

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
Domeniul: INGINERIE INDUSTRIALĂ

Ing. JITEA ILIE-CIPRIAN

TEZĂ DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
CSI.habil.dr.ing. VASILESCU GABRIEL-DRAGOȘ

Anul
-2024-



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
Domeniul: INGINERIE INDUSTRIALĂ

Ing. JITEA ILIE-CIPRIAN

**DEZVOLTAREA INFRASTRUCTURII TEHNICE ȘI
METODOLOGICE DE PREVENIRE ȘI CONTROL A
RISCURILOR SPECIFICE OPERAȚIUNILOR CU
MATERII EXPLOZIVE**

**DEVELOPMENT OF THE TECHNICAL AND
METHODOLOGICAL INFRASTRUCTURE FOR THE
PREVENTION AND CONTROL OF RISKS SPECIFIC
TO THE OPERATIONS WITH EXPLOSIVE
MATERIALS**

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:
CSI.habil.dr.ing. VASILESCU GABRIEL-DRAGOȘ

Anul
-2024-

CUPRINS

Cuvânt înainte	.....	1
Cuprins	.....	2
Lista figurilor	.....	6
Lista tabelelor	.....	13
Listă acronime și simboluri	.....	14
CAPITOLUL I	INTRODUCERE	16
CAPITOLUL II	STADIUL ACTUAL AL REGLEMENTĂRIILOR APLICABILE LA NIVEL NAȚIONAL ARMONIZATE CU NORMATIVUL EUROPEAN ȘI INTERNAȚIONAL ÎN DOMENIUL MATERIILOR EXPLOZIVE	20
	2.1.-Acte normative aplicabile la nivel național armonizate cu normativele europene și internaționale în domeniul materiilor explozive	20
	2.2.-Referențiale specifice, aplicabile în domeniul materiilor explozive	21
	2.3.-Concluzii	23
CAPITOLUL III	CONTRIBUȚII PRIVIND ELABORAREA ȘI PROCEDURAREA INSTRUMENTELOR METODOLOGICE DESTINATE ÎNCERCĂRIILOR PENTRU DETERMINAREA PARAMETRILOR SPECIFICI MATERIILOR EXPLOZIVE ...	24
	3.1.-Generalități privind sistemul de calitate în domeniul încercărilor de materii explozive	24
	3.2.-Analiza sistemului de calitate în domeniul încercărilor de materii explozive	24
	3.3.-Dezvoltarea infrastructurii metodologice și tehnice specific încercărilor de materii explozive	29
	3.3.1.-Echipamente moderne pentru determinarea parametrilor de securitate (sensibilitatea la frecare și impact)	29
	3.3.2.-Echipament specializat pentru detecția hibridă a explozivilor, a precursorilor de explozivi și alte materiale periculoase	47
	3.3.3.- Sisteme informatice avansate pentru procesarea datelor din testele articolelor pirotehnice în industria auto .	50
	3.3.4. -Cameră de explozie pentru realizarea experimentală a exploziilor controlate de materii explozive utilizând diferite mijloace de inițierea	50
	3.4.- Încercarea și testarea materiilor explozive în baza referențialelor aplicabile utilizând aparatură și echipamente moderne de ultimă generație	52
	3.4.1.-Rezultatele încercărilor efectuate pentru determinarea sensibilității la impact a explozivilor brizanți, în conformitate cu procedura de încercare actualizată PI-84	52

	3.4.2.-Teste experimentale privind detecția hibridă a explozivilor, a precursorilor de explozivi, narcotice și alte materiale periculoase	68
	3.5. Procedură de lucru privind utilizarea echipamentului specializat pentru detecția hibridă a explozivilor, a precursorilor de explozivi, narcotice și alte materiale periculoase, tip LDS800 HDK (PL-13)	72
	3.6.-Concluzii	73
CAPITOLUL IV	CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA ȘI PROCEDURAREA INFRASTRUCTURII METODOLOGICE DE EVALUARE A CONFORMITĂȚII MATERIILOR EXPLOZIVE	74
	4.1.-Generalități privind sistemul de calitate în domeniul evaluării conformității materiilor explozive	74
	4.2.- Analiza sistemului de calitate în domeniul evaluării conformității explozivilor de uz civil	74
	4.3.- Contribuții referitoare la certificarea explozivilor de uz civil prin aplicarea diferitelor module de certificare	78
	4.3.1.-Psp – 1 Modulul B, "Examinarea UE de tip", conform Directivei 2014/28/UE	78
	4.3.2.-Psp 2 - Conformitatea cu Tipul Bazată pe Controlul Intern al Producției Plus Verificări Supravegheate ale Produsului la Intervale Aleatorii (Modulul C1)	84
	4.3.3.-Psp 3 - Conformitatea cu Tipul Bazată pe Asigurarea Calității Procesului de Producție (Modulul D)	86
	4.4.-Analiza sistemului de calitate în domeniul evaluării conformității articolelor pirotehnice	88
	4.5.-Contribuții referitoare la certificarea articolelor pirotehnice prin aplicarea diferitelor module de certificare	93
	4.5.1.-Psp –7 Modulul B, "Examinarea UE de tip", conform Directivei 2013/29/UE	94
	4.5.2.-Psp 8 - Conformitatea cu Tipul Bazată pe Controlul Intern al Producției Plus Verificări Supravegheate ale Produsului la Intervale Aleatorii (Modulul C2)	96
	4.5.3.-Psp 9 - Conformitatea cu Tipul Bazată pe Asigurarea Calității Procesului de Producție (Modulul D)	99
	4.6.-Concluzii	101
CAPITOLUL V	CONTRIBUȚII PRIVIND CONFIGURAREA UNUI INSTRUMENT PROCEDURAL CONCEPTUAL ADAPTIV PRIVIND EXPERTIZAREA TEHNICĂ A EVENIMENTELOR GENERATE LA UTILIZAREA MATERIILOR EXPLOZIVE ...	102
	5.1.-Procedura de expertiză tehnică a materiilor explozive în contextul evenimentelor generate la utilizarea acestora	102
	5.2.-Contribuții referitoare la expertizarea tehnică a materiilor explozive	103
	5.3.-Studiu de caz privind expertizarea tehnică a incidentelor rezultate din utilizarea incorectă a articolelor pirotehnice	103
	5.3.1.-Partea introductivă a unei expertize tehnice privind	103

