

**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ**

Ing. VITAN DANIEL COSMIN

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND
REABILITATEA ȘI MODERNIZAREA SISTEMELOR
INDUSTRIALE DE MARE COMPLEXITATE**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

Prof.univ.dr.ing. NAN MARIN-SILVIU

Prof.univ.habil.dr.ing. GĂF-DEAC IOAN

PETROȘANI, 2023

**Cuvinte cheie: Modernizare, reabilitare, instalații industriale, instalații miniere.
Concluzii finale și contribuții personale.**

Lucrarea abordează problema reabilitării și modernizării sistemelor industriale la general, cu referire la sistemele industriale din componența unităților miniere. Firul călăuzitor al lucrării îl constituie metodologiile utilizate în cercetarea științifică considerate ca un loc privilegiat pentru muncă intelectuală, finalizată prin, conceperea proiectarea și implementarea unor soluții ce asigură funcționalitate, durata suplimentară de exploatare, siguranța în lucru și eficiența economică.

Întrucât în literatura de specialitate și în cutuma industrială din domeniul minier este unanim acceptată noțiunea de instalație, pe parcursul dezvoltării lucrării s-a particularizat noțiunea de sistem industrial prin această noțiunea.

Lucrarea de doctorat „**Cercetări teoretice și experimentale privind reabilitarea și modernizarea sistemelor industriale de mare complexitate**” a fost structurată în 6 capitole.

În primul capitol al lucrării se prezintă aspecte legate de cercetarea științifică a direcțiilor domeniului minier, făcând o comparație la nivel mondial cât și la nivel național.

Cercetarea studiază posibilitatea propunerii unor soluții noi pentru dezvoltarea continuă a industriei extractive, valorificarea noilor zăcăminte de diverse substanțe minerale utile, mărirea capacităților de producție, creșterea productivității muncii în domeniul minier, toate acestea fiind strâns legate de dezvoltarea instalațiilor mecanice miniere, respectiv a instalațiilor de evacuare a apelor, de ventilatoare, de producerea și distribuirea aerului comprimat și a instalațiilor de suprafață și subteran.

În cadrul minelor de sare pe plan național, modul de exploatare a fost schimbat metoda cu camere clopot, în cel cu camere mici și pilieri pătrați, care asigură stabilitatea terenului de la suprafață. În cadrul minelor de sare din România, pentru momentul în care se decide închiderea exploatarei, aceasta nu rămâne abandonată ci se amenajează pentru turism, baze de tratament balneoclimaterice și lăcașe de cult.

Salina de la Slănic Prahova este o mândrie națională a poporului Român, dat fiind faptul ca se clasează pe locul III în lume și pe locul I în Europa din punct de vedere al dimensiunilor acesteia. În salina Slănic Prahova a fost implementat un proiect prin care sa realizat un laborator de monitorizare a radiațiilor. Tot aici se dezvoltă un proiect al Academiei de Științe Tehnice din România, prin care se va amplasa un Pendul Foucault, Orologiu Gravitational cu Cinematică Interactivă (PF-OGCI)”.

În plan internațional modul de exploatare este același cu cel din România, respectiv camere mici și pilieri pătrați și transformarea vechilor orizonturi în zone turistice. Metodele de exploatare au fost schimbate din metoda cu camere mari de tip clopot, în cea cu camere mici și pilieri pătrați.

După exploatarea sării, în spațiile rămase se amenajează baze de tratament balneoclimateric și lăcașe de cult. Pe plan internațional metoda de exploatare este același cu cea din România, respectiv camere cu pilieri și transformarea vechilor exploatare de sare în

destinații turistice.

Cea mai mare salină din lume aflată în Ontario Canada, poate fi un exemplu de urmat din prisma proiectului pilot pe care îl deține în derulare, având în vedere că tranzităm o perioadă în care restabilim standardele de eficiență energetică.

Capitolul II prezintă studiul privind stabilitatea salinei Slănic Prahova în comparație cu alte saline din România. Studiul privind stabilitatea masivului de sare începe prin analiza stratigrafiei, a hidrogeologiei zăcămintului și a calculului indicilor de stabilitate.

Din perspectivă stratigrafică, zăcămintul de sare este concentrat în zăcămintele de pătură post-tectonică ale pânzei de Tarcău și zona pericarpatică, care au un caracter de melasă; în vârstă, aceste depozite includ intervalul Paleogen.

Privind din prisma hidrogeologiei zăcămintului, sarea, care este în esență o rocă care are o porozitate și permeabilitate scăzută. Sarea este practic impermeabilă și are un impact semnificativ asupra hidrogeologiei.

