Calcule teoretice privind degajările de gaz combustibil la apariția unor neetanșități/defecte
- k) Utilizarea tehnicilor de dinamica computerizată a fluidelor în procesul de clasificare a ariilor periculoase generate de gaze, vapori, cețuri inflamabile
- l) Studiu comparativ privind utilizarea metodelor convenționale de zonare și a tehnicii de simulare computerizate în procesul de clasificare a ariilor periculoase Ex
- m) Elaborare schemă logică pentru optimizarea selecției echipamentelor tehnice destinate utilizării în atmosfere explozive

- n) Dezvoltare aplicație informatică care să permită alegerea corectă a echipamentelor tehnice utilizate în atmosfere explozive, pornind de la parametri și factorii studiați și analizați

Teza este structurată pe cinci capitole, la care se adaugă o listă cu abrevieri și simboluri, partea de Introducere, un capitol de Concluzii Finale și Contribuții Personale, o parte de Bibliografie și una de Anexe.

Primul capitol intitulat "**Reglementări privind echipamentele destinate utilizării în atmosfere explozive**" constituie o sinteză a conceptelor fundamentale pentru prevenirea și protecția la explozie a echipamentelor utilizate în arii explozive, precum și principalele reglementări în vigoare cu privire la echipamentele tehnice destinate utilizării în atmosfere explozive. În domeniul protecției la explozie, în legislația națională au fost transpuse cele două Directive Europene, așa-zise Directive ATEX, care reglementează punerea pe piața europeană a produselor destinate folosirii în atmosfere potențial explozive, respectiv utilizarea lor în condiții de siguranță;

În ultimii ani, România a cunoscut o dinamică deosebită în ceea ce privește soluțiile tehnice opționale cu privire la condițiile de utilizare a echipamentului tehnic în spații cu pericol de atmosferă explozivă oferite prin standarde, atât în ce privește numărul acestora cât și în privința gradului de detaliere a cerințelor tehnice;. Standardele pot fi utilizate ca ghid pentru utilizatorii de echipamente, sisteme protectoare și componente la aprecierea riscului de explozie la locul de muncă și la selectarea echipamentelor, sistemelor protectoare și componentelor corespunzătoare;

Prevenirea exploziilor și protecția împotriva exploziilor prezintă o importanță majoră pentru securitatea și sănătatea lucrătorilor deoarece exploziile pun în primejdie viața și sănătatea oamenilor ca un rezultat al efectelor necontrolate ale flăcărilor și presiunii (radiații fierbinți, flăcări, unde de presiune, particule proiectate – sfărâmături zburate), prezenței produselor de reacție toxice și consumului de oxigen din aerul pe care trebuie să-l inspire aceștia. În plus, daunele materiale în cazul unei explozii pot fi deosebit de mari;

Noile concepte de prevenire și protecție la explozie dezvoltă noi strategii de prevenire a propagării exploziilor sau limitare a efectelor exploziilor, ceea ce impune luarea în considerare a aspectelor legate de închiderea (limitarea, restrângerea, delimitarea, capsularea) amestecului exploziv. De asemenea, trebuie luate în considerare și aspectele legate de faptul că pentru a putea considera un praf ca fiind combustibil, el trebuie să fie exploziv – să fie în suspensie în aer, să aibă o distribuție a mărimii particulelor capabilă să propage arderea și o concentrație în limitele de explozivitate. Cerința de prevenire a exploziilor poate fi exprimată astfel: probabilitatea ca o sursă de aprindere să apară în același timp cu o atmosferă explozivă să fie minimă. Rezultă că se stabilesc cerințe specifice pentru echipamente și sisteme protectoare pentru domenii de utilizare specifice.

În următorul capitol intitulat "**Analiza și studiul modurilor de protecție standardizate aplicate echipamentelor tehnice protejate la explozie**" este prezentată clasificarea echipamentelor electrice și neelectrice conform legislației în vigoare. Tot în acest capitol sunt detaliate criteriile pentru selectarea echipamentelor în funcție de grupa, categoria și tipul de protecție la explozie.