<i>utilizarea articolelor pirotehnice</i>	
<i>5.3.2.-Descrierea operațiilor de efectuare a expertizei tehnice ..</i>	110
<i>5.3.3.-Ipotezele analizate de producere a evenimentului</i>	111
<i>5.3.4.-Factori favorizanți pentru producerea evenimentului</i>	118
<i>5.3.5.-Măsurători, experimentări și încercări realizate în poligonul de materii explozive și articole pirotehnice</i>	118
<i>5.3.6.-Încercări în regim acreditat RENAR privind verificarea și determinarea sensibilității compoziției pirotehnice (nitroceluloză) prelevată din articole pirotehnice similare cu cele implicate în producerea evenimentului</i>	127
<i>5.3.7.-Cauza producerii evenimentului</i>	128
<i>5.3.8. -Mecanismul de producere a evenimentului</i>	128
<i>5.3.9. -Concluzii ale expertizei tehnice</i>	129
<i>5.3.10-Propuneri de măsuri în urma expertizei tehnice</i>	133
5.4.-Concluzii	133

CAPITOLUL VI	CONTRIBUȚII PRIVIND ELABORAREA UNUI INSTRUMENT METODOLOGIC INTEGRAT DE ANALIZĂ ȘI EVALUARE A RISCULUI OCUPAȚIONAL / TEHNOLOGIC SPECIFIC LUCRĂRILOR DE DEMOLARE CONTROLATĂ A OBIECTIVELOR CIVILE / INDUSTRIALE UTILIZÂND MATERII EXPLOZIVE DE TIPUL EXPLOZIVILOR DE UZ CIVIL	134
	6.1.-Instrument metodologic integrat de analiză și evaluare a riscului ocupațional / tehnologic specific lucrărilor de demolare controlată a obiectivelor civile / industriale utilizând materii explozive de tipul explozivilor de uz civil	134
	<i>6.1.1.-Evaluarea riscurilor de accidentare și îmbolnăvire profesională la demolarea controlată a obiectivelor industriale/civile, utilizând explozivi de uz civil</i>	<i>134</i>
	<i>6.1.2.-Evaluarea riscului tehnologic la demolarea controlată a obiectivelor industriale/civile, utilizând explozivi de uz civil</i>	<i>144</i>
	6.2.-Analiza și reducerea riscului profesional/tehnologic la demolarea controlată a obiectivelor industriale/civile, utilizând explozivi de uz civil	151
	6.3.-Studiu de caz privind evaluarea riscului profesional/tehnologic la demolarea controlată a obiectivului industrial COȘ DE FUM – Zlatna	158
	6.4.-Concluzii	166

CAPITOLUL VII	STUDIUL DE CAZ PRIVIND EXPERIMENTAREA FIZICĂ ȘI EVALUAREA COMPUTERIZATĂ A EFECTELOR DISTRUCTIVE GENERATE ÎN URMA DETONĂRII MATERIILOR EXPLOZIVE	168
	7.1.-Modelarea computerizată a parametrului balistic privind capacitatea de lucru a explozivilor	168
	<i>7.1.1.-Simularea computerizată a parametrului balistic privind capacitatea de lucru prin metoda Trauzl</i>	<i>168</i>
	7.2.-Modelarea computerizată a parametrului de securitate privind sensibilitatea la impact	171
	<i>7.2.1. Simularea computerizată a parametrului de securitate</i>	