Problemele hidrogeologice fac ca formațiunile geologice de deasupra să aibă proprietățile unor strate acvifere, ceea ce permite apei să se infiltreze și să inunde salina.

Stabilitatea masivului de sare sa determinat prin încercările mostrelor de sare în cadrul laboratorului de studiu al mineralelor din Universitatea din Petroșani. Mostrele de sare provin de la 3 saline, iar rezultatele criteriilor de stabilitate evidențiază densitatea specifică a sării de la Salina Slănic Prahova având o variație între 2,165 și 2,275·10⁴ N/m³, cu o medie de 2,174·10⁴ N/m³.

Porozitatea sării de la Salina Slănic Prahova este cuprinsă între 2,75 și 5,12% iar umiditatea sării este cuprinsă între 2,95 și 4,15%, cu o valoare medie 3,58 %.

Rezistența de rupere la compresiune monoaxială are valori cuprinse între 27,13 și 32,71 MPa, cu o valoare medie de 28,248 MPa. După rezistența de rupere la compresiune monoaxială, sarea de la Slănic Prahova este cea mai rezistentă iar stabilitatea masivului de sare este bună.

Capitolul III prezintă cercetări privind evaluarea stării tehnice a instalației de extracție din cadrul salinei de la Slănic Prahova, pun în evidența necesitatea parcurgerii unor procese de reabilitare și modernizare care au ca obiective re-proiectarea și fabricarea moletelor aflate în stare de avarie, creșterea capacității de transport prin modernizarea vasului de extracție (de la o colivie cu un etaj, la o colivie cu două etaje), modernizarea acționării mașini de extracție, modernizarea instalației electrice, conceperea și proiectarea unei noi instalații de evacuare a apelor subterane.

Cercetările privind aspecte teoretice legate de cinematica și dinamica instalațiilor de extracție, utilizabile în procesele de reabilitare și modernizare, s-au aplicat pentru cazul mașinii de extracție de la Salina Slănic Prahova.

În urma analizei rezultatelor obținute, s-au degajat direcții de acțiune în domeniul reabilitării și modernizării instalației de extracție, în general și pe subansamble componente în mod special. Se constată că există rezerve consistente în creșterea performanțelor în exploatare și mărirea duratei de viață a acestei instalații.

Cercetări privind reabilitarea și modernizarea moletelor instalațiilor de extracție s-au constituit într-un studiu de caz pentru salina Slănic Prahova.

Defectul major provine de la moleta din stânga, cum se privește dinspre mașina de extracție, ce a fost scoasă din funcțiune datorită distrugerii peretelui dinspre interior al canalului pentru cablu. Ruperea s-a produs datorită reducerii grosimii peretelui, din cauza uzurii de aderență produsă de contactul dintre cablu și peretele canalului.

Motorul de acționare este vechi cu consum ridicat de energie electrică. Uzura morală a acestui motor este mare, motorul fiind fabricat în 1932 și montat în casa mașinii de extracție în 1935.

Generatorul este neperformant din punct de vedere energetic, acesta este compus din 3 mașini electrice cu un consum de 6.000 kW, iar pornirea este lentă datorită zecilor de ani de funcționare și uzură.

Sistemul de frânare este funcțional, dar e depășit tehnologic și moral. Sistemul de frânare este în stare bună deoarece acesta a fost folosit rar. Frânarea instalației de extracție era făcută prin frânarea dinamică a motorului de curent continuu.

Sistemul de evacuare a apelor din subteran trebuie modernizat, prin colectarea și evacuarea apelor din salină dintr-un bazin amplasat lângă puțul de extracție, folosindu-ne de un nou sistem de pompe.

Capitolul IV se prezintă instalația de extracție actuală de la salina Slănic Prahova, este acționată prin intermediul unui sistem generator - motor denumit Ilgner (cu volant).

Generatorul de curent continuu are în componența sa 3 mașini electrice de aproximativ aceeași putere, cea ce măresc cheltuielile de investiție, de mentenanță și pentru consum ridicat de energie electrică.

Pentru adoptarea unei soluții constructive și eficiența din punct de vedere energetic, sunt necesar de parcurs etapele matematice prin care am verificat cinematica și dinamica mașini de extracție în condițiile actuale.

Analizând modul de exploatare a mașini de extracție a rezultat faptul că există în ciclul de funcționare perioade de pauză semnificative în care din motive funcționale și de securitate, grupul generator-motor este permanent în stare de funcționare.