Directiva 94/9/EC definește următoarele tipuri de grupe și categorii de echipamente: Echipamente grupa I – minerit: Categoriile M1, M2; Echipamente grupa a II-a - echipamente destinate utilizării în locuri periclitare de atmosfere explozive altele decât cele pentru Grupa I: Categoria 1, Categoria 2 și Categoria 3. De asemenea noile reglementări au introdus termenul de nivel de protecție al echipamentului EPL (Equipment Protection Level): Ga, Gb, Gc pentru gaze și Da, Db, Dc pentru echipamentele destinate folosirii în atmosfere potențial explozive generate de prafuri combustibile în aer, echivalente categoriilor 0, 1, 2. Astfel rezultă o nouă clasificare pe grupe și categorii: Grupa I – minerit; Grupa II (A, B, C) – gaze suprafață; Grupa III (A, B, C) – prafuri.

Conform Directivei 94/9/CE transpusă în legislația națională (HG 752/2004 cu completările aduse de HG 461/2006), se admite introducerea pe piață și/sau punerea în funcțiune a produselor Ex (echipamentelor, sistemelor protectoare și dispozitivelor Ex) numai dacă nu periclitează securitatea și sănătatea persoanelor sau, după caz, a animalelor domestice ori a bunurilor, atunci când sunt corespunzător instalate, întreținute și utilizate conform destinației lor. Pentru aceasta echipamentele, sistemele protectoare și dispozitivele de securitate Ex trebuie să satisfacă cerințele esențiale pentru sănătate și securitate (CESS), prevăzute în anexa nr. 2 a Directivei care le sunt aplicabile ținându-se seama de utilizarea destinată.

Tipul de protecție la explozie reprezintă acele măsuri specifice aplicate echipamentului electric și/sau neelectric pentru a evita aprinderea unei atmosfere explozive înconjurătoare; Din punct de vedere constructiv, echipamentele electrice pot avea mai multe tipuri de protecție specificate de producător în marcaj, conform cerințelor din standardele aplicabile. Tipurile de protecție pentru echipamentele electrice sunt clasificate după cum urmează: Securitate intrinsecă "i", Încapsulare "m", Capsulare antideflagrantă "d", Protecție prin carcasă "t", Securitate mărită "e", Capsulare presurizată "p", Imersiune în ulei "o", Umplere cu pulbere "q", Tip de protecție "n", Radiație optică "op".

Echipamentele neelectrice care funcționează în atmosfere potențial explozive trebuie să corespundă anumitor cerințe de protecție la explozie astfel încât să nu poată fi sursa de aprindere prin părțile lor mecanice știind faptul că există o atmosferă potențial explozivă și implicit există și pericolul de explozie. Din punct de vedere constructiv, echipamentele neelectrice pot avea mai multe tipuri de protecție: Securitate constructivă "c", Imersiune în lichid "k", Controlul surselor de aprindere "b", Carcase presurizate "p", Carcasă antideflagrantă "d", Protecție prin carcasă "t".

Capitolul trei intitulat "**Considerații privind clasificarea ariilor periculoase generate de gaze/vapori/ cețuri/prafuri inflamabile**" tratează aspecte legate de principiile care stau la baza clasificării ariilor periculoase, cerințele privind parametrii de proces și parametrii pentru proiectarea și construcția echipamentelor, sistemelor de protecție și componentelor.

Pornind de la principiile fundamentale de prevenire a exploziilor, proiectarea și construcția echipamentelor, sistemelor protectoare și componentelor trebuie avute în vedere, în primul rând evitarea sau reducerea cantității de atmosferă explozivă. Ori de câte ori este posibil, substanțele inflamabile trebuie să fie înlocuite cu substanțe neinflamabile sau cu substanțe incapabile să formeze atmosfere explozive. Cantitatea de material combustibil trebuie să fie redusă la minimum;

Dacă nu este posibil să se evite manipularea substanțelor capabile să formeze atmosfere explozive, formarea unor cantități periculoase de atmosfere explozive în interiorul echipamentelor, sistemelor de protecție și componentelor poate fi prevenită sau limitată prin măsuri de control al cantității și/sau concentrației. În cazul lichidelor combustibile, dacă se poate exclude o atmosferă cețoasă explozivă, obiectivul de a menține concentrația sub limita de explozie inferioară se realizează atunci când temperatura de la suprafața lichidului este întotdeauna suficient de mult sub punctul de inflamabilitate. Aceasta depinde de natura chimică și compoziția lichidului combustibil;