	<i>privind sensibilitatea la impact</i>	173
7.3.	Rezultate obținute în urma modelării computerizate și a testelor efectuate asupra materiilor explozive	175
	7.3.1.-Rezultatele modelării computerizate cu softul specializat EXPLO5 privind predicția termochimică a comportamentului detonant al materiilor explozive	175
	7.3.2.-Rezultatele simulării computerizate cu softul specializat IMESA FR a unei explozii în cazul unui container tip ISO 1C	177
	7.3.3.-Rezultate experimentale privind efectul presiunii de explozie la detonarea încărcăturilor explozive amplasate într-un container tip ISO 1C	184
	7.3.4.-Rezultate privind determinarea urmelor de amenințare generate în urma detonării materiilor explozive într-un container tip ISO 1C	192
7.4.-	Concluzii	196
CAPITOLUL VIII	CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	197
8.1.	8.1. Concluzii finale	197
8.1.1.	<i>Concluzii privind stadiul actual al reglementărilor aplicabile la nivel național armonizate cu normativul european și internațional în domeniul materiilor explozive</i>	197
8.1.2.	<i>Concluzii privind elaborarea și procedurarea instrumentelor metodologice destinate încercărilor pentru determinarea parametrilor specifici materiilor explozive</i>	197
8.1.3.	<i>Concluzii privind dezvoltarea și procedurarea infrastructurii metodologice de evaluare a conformității materiilor explozive</i>	198
8.1.4.	<i>Concluzii privind configurarea unui instrument procedural conceptual adaptiv privind expertizarea tehnică a evenimentelor generate la utilizarea materiilor explozive</i>	199
8.1.5.	<i>Concluzii privind elaborarea unui instrument metodologic integrat de analiză și evaluare a riscului ocupațional / tehnologic specific lucrărilor de demolare controlată a obiectivelor civile / industriale utilizând materii explozive de tipul explozivilor de uz civil</i>	199
8.1.6.	<i>Concluzii al studiul de caz privind experimentarea fizică și evaluarea computerizată a efectelor distructive generate în urma detonării materiilor exploziv</i>	200
8.2.	Contribuții personale	201
	8.2.1. Contribuții teoretice	201
	8.2.2. Contribuții experimentale și aplicative	202
	8.2.3. Direcții viitoare de cercetare	203
BIBLIOGRAFIE	.....	204
ANEXE	.....	220

Cuvinte cheie

Pentru o bună înțelegere a expunerii ce urmează, este necesar să enumerăm câteva noțiuni specifice domeniului abordat: *materii explozive, evaluarea conformității, proceduri de încercare, securitate și protecție antiexplozivă, detonatori electronici, inițierea explozivilor, certificare, ANFO, sistem de management al calității, securitate ocupațională, riscul tehnologic, detecția hibridă, infrastructură metodologică, norme de siguranță, impactul explozivilor, metode de testare, reglementări internaționale, analiză și evaluare a riscului, demolare controlată.*

Motivația tezei de doctorat este fundamentată pe necesitatea de a spori nivelul de siguranță în industriile ce utilizează materii explozive, o preocupare centrală a activității mele în cadrul Departamentului Securitatea Explozivilor și al Articolelor Pirotehnice. Pe parcursul a 14 ani de activitate, am acumulat experiență participând la teste de materii explozive, utilizând explozivii de uz civil în diverse aplicații industriale și lucrând cu articole pirotehnice din toate categoriile existente, precum și prin responsabilitățile avute în procesul de certificare a unor noi produse sau menținerea lor pe piață. Implicarea mea în peste 30 de expertize tehnice m-a pus față în față cu consecințe tragice: pierderi de vieți omenești, traumatisme permanente, și distrugerii semnificative de proprietate și de mediu. Aceste incidente, multe dintre ele evitabile, evidențiază creșterea riscurilor asociate și necesitatea imperativă de a dezvolta și implementa metode avansate de prevenire și control al acestora, cu scopul de a proteja atât lucrătorii, cât și mediul înconjurător.

Obiectivele urmărite au constat în dezvoltarea unei infrastructuri tehnice avansate, crearea și implementarea de noi tehnologii și echipamente care să ofere control îmbunătățit asupra manipulării și utilizării materiilor explozive, implementarea de sisteme de monitorizare și răspuns în timp real pentru a detecta și avertiza rapid orice abateri de la procedurile de siguranță, elaborarea unei metodologii robuste de evaluare a riscurilor, dezvoltarea de modele predictive pentru evaluarea riscurilor asociate cu diverse scenarii de exploatare, integrarea analizelor de risc în planificarea și executarea operațiunilor industriale, promovarea unei culturi a securității în rândul angajaților, programe de formare și certificare pentru lucrătorii din industrie, accentuând importanța protocoalelor de securitate, contribuții la legislația și reglementările naționale și internaționale prin propunerii de modificări sau adăugiri la legislația existentă, bazate pe descoperirile și recomandările tezei. Colaborarea cu autorități și organizații internaționale pentru standardizarea practicilor de securitate.

Prin abordarea acestor obiective, teza își propune să contribuie substanțial la îmbunătățirea securității în industriile care utilizează materii explozive, reducând astfel riscurile de accidente și impactul asupra mediului.

Teza de doctorat oferă o analiză aprofundată a strategiilor și metodologiilor destinate asigurării siguranței în industriile care folosesc materii explozive. Studiul subliniază importanța creării și implementării unui cadru legislativ robust, atât la nivel național cât și european, care să reglementeze gestionarea acestor materiale periculoase. Se detaliază implementarea sistemelor de calitate conform standardelor internaționale în evaluarea și testarea materiilor explozive, precum și procedurile de evaluare a conformității pentru a asigura respectarea normelor de siguranță. De asemenea, teza abordează necesitatea unei expertize tehnice detaliate în cazul incidentelor, unde analiza cauzelor și efectelor este esențială pentru prevenirea repetării acestora.