Cercetarea parcursă în acest capitol devine baza stabilă pentru propunerile următoare de reabilitare și modernizare a instalației de extracție, respectiv creșterea capacității de transport pe verticală și schimbarea motorului electric pentru eficientizarea energetică a exploatarei instalației.

Capitolul V am determinat starea tehnică a moletelor ce a scos din uz temporar instalația de extracție a puțului salinei de la Slănic Prahova. Ruperea flancului moletelor a fost favorizată de cele cinci decupări laterale pentru introducerea calupurilor de bandaj pe canalul în formă de coadă de rândunică coroborat cu torsionarea turnului de extracție.

În acest sens pentru reabilitarea și modernizarea moletelor, s-a realizat inițial relevarea dimensională și constructivă a acestora, împreună cu axul moletelor și lagărele de alunecare, elaborându-se un breviar complet de calcul de dimensionare și verificare pentru toate cele menționate.

Având la bază documentația de execuție pentru moleta cu diametru de 2.500 mm varianta veche de la puțul salinei Slănic Prahova și a tehnologiei actuale de execuție a moletelor s-a întocmit documentația de execuție pentru ansamblul moletelor noi cu diametrul de 2.500

mm în varianta nouă.

În mod similar soluția nouă a fost dezvoltată la nivelul proiectului de execuție pentru structura metalică a moletei, respectiv arborele moletei și lagărele de rostogolire. Pentru această variantă sa elaborat un breviar complet de calcul de dimensionare și verificare care pune în evidență, pe de o parte faptul că soluțiile constructive adoptate, asigură preluarea stărilor de solicitare și funcționalitatea noului ansamblu.

S-au dezvoltat elemente fundamentale privind tehnologia de execuție, având în vedere faptul că noua soluție a moletei este în varianta sudată în comparație cu vechea soluție de fabricare, respectiv în variantă turnată.

Pentru analiza cu element finit, a stării de solicitare a structurii metalice, noua moletă ca ansamblu, s-a modelat 3D în utilitarul Solid Edge. Modelul proiectat a fost încărcată cu forțele rezultate din breviarul de calcul elaborat inițial și am simulat starea de tensiune din întreaga structura.

Am observă ca valorile tensiunilor rezultate în urma simulării nu depășesc valorile admise respectiv valorile calculate în breviar. Acest fapt confirmă corectitudinea soluției concepute, a proiectate, și a calculelor de dimensionare și verificare prezentate în breviarul de calcul.

Capitolul VI se studiază posibilitatea creșterii capacității de transport pe verticală, modernizarea motorului de acționare și infiltrația apei în mina turistică.

Creșterea capacității de transport la o instalație de extracție aflată în exploatare reprezintă o problema importantă și complexă, dacă este necesară și posibilă de realizat. Pentru atingerea acestui deziderat există mai multe posibilități dintre care amintim: modificarea sistemului de acționare; modificarea capacități vasului de extracție; modificarea parametrilor de funcționare; etc.

În cazul lucrări de față, se au în vedere primele două posibilități determinate de necesitatea modernizării acționării instalației de extracție și prin conceperea și proiectarea unui vas de extracție cu două etaje. S-au dezvoltat elemente de concepție și proiectare, până la nivelul detaliului și s-au realizat calcule de dimensionare și verificare.

Pentru încadrarea în masa actuală a coliviei de 2.300 kg s-a impus realizarea coliviei dintr-un cadru metalic, care dă structura de rezistență a coliviei, și două cabine din lemn presat și placi de policarbonat pentru transportat persoane. S-au păstrat dispozitivul de legat cablu DLC-1, tija de 160x52 mm și paracăzătorul cu arcuri cu 12 foi de pe colivia actuală, ceea ce permite realizarea rapidă și economic a noi colivii cu două etaje;

Construcția cadrului metalic este ușor de realizat, montat în rampa puțului și de întreținut pe parcursul exploatării, datorită posibilității de montare/demontare a cabinelor de transport persoane și scoaterea acestora în rampele puțului.

În urma calculelor de verificare al mecanismul paracăzător al coliviei vechi, se demonstrează că soluția constructivă pentru colivia nouă, nu influențează prin impunerea unui ansamblu paracăzător nou.

Necesitatea implementării unui sistem nou de evacuare a apelor saline, rezultă din faptului că infiltrațiile sunt constante și în anumite perioade ale anului mai abundente.