În cazul prafului este dificil să se atingă obiectivul de evitare a atmosferelor explozive prin limitarea concentrației, întrucât, de obicei, amestecurile praf-aer sunt neomogene. Pentru minimizarea riscului de explozie în exteriorul echipamentelor, sistemelor de protecție și a componentelor, generat de scurgerea substanțelor inflamabile, astfel de echipamente, sisteme de protecție și componente trebuie să fie proiectate, construite și acționate astfel încât să rămână, în permanență, lipsite de scurgeri.

Ventilația este foarte importantă pentru controlul efectelor degajărilor de gaze și de vapori combustibili. Aceasta poate fi utilizată în interiorul și în exteriorul echipamentelor, sistemelor de protecție și a componentelor. La prafuri, ventilația asigură protecție suficientă

doar dacă praful este extras (extracție locală) iar depozitele periculoase de praf combustibil se previn în mod fiabil.

Clasificarea ariilor periculoase este o metodă de analiză și de clasificare a mediului în care pot să apară atmosfere explozive gazoase, astfel încât să faciliteze alegerea și instalarea corectă a echipamentelor utilizabile fără pericol în acest mediu, ținând cont de grupele de gaze și de clasele de temperatură a gazelor.

Funcție de natura materialului inflamabil atmosferele explozive pot fi: atmosfere explozive gazoase când materialul inflamabil este sub formă de gaz sau vapori sau atmosfere explozive de praf când materialul inflamabil este sub formă de praf sau fibre. Conform Standardului EN 60079-10-1:2009 Atmosfere explozive. Partea 10-1: Clasificarea ariilor. Atmosfere explozive gazoase, ariile periculoase generate de gaze inflamabile sunt clasificate în zone, în funcție de frecvența apariției și durata prezenței unei atmosfere explozive gazoase, după cum urmează : zona 0, zona 1, zona 2.

Dacă s-a constatat că un element de echipament poate elibera material inflamabil în atmosferă, trebuie mai întâi să se determine gradul de degajare, conform definițiilor, constatând frecvența și durata probabilă a degajării. Prin această procedură, fiecare sursă de degajare va fi clasificată ca fiind fie „de grad continuu”, „de grad primar” sau „de grad secundar”. 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;

Sunt recunoscute trei grade de ventilație : Ventilație puternică (VP), Ventilație medie (VM), Ventilație slabă (VS) și trei niveluri de disponibilitate a ventilației trebuie luate în considerare: foarte bun, bun, mediocru. Conform SR EN 60079-10-2:2010 Atmosfere explozive. Partea 10-2: Clasificarea ariilor. Atmosfere de praf combustibil, ariile clasificate pentru atmosfere explozive de praf sunt împărțite în zone, care sunt identificate după frecvența și durata de apariție a atmosferei explozive de praf, astfel: zona 20, zona 21 și zona 22.

Penultimul capitol ”**Contribuții privind modernizarea metodelor de determinare a parametrilor ce caracterizează ariile periculoase generate de o sursă de degajare**” prezintă modalități de evaluare și estimare a extinderii unei arii periculoase, conținând metode matematice și computaționale pentru stabilirea întinderii zonelor clasificate Ex.

Deși clasificarea după sursa de degajare implică o procedura laborioasă de clasificare și cuantificare a surselor de degajare, aceasta duce la un rezultat mult mai precis, iar extinderea zonelor este mai restrânsă. În cadrul proceselor tehnologice care implică degajări de substanțe periculoase sub formă de gaze, vapori, cețuri etc., controlul concentrației acestora cu un sistem de ventilație reprezintă o alternativă bună.

Prima măsură de siguranță în contextul atmosferelor explozive o reprezintă înlăturarea sau limitarea pericolului de apariție sau formare a atmosferei explozive. În funcție de debitul de substanță periculoasă degajată se poate determina un debit minim de aer realizat prin ventilație pentru asigurarea unei diluții dorite. Suplimentar, se poate estima prin calcul, mărimea extinderii zonei periculoase și perioada de persistență a atmosferei explozive.