În plus, se evidențiază abordările metodologice în analiza riscului ocupațional și tehnologic în contextul demolărilor controlate, subliniind importanța unei planificări riguroase și a monitorizării continue. Se pune un accent deosebit pe utilizarea tehnologiei de

simulare computerizată pentru a anticipa și gestiona posibilele riscuri, îmbunătățind astfel protocoalele de securitate și intervenție în situații de urgență.

Prin integrarea acestor componente, teza propune un model replicabil de gestionare a riscurilor și de creștere a nivelului de securitate în exploatarea materiilor explozive în diverse aplicații industriale, contribuind semnificativ la dezvoltarea practicilor de securitate în acest domeniu. Această abordare multidimensională vizează nu doar protejarea vieților umane și a infrastructurilor, ci și minimizarea impactului asupra mediului și comunităților locale.

Lucrarea de doctorat având titlul: *Dezvoltarea infrastructurii tehnice și metodologice de prevenire și control a riscurilor specifice operațiunilor cu materii explozive*, este structurată în 8 capitole.

În cadrul **primului capitol** se prezintă considerentele generale ale tezei de doctorat: motivația, obiectivele urmărite, concluzii, principalele contribuții și unele direcții viitoare de cercetare.

În cadrul **capitolului II**, s-a studiat cadrul legislativ și standardizarea la nivelul Uniunii Europene și național în domeniul managementului siguranței explozivilor și articolelor pirotehnice, cât și al sănătății și securității în muncă. Rezultatele analizei subliniază mai multe aspecte ale abordării integrate și multidimensionale a acestei probleme: Prin armonizarea directivelor europene, cum ar fi Directiva Europeană privind Materialele Explozive și Directiva Europeană privind Articolele Pirotehnice, și implementarea lor prin legislația națională, s-a creat un cadru coerent care facilitează siguranța, comerțul și mobilitatea produselor pe teritoriul Uniunii. Aceasta nu doar că sprijină industria, dar și asigură o protecție uniformă a consumatorilor și mediului în toate statele membre. Legislația detaliată impune responsabilități clare tuturor operatorilor economici din lanțul de aprovizionare, de la producători la distribuitori, accentuând importanța documentației adecvate, procedurilor de testare și a evaluării conformității pentru asigurarea îndeplinirii standardelor de siguranță și securitate. În contextul securității publice și al prevenirii utilizării ilegale, reglementările actuale întăresc capacitatea de urmărire a produselor pe parcursul întregului ciclu de viață, contribuind esențial la capacitatea de intervenție rapidă și eficientă în caz de nereguli. Prin integrarea cerințelor specifice de sănătate și securitate în muncă în legislația și normele aplicabile sectorului explozivilor, se subliniază necesitatea unor măsuri preventive, cum ar fi evaluarea riscurilor, formarea adecvată a lucrătorilor și utilizarea echipamentelor de protecție, îmbunătățind astfel calitatea mediului de lucru.

Prin această cercetare, contribuim la consolidarea bazei teoretice și practice pentru gestionarea eficientă a riscurilor asociate cu explozivii de uz civil și articolele pirotehnice, evidențiind totodată importanța unei abordări proactive în protecția mediului. Această lucrare încurajează continuarea dialogului interdisciplinar și transnațional pentru evoluții legislative și tehnologice, asigurând o aliniere optimă la dinamica globală în domeniul siguranței.

În **capitolul III**, s-a prezentat modernizarea infrastructurii metodologice necesară pentru evaluarea și verificarea parametrilor de securitate ai materiilor explozive, utilizând tehnologie de ultimă generație. Studiul a evidențiat integrarea eficientă a echipamentelor avansate de testare, cum ar fi BAM Fall Hammer (BFH 12A) pentru determinarea sensibilității la impact și BAM Friction Apparatus (FSKM-10) pentru evaluarea sensibilității la frecare. Aceste instrumente oferă o precizie ridicată în determinarea parametrilor, respectând cerințele internaționale, europene și naționale, contribuind astfel la o mai bună înțelegere și gestionare a riscurilor asociate cu explozivii de uz civil.

Mai mult, în cadrul Departamentului de Securitate a Explozivilor și Articolelor Pirotehnice, s-au implementat proceduri metodologice avansate și s-a achiziționat echipament

specializat pentru detecția hibridă a explozivilor și a altor materiale periculoase. Printre acestea, camera de explozie pentru testarea controlată a exploziilor și echipamentele de detecție hibridă, cum ar fi LDS800 HDK, care au permis realizarea de teste precise și eficiente, sporind capacitatea de reacție în situații de risc.

Rezultatele experimentale obținute, prezentate detaliat în capitolul 3, confirmă eficacitatea procedurilor de testare actualizate (PI-83 și PI-84), elaborate în concordanță cu standardele europene relevante. Acestea au demonstrat că utilizarea echipamentelor moderne nu doar că îndeplinește cerințele tehnice impuse, dar și oferă o eficiență economică superioară.