Sistemul de evacuare a apei, nu va funcționa constant, ci va putea fi folosit

supravegheat atât cât este necesar, pentru menținerea corectă a nivelelor de apă din lacul 1 și lacul 2. Jompul puțului salinei de la Slănic Prahova, va trebuie evacuat în proporție de 90% pentru siguranța și mentenabilitatea optimă a rampei puțului de extracție.

Materialele metalice și cele lemnoase aflate în zona a rampei și a jompului suferă o degradare accentuată, și pot pune în pericol viața turiștilor transportați cu instalația de extracție cât și viața muncitorilor ce efectuează verificări periodice.

Timpul efectiv de evacuare a apei saline acumulate în jompul puțului, lacul 1 și lacul 2, de către instalația proiectată, este de aproximativ 22 de ore, la debitele de infiltrație actuale. Schimbărilor climatice, determină o variație a volumelor infiltrate, ceea ce la rândul său, determină porniri ale instalației la intervale de timp mai mici, în funcție de necesități.

Motoarele electrice al pompelor de evacuare a apei, au o varietate mare de racordare la instalația electrică a minei, fapt ce facilitează montarea ușoară fără alte modificări necesare din punct de vedere al rețelei de energie electrică.

Contribuții originale.

În urma elaborării prezentei lucrări s-au desprins o serie de contribuții personale cu caracter original, care vor fi prezentate în continuare.

1. Studiarea condițiilor tehnice și a parametrilor defectuoși pe baza cărora ansamblul constructiv compus din moletă, arbore și lagăre de alunecare a ajuns în stadiu de defect, urmat de scoaterea din funcționare a mașini de extracție. În condițiile date pe baza studiului efectuat, conceperea unei noi soluții al ansamblului, pentru repunerea în funcțiune a instalației de extracție, a fost abordat prin reproiectarea și calcule de verificare, urmat de modelarea și simularea 3D cu utilitarul Solid Edge și Solid Works.

2. Studiul cinematicii și dinamici instalației de extracție care are ca rezultat stabilirea tahogramelor de viteză a coliviei, pentru studierea posibilităților de schimbare și modernizare a acționării electrice, în vederea eficientizării energetice a instalației de extracție. Tahograma diferă de la acționarea actuală a motorului de curent continuu cu varianta propusă respectiv motor asincron, acestea fiind regăsite în literatura de specialitate.

3. Studiarea posibilităților de creștere a capacității de transport a instalației de extracție, presupune analiza coliviei actuale cu un etaj, respectiv stabilirii masei acesteia, pentru ca soluția constructivă propusă, să se încadreze în parametri constructivi și a normativele privitoare la siguranța în exploatare, cu un minim de modificare tehnice suplimentare. Analiza breviarelor de calcul, reproiectarea și verificarea noi colivii cu două etaje, rezultă o scădere a masei acesteia de 70 kg. Scăderea masei facilitează sistemul paracăzător al vechii colivii să se poată refolosi și la soluția constructivă nouă, iar această propunere este dublată de breviarul de calcul de verificare a elementelor constructive ale paracăzătorului, cât și a verificări finale a ansamblului.

4. Verificarea structurii de rezistență a turnului pe baza încărcărilor

stabilite și a caracteristicilor secțiunilor critice obținute în urma modelării turnului utilizând utilitarul Solid Edge, care presupune determinarea tensiunilor în turn, împreună cu coeficienții de siguranță aferenți.

5. Verificarea rezistenței soluțiilor constructive prin metoda elementului finit, utilizând programul, Solid Works, pentru forțele de încărcare rezultate din breviarele de calcul.

6. Modernizarea sistemului de evacuare a apelor subterane, consta în conceperea unui sistem de pompe legate în paralel pentru evacuarea noilor debitelor de apă acumulate și tot o dată împiedicarea salinei să ajungă în punctul de a fi inundată.

7. Utilizarea programului de calcul MathCad pentru efectuarea calculelor soluțiilor constructive de modernizare și reabilitare a instalațiilor, ceea ce a permis modelarea ușoară și precisă a diferitelor variante de soluții tehnice luate în studiu.

8. Utilizarea utilitarului Excel și MathCad pentru calculul parametrilor cinematici și dinamici ai instalației de extracție, inclusiv pentru trasarea diagramelor de variației a acestor parametri și a tahogramelor de viteză.

9. Utilizarea sistemului de proiectare asistată de calculator Solid Edge pentru modelarea 3D a soluțiilor constructive, ale moletelor, arborilor, lagărelor de alunecare și rostogolire, a turnului de extracție, a coliviilor și a paracăzătorului.