Volumul teoretic V_Z reprezintă volumul final pentru care media concentrației vaporilor sau a gazului inflamabil este fiecare de 0,25 sau 0,5 LEL depinzând de valoarea factorului de siguranță k . Acest lucru înseamnă că la extremele volumului teoretic estimat concentrația vaporilor sau a gazului este mult sub limita inferioară de explozivitate (LEL), adică acolo unde concentrația este deasupra limitei inferioare de explozivitate (LEL) volumul este mai mic decât V_Z .

Volumul teoretic V_Z oferă o informație despre volumul mantalei inflamabile de la sursa de degajare, însă acea manta nu este în mod normal legată de volumul ariei periculoase. Întâi forma volumului teoretic nu este definită și este influențată de condițiile de ventilare. Gradul și disponibilitatea ventilației și variațiile posibile în acești parametri influențează forma volumului teoretic. În al doilea rând poziția volumului teoretic în legătură cu sursa de degajare necesită să fie stabilită. Aceasta în primul rând depinde de direcția ventilației

orientata în sens descendent. În al treilea rând, în multe situații trebuie luată în considerare posibilitatea de variație a direcțiilor de ventilare. În aer liber, o evaluare trebuie efectuată pe baza schemei și caracteristicilor amplasamentului. De preferat estimarea valorii V_z se va face pe baza rezultatelor obținute cu ajutorul unui instrument adecvat de modelare, de exemplu din analiza CFD;

Pentru cazurile studiate în acest capitol, rezultatele CFD indică faptul că volumele norilor de gaz specificate conform criteriului " V_z " pot fi supraestimate pentru degajări de gaz în aer liber la presiuni scăzute în cazul utilizării formulelor din SR EN 60079-10-1. Volumele V_z obținute prin calculul CFD au fost cu până la trei ordine de mărime mai mici decât cele estimate de SR EN 60079-10-1, astfel că norii de gaz inflamabil sunt mai mici decât cei definiți ca fiind de "întindere neglijabilă" ($0,1 \text{ m}^3$).

Capitolul al cincilea "**Contribuții privind optimizarea selecției echipamentelor tehnice utilizate în atmosfere potențial explozive**" prezintă un algoritm de selecție și instalare a echipamentelor tehnice utilizate în atmosfere explozive și o aplicație informatică dezvoltată în vederea optimizării selecției echipamentelor tehnice utilizate în arii explozive.

În sens larg, optimizare înseamnă acțiunea de stabilire, pe baza unui criteriu prestabilit, a celei mai bune decizii într-o situație dată când sunt posibile mai multe decizii, precum și acțiunea de implementare a deciziei stabilite precum și a rezultatului acesteia. Rezolvarea unei probleme de optimizare presupune existența a trei elemente: modelul mediului la care se referă situația dată, criteriul de optimizare, metoda de optimizare. În vederea optimizării selecției și instalării echipamentelor tehnice utilizate în atmosfere potențial explozive, trebuie efectuată o documentare și analiză vastă privind cerințele tehnice și de securitate ce trebuie îndeplinite de aceste echipamente.

Pornind de la cele parametri și factorii studiați și analizați în capitolele anterioare, am conceput o schemă logică pentru optimizarea selecției și instalării echipamentelor Ex, pe baza căreia am dezvoltat o aplicație informatică în limbajul de programare C#, aplicație intitulată "Selector Echipamente Tehnice Utilizate în Atmosfere Potențial Explozive", ce permite o selecție optimă în ceea ce privește echipamentele tehnice destinate utilizării în atmosfere potențial explozive generate de gaze/vapori/cețuri sau prafuri combustibile.

Capitolul al șaselea, "**Concluzii finale și contribuții personale**", încheie teza prin prezentarea concluziilor finale precum și a contribuțiilor personale aduse prin această lucrare. În acest ultim capitol s-au subliniat și viitoarele direcții posibile de urmat pentru continuarea cercetărilor utilizând rezultatele obținute prin intermediul acestei teze de doctorat.