Implementările propuse au potențialul de a influența pozitiv practicile industriale și de a asigura un mediu mai sigur prin detectarea și gestionarea eficientă a materialelor explozive. Concluziile trase în cadrul acestui capitol demonstrează necesitatea continuării cercetărilor în domeniu și a dezvoltării de noi tehnici și tehnologii care să răspundă dinamic schimbărilor din cerințele de securitate globală, oferind astfel direcții viitoare de cercetare și dezvoltare în securitatea materialelor explozive.

Capitolul IV al tezei a evidențiat importanța adoptării și implementării riguroase a standardelor internaționale și naționale în procesul de evaluare a conformității materiilor explozive. A fost subliniat faptul că aderarea strictă la aceste standarde asigură nu doar eficiența și fiabilitatea evaluărilor, dar și protecția esențială a utilizatorilor și a mediului. Am prezentat în detaliu cultura organizațională orientată spre îmbunătățirea continuă și formarea perpetuă a personalului, subliniind că aceste aspecte sunt importante pentru menținerea standardelor de excelență în adaptarea la tehnologiile emergente și metodologiile inovatoare de testare. Aceasta contribuie decisiv la menținerea conformității la cele mai înalte standarde posibile.

S-a prezentat, de asemenea, diversitatea și complexitatea procedurilor de evaluare a conformității, ilustrând angajamentul față de realizarea unei evaluări precise, care respectă întocmai cerințele legale. Aceste proceduri sunt utilizate pentru asigurarea siguranței materiilor explozive și pentru introducerea responsabilă a acestora pe piață.

Rolul organismelor notificate, inclusiv al INSEMEX, în asigurarea respectării reglementărilor europene pentru produsele explozive și articolele pirotehnice a fost recunoscută ca fiind fundamentală pentru protecția consumatorilor și siguranța publică. Participarea la forumuri internaționale a fost reflectată ca o experiență valoroasă, care a oferit nu doar perspective noi în cariera mea, dar a și consolidat angajamentul față de comunitatea profesională din acest domeniu.

În concluzie, Capitolul IV contribuie la literatura de specialitate în evaluarea conformității materiilor explozive, oferind o bază metodologică și evidențiind necesitatea unui sistem de calitate structurat pentru asigurarea continuă a siguranței și conformității în acest sector complex și critic.

În capitolul V, s-a prezentat în detaliu metodele și procedurile de expertiză tehnică utilizate în cazul incidentelor legate de utilizarea necorespunzătoare a materiilor explozive, accentuând necesitatea unei abordări multidisciplinare și sistematice pentru a efectua analize amănunțite și obiective. Importanța colaborării strânse între diferite categorii de specialiști, de la ingineri la tehnicieni și cercetători, a fost demonstrată prin capacitatea acestora de a evalua în mod comprehensiv cauzele și efectele incidentelor, contribuind astfel la formularea de măsuri de prevenție eficiente.

Studiul de caz prezentat în acest capitol evidențiază adaptabilitatea și inovarea în tehnicile de expertiză, elemente necesare pentru a face față provocărilor unice impuse de

fiecare incident. Această capacitate de adaptare este esențială pentru îmbunătățirea continuă a metodologiilor de securitate și pentru prevenirea accidentelor.

Pe baza expertizei tehnice detaliate realizate, am formulat o serie de recomandări pentru îmbunătățirea normelor de siguranță și prevenirea incidentelor viitoare. Aceste propuneri sunt concepute pentru a avea un impact pozitiv asupra politicilor și practicilor la nivel național și internațional.

Prin analiza unui caz real, capitolul V aduce o contribuție la literatura de specialitate și oferă un model replicabil pentru gestionarea și expertizarea tehnică a incidentelor similare. Se subliniază astfel rolul vital al competenței tehnice în domeniul securității și protecției antiexplozive. Abordarea adoptată nu doar că îmbunătățește înțelegerea fenomenelor asociate, dar și crește eficacitatea măsurilor preventive implementate în contexte similare.

Aceste concluzii subliniază necesitatea unei strategii proactive și riguroase în gestionarea riscurilor legate de materiile explozive.

În capitolul VI al tezei, s-au analizat avantajele tehnico-economice ale demolărilor construcțiilor prin explozii controlate comparativ cu metodele tradiționale, evidențiind că acestea reprezintă soluții optime chiar și în medii urbane cu restricții semnificative. S-a subliniat importanța unei planificări riguroase în ceea ce privește determinarea și amplasarea încărcăturilor explozive, respectând breviarele de calcul din literatura de specialitate pentru a asigura nu doar prăbușirea eficientă a structurilor, dar și protecția mediului înconjurător.

Au fost documentate două metode principale de demolare controlată utilizate atât la nivel național, cât și internațional: demolarea cu prăbușire pe verticală și demolarea cu prăbușire laterală prin basculare, ambele adaptate la specificul mediului urban. De asemenea, a fost introdus conceptul de demolare prin implozie, care minimizează riscurile de aruncare a materialelor în exterior, concentrându-se pe afânarea și ruperea structurilor interne ale clădirilor.

În contextul efectelor negative ale demolărilor, am evidențiat măsuri de atenuare a impactului asupra mediului înconjurător și construcțiilor adiacente, precum alegerea tipului de exploziv, dimensionarea adecvată a încărcăturilor și optimizarea repartizării acestora. A fost reliefată necesitatea verificării stării structurilor înainte de executarea lucrărilor și am discutat despre principalele efecte nedorite, cum ar fi dislocarea materialelor, undele de șoc și poluarea cu praf și gaze.

Legislația națională impune obținerea unui aviz tehnic de la Institutul Național pentru Securitate Minieră și Protecție Antiexplozivă - INCD-INSEMEX Petroșani, ce acoperă toate aspectele, de la calculul încărcăturilor până la măsurile de securitate și sănătate în muncă.

Prin adoptarea unui instrument metodologic inovativ de diagnoză și prognoză a riscurilor, am furnizat o bază analitică pentru evaluarea și gestionarea riscurilor asociate demolărilor. Această abordare ne permite nu doar să identificăm riscurile, dar și să implementăm strategii eficiente de reducere a acestora, contribuind astfel la prevenirea accidentelor de muncă și la minimizarea impactului asupra mediului.

În final, un studiu de caz privind demolarea controlată a unui coș de fum industrial a ilustrat aplicabilitatea practică a metodologiilor discutate și a subliniat relevanța acestora în îmbunătățirea practicilor de securitate și protecție în demolările cu explozivi. Această cercetare contribuie la literatura de specialitate și oferă o perspectivă asupra gestionării sigure și eficiente a demolărilor controlate în contexte complexe.

În capitolul VII al tezei de doctorat, s-a demonstrat valoarea adăugată a modelelor teoretice, coroborate prin simulări avansate și validări experimentale, pentru analiza parametrilor balistici și de securitate ai explozivilor de uz civil. Utilizarea pachetelor software de ultimă generație precum ANSYS Multiphysics și AUTODYN a facilitat simulări detaliate

ale proceselor de detonație și ale dinamicii termochimice ale explozivilor, permițându-mi să abordez comprehensiv efectele mecanice ale exploziilor în condiții controlate.

Modelarea termochimică efectuată cu ajutorul software-ului EXPLO5 a permis evaluarea detaliată a comportamentului detonant al TNT-ului, concentrându-se pe procesele de detonație și combustie sub diferite condiții de mediu. Simulările au oferit predicții precise ale curbei de șoc adiabetic tip Hugoniot și au explorat detonația cinematică, contribuind la o înțelegere profundă a răspunsului materialului exploziv la diverse rate de aplicare a energiei. Prin utilizarea software-ului IMESA FR, am realizat analize minuțioase ale efectelor detonării unui container standardizat ISO 1C, evaluând impactul fragmentelor și definind zonele de letalitate și rănire. Aceste simulări au fost esențiale pentru estimarea precisă a curbelor de suprapresiune și pentru determinarea profilului de risc asociat cu diferite cantități de exploziv.

Validarea numerică și experimentală a confirmat acuratețea modelelor teoretice prin concordanța rezultatelor simulărilor cu datele obținute din teste experimentale efectuate în condiții controlate. Această abordare interdisciplinară a validat robustețea și precizia analizelor efectuate, subliniind coerența dintre predicțiile modelului și comportamentul real observat.

Concluziile acestei cercetări întăresc utilitatea simulărilor avansate în evaluarea și proiectarea siguranței explozivilor, oferind o bază solidă pentru dezvoltarea continuă a protocoalelor de securitate în industrie. Aceste descoperiri accentuează rolul integrării tehnologiilor avansate de simulare în procesele de cercetare și dezvoltare, contribuind semnificativ la optimizarea manipulării și utilizării materialelor explozive în condiții de maximă siguranță.

Această teză evidențiază, prin urmare, importanța avansurilor tehnologice în îmbunătățirea standardelor de securitate pentru materii explozive în contexte diverse și complexe.

Capitolul VIII intitulat *Concluzii finale și contribuții personale* explorează contribuțiile teoretice, experimentale și aplicative, oferind o privire detaliată asupra cercetării avansate în domeniul explozivilor de uz civil.

CONTRIBUTII TEORETICE

Din punct de vedere al diseminării rezultatelor:

Pe parcursul desfășurării activităților doctorale și al eforturilor de documentare inițiale întreprinse, în calitate de autor/co-autor, am publicat un număr de 30 articole științifice și lucrări de cercetare împărțite în următoarele categorii:

- 5 articole publicate în reviste indexate Clarivate Analytics Web of Science - WoS (ISI);
- 25 articole publicate în reviste de specialitate;
- 1 carte;
- 1 cerere de brevet de invenție.

În cadrul formării doctorale, **participarea la evenimente academice internaționale** a constituit un punct important în dezvoltarea și îmbogățirea perspectivelor teoretice ale tezei mele. În octombrie 2022, am avut oportunitatea de a participa la Universitatea din Leon, Spania, în cadrul programului Erasmus+ pentru o mobilitate de scurtă durată, desfășurată între 12 și 21 octombrie. Această experiență mi-a permis să explorez și să integrez noi dimensiuni și abordări în studiul meu, importante pentru elaborarea cadrelor teoretice ale cercetării.