Principalele contribuții prezentate în teza de doctorat sunt enumerate în continuare:

- Am prezentat aspectele referitoare la reglementările în vigoare privind echipamentele destinate utilizării în atmosfere explozive;
- Am subliniat rolul standardizării în evaluarea conformității echipamentelor electrice și neelectrice protejate la explozie;
- Am analizat parametrii care definesc atmosferele explozive și factorii care intervin în producerea unei explozii;
- Am evidențiat conceptele fundamentale de prevenire și protecție la explozie în industriile cu pericol de explozie intempestivă;
- Am sintetizat și prezentat criteriile de selectare a echipamentelor tehnice destinate utilizării în atmosfere explozive;
- Am identificat soluțiile tehnice ce trebuie aplicate pentru selectarea și utilizarea echipamentelor electrice și neelectrice protejate la explozie, funcție de grupa și modul lor de protecție;
- Am efectuat o vastă documentare asupra modurilor de protecție aplicate echipamentelor electrice și neelectrice utilizate în atmosfere explozive generate de gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile precum și cele utilizate în ariile periculoase generate de prafuri, fibre sau scame combustibile;

- Am studiat cerințele pentru evitarea sau reducerea cantității de atmosferă explozivă prin controlul parametrilor de proces;
- Am prezentat tipurile și nivelurile de disponibilitate a ventilației, precum și influența acestora asupra întinderii ariilor periculoase;
- Am analizat cerințele specifice de securitate pentru terea și construcția echipamentelor, a sistemelor de protecție și a componentelor protectoare utilizate în atmosfere explozive generate de gaze / vapori / cețuri sau prafuri inflamabile;
- Am evidențiat parametrii specifici pentru clasificarea ariilor periculoase Ex generate de gaze, vapori, cețuri și lichide inflamabile precum și parametrii specifici utilizați pentru zonarea ariilor generate de prafuri, fibre sau scame combustibile;
- Am analizat elementele care determină întinderea zonelor periculoase în jurul surselor de degajare, pornind de la principiile care se aplică în zonarea industrială;
- Am subliniat modelele matematice utilizate în practică pentru estimarea extinderii unei arii periculoase;
- Am participat ca și membru cooptat în colectivul de cercetare care implicat în realizarea unui studiu privind dispersia gazelor în vederea amplasării unor senzori de detecție foc și gaze;
- Am efectuat calcule teoretice pe baza unui analizor matematic privind degajările de gaz combustibil la apariția unor neetanșeități/defecte;
- Am elaborat ca și responsabil, un proiect de cercetare dezvoltare privind utilizarea CFD (Computational Fluid Dynamics) pentru clasificarea precisă a ariilor periculoase Ex;
- Am utilizat tehnici de dinamica computerizată a fluidelor în procesul de clasificare a ariilor periculoase generate de gaze, vapori, cețuri inflamabile
- Am efectuat două simulări CFD (folosind modulul ANSYS CFX din componența pachetului software ANSYS Multiphysics) ale unor degajări de gaz (metan), la o presiune de 5 bari, prin orificii cu suprafața de 5 mm², respectiv 2,5 mm² ;
- Am comparat mărimile norilor de gaz inflamabil, respectiv volumele teoretice Vz obținute din aceste simulări cu cele obținute cu ajutorul formulelor din SR EN 60079-10-1;
- Pornind de la cele parametrii și factorii studiați și analizați în primele capitole , am conceput o schemă logică pentru optimizarea selecției și instalării echipamentelor Ex;
- Am elaborat o aplicație informatică numită "Selector Echipamente Tehnice Utilizate în Atmosfere Potențial Explozive", aplicație ce reprezintă un raționament creat pentru a găsi cele mai bune și rapide soluții de selecție și instalare a echipamentelor tehnice în funcție de cerințele de securitate și protecție la explozie. Am creat acest software de optimizare în limbajul de programare C# , limbaj de programare orientat pe obiect, derivat din C++.

Având în vedere contribuțiile aduse și problemele de cercetare identificate în acest domeniu, continuarea cercetărilor vizează următoarele **direcții** care pot fi abordate în viitor:

- Studii asupra integrării tehnicilor de simulare computerizată a dispersiei gazelor în procesul de clasificare a ariilor periculoase
- Îmbunătățirea permanentă a aplicației informatice dezvoltate, astfel încât să răspundă cerințelor viitoare sau modificărilor legislative cu privire la echipamentele tehnice utilizate în atmosfere explozive.