Mai mult, în perioada 19-21 octombrie 2022, participarea la **a doua Conferință EURECA-PRO** privind consumul și producția responsabilă, tot la Universitatea din Leon, a

consolidat fundamentul teoretic al tezei prin integrarea de noi perspective asupra sustenabilității și responsabilității în producție și consum. Această conferință a fost instrumentală în contextualizarea cercetării mele într-o sferă globală, oferindu-mi acces la cele mai recente cercetări și dezbateri din domeniu.

În cadrul cercetărilor doctorale, participarea la conferințe internaționale și colaborarea cu colegi de la diverse universități au jucat un rol special în dezvoltarea abilităților mele de cercetare și în contribuțiile aduse la cunoașterea științifică. Prin urmare, am elaborat ca și co-autor mai multe lucrări semnificative împreună cu doctoranzi de la diverse instituții academice, demonstrând astfel caracterul interdisciplinar al cercetărilor noastre:

- "The Applicability of the European Green Deal in the Transport Sector: A Qualitative Analysis" – Această lucrare a fost prezentată la CYSENI 2023, Conferința Internațională a Tinerilor Oameni de Știință pe probleme de energie și științe naturale, desfășurată între 23-26 mai 2023, în Kaunas, Lituania. În colaborare cu Artur Budzyński, doctorand în Inginerie Civilă și Transporturi la Universitatea Tehnologică din Silezia, Katowice, Polonia; Johannes Fabian Bauer, doctorand în Inginerie de Rezervoare la TU Bergakademie Freiberg, Germania; Svetlana Kunskaia, doctorandă în Economie la Institutul Lituanian de Energie, Kaunas, și Ilie-Ciprian Jitea, doctorand în Inginerie Industrială la Universitatea din Petroșani, România, această lucrare explorează integrarea politicilor sustenabile în sectorul transporturilor.
- "Thermal Hydrogen Production from Depleted Oil Reservoirs and SDG 12: A Critical Perspective" – Publicată în cadrul conferinței "Contemporary problems of power engineering and environmental protection" din 2022, lucrarea oferă o analiză critică asupra producției de hidrogen termic și aliniamentului acesteia cu SDG 12. Colaborarea interdisciplinară a inclus aceiași co-autori, cu expertize diverse care au permis abordarea detaliată a complexităților tehnice și a implicațiilor de mediu.
- "A Research Analysis: The Implementation of Innovative Energy Technologies and Their Alignment with SDG 12" – Această lucrare, publicată în Eastern-European Journal of Enterprise Technologies în 2023, tratează implementarea tehnologiilor energetice inovative și contribuția lor la atingerea obiectivelor de dezvoltare durabilă.

Colaborarea cu colegi din diferite domenii de specializare subliniază rolul important al inovației tehnologice în promovarea practicilor sustenabile.

Aceste colaborări au îmbogățit nu doar cunoștințele mele, ci și pe cele ale comunității științifice, demonstrând importanța schimbului academic și interdisciplinar în soluționarea problemelor globale complexe și în consolidarea bazei teoretice a cercetării doctorale.

Principalele contribuții teoretice cu impact tehnico-științific semnificativ, desprinse din cadrul tezei de doctorat, sunt:

- Sublinierea rolului expertizei personale în evaluarea conformității materiilor explozive. Autorul detaliază experiența sa vastă și implicarea activă în coordonarea și supervizarea procedurilor de certificare, accentuând importanța leadership-ului tehnic în promovarea standardelor de siguranță și calitate în domeniul specializat al materiilor explozive.

- Prezentarea unui studiu de caz care ilustrează adaptabilitatea și inovația în metodele de expertiză, esențiale pentru gestionarea eficientă a provocărilor specifice fiecărui incident. Aceasta demonstrează capacitatea continuă de îmbunătățire a tehnicilor de securitate și prevenire a accidentelor.

- Contribuția la literatura de specialitate prin documentarea și analiza meticuloasă a unui caz real de expertizare tehnică. Este prezentat un model replicabil pentru expertizarea tehnică a incidentelor similare, evidențiind importanța expertizei tehnice în domeniul securității și protecției antiexplozive, crescând astfel înțelegerea fenomenelor asociate și eficiența măsurilor preventive.

- Abordarea demolării construcțiilor prin explozii controlate ca soluție optimă tehnic și economic, chiar și în condițiile restrictive din mediul urban. Aceasta include determinarea încărcăturilor explozive conform breviarelor de calcul din literatura de specialitate, cu scopul de a minimiza impactul asupra mediului înconjurător.
- Dezvoltarea unui instrument metodologic inovativ pentru estimarea și aprecierea riscului la demolarea obiectivelor industriale/civile cu explozivi de uz civil. Acest instrument grafo-analitic, bazat pe o abordare teoretică și practică, facilitează explicitarea parametrilor de risc prin variabile alfa-numerice și numerice, simplificate sau conjugate.
- Aplicarea instrumentului metodologic inovativ pentru analiza și reducerea riscurilor evaluate ca inacceptabile, în scopul prevenirii și combaterii evenimentelor nedorite, cum ar fi accidente de muncă și îmbolnăvirile profesionale, precum și minimizarea efectelor exploziilor asupra construcțiilor din vecinătate. Acest capitol se încheie cu un studiu de caz privind evaluarea riscului profesional/tehnologic la demolarea controlată a unui coș de fum industrial la Zlatna.

CONTRIBUTII EXPERIMENTALE ȘI APLICATIVE

- În cadrul tezei de doctorat, am demonstrat eficacitatea modelelor teoretice, validate prin simulări și experimentări, în evaluarea parametrilor balistici și de securitate ai explozivilor de uz civil. Am folosit pachetele software ANSYS Multiphysics și AUTODYN pentru a realiza simulări detaliate ale proceselor de detonație și ale comportamentului termochimic, precum și pentru a analiza efectele mecanice ale exploziilor în scenarii controlate.
- Am utilizat modelarea termochimică cu software-ul EXPLO5 pentru a evalua comportamentul detonant al TNT-ului, concentrându-mă pe procesele de detonație și combustie sub diverse condiții. Simulările au inclus predicții detaliate ale curbei de șoc adiabatic tip Hugoniot, care caracterizează comportamentul materialului sub condiții extreme de presiune și temperatură. De asemenea, am analizat detonația cinematică pentru a explora răspunsul explozivului la diferite rate de aplicare a energiei și comportamentul acestuia în scenarii de combustie izobarică și izocorică, pentru a măsura influența presiunii constante și a volumului constant asupra reacțiilor chimice.
- Utilizând IMESA FR, am analizat în detaliu efectele detonării într-un container standardizat ISO 1C. Aceasta a inclus evaluarea distribuției spațiale a impactului fragmentelor, definirea zonelor de letalitate și rănire, și furnizarea unei estimări precise a curbelor de suprapresiune care măsoară impactul undelor de șoc generate. Aceste simulări mi-au permis să determin profilul de risc asociat cu diferite cantități de exploziv, contribuind astfel la formularea recomandărilor pentru practicile de securitate și manipulare.
- Validarea experimentală și numerică a fost realizată prin compararea rezultatelor simulărilor cu date experimentale obținute în condiții controlate. Această abordare interdisciplinară a confirmat precizia modelelor teoretice, arătând concordanța între predicțiile computerizate și comportamentul real observat în teste.
- Rezultatele obținute consolidează încrederea în utilizarea simulărilor avansate pentru analiza și proiectarea siguranței explozivilor și oferă o bază solidă pentru dezvoltarea continuă a protocoalelor de securitate în industrie. Aceste descoperiri subliniază importanța integrării tehnologiei avansate de simulare în procesele de cercetare și dezvoltare, contribuind la optimizarea utilizării materialelor explozive în condiții de maximă siguranță.

DIRECTII DE CERCETARE VIITOARE:

Având în vedere rezultatele obținute în teza de doctorat prin utilizarea simulărilor avansate și experimentării în evaluarea securității explozivilor de uz civil, iată câteva direcții viitoare de cercetare care ar putea extinde și aprofunda aceste descoperiri:

- Dezvoltarea de modele predictive mai complexe: integrarea unor modele predictive avansate pentru a simula scenarii de detonare și comportamentul explozivilor în condiții și mai diverse și extreme. Aceste modele ar putea include factori cum ar fi variații ale mediului ambiant și interacțiuni cu alte materiale, pentru a înțelege mai bine riscurile asociate cu utilizarea explozivilor în diverse aplicații industriale.
- Optimizarea materialelor explozive: folosind cunoștințele acumulate despre comportamentul termochimic și mecanic al explozivilor, se pot dezvolta noi compoziții sau amestecuri de explozivi care să ofere performanțe îmbunătățite sub aspectul eficienței și securității. Aceasta ar include cercetarea asupra substituenților pentru TNT sau alte materiale tradiționale, care ar putea reduce impactul ambiental sau riscurile de manipulare.
- Simulări pentru scenarii de accidente și dezastre: extinderea utilizării simulărilor pentru a modela și analiza răspunsurile explozivilor în scenarii de accidente reale, inclusiv explozii accidentale în medii urbane sau industriale. Aceasta ar ajuta la proiectarea unor măsuri de protecție mai eficiente și la elaborarea unor protocoale de intervenție în caz de urgență.
- Validarea extinsă a modelărilor prin studii de caz multipli: implementarea unui program extins de validare a modelărilor printr-un număr mai mare de teste experimentale și prin colectarea de date din accidente reale. Aceasta ar îmbunătăți înțelegerea discrepanțelor potențiale între simulări și realitate, permițând ajustări ale modelelor pentru a reflecta mai exact comportamentul real.
- Integrarea inteligenței artificiale în simulări: aplicarea tehnologiilor de inteligență artificială pentru a optimiza simulările și pentru a identifica rapid cele mai eficiente strategii de gestionare a riscurilor. AI ar putea să analizeze rapid mari cantități de date de simulare pentru a identifica tendințe și pentru a propune modificări ale compoziției sau ale procedurilor de manipulare care să minimizeze riscurile.

Aceste direcții nu doar că ar consolida cunoștințele existente în domeniu, dar ar putea contribui semnificativ la dezvoltarea unor practici mai sigure și mai eficiente în utilizarea materiilor explozive.

Ing. JITEA Ilie-Ciprian