



UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ



TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT

EVALUAREA SISTEMELOR PRINCIPALE DE
TRANSPORT DIN CARIERA ROȘIA POIENI

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:

Prof. univ. dr. ing. POPESCU Florin Dumitru

STUDENT DOCTORAND:

Ing. POPOVICIU Bogdan Cristian

2025

CUPRINS

INTRODUCERE.....	5
 CAPITOLUL I SISTEMELE PRINCIPALE DE TRANSPORT UTILIZATE ÎN CARIERA ROȘIA POIENI	 10
1.1. Tehnologia de exploatare și preparare a minereului de cupru.....	10
1.2. Sistemele principale de transport a masei miniere din fronturile de lucru la depo- zitul uzinei de preparare și haldele de steril	14
1.3. Autobasculanta Komatsu HD 785	17
1.4. Evaluarea funcționalității autobasculantei Komatsu HD 785	20
1.5. Concluzii	25
 CAPITOLUL II SISTEMUL PRINCIPAL DE TRANSPORT A MINEREULUI CU TRANSPORTOARE CU BANDĂ PE ROLE	 28
2.1. Sistemul de transport a minereului de la concasor la depozitul uzinei de prepara- re	28
2.2. Covorul de bandă cu cord de oțel ST 3150, STM 3150	31
2.3. Covorul de bandă cu cord textil EP 250/5, EP 1250	32
2.4. Vulcanizarea covorului de bandă cu cord de oțel ST 3150	33
2.5. Analiza activității de mentenanță corectivă efectuată asupra releului de benzi	36
2.6. Etapele de calcul a fiabilității operaționale a transportoarelor cu bandă pe role.....	40
2.7. Concluzii	41
 CAPITOLUL III BAZA DE DATE PENTRU CALCULUL FIABILITĂȚII TRANSPORTOARELOR CU BANDĂ PE ROLE	 44
3.1. Definirea bazei de date primare.....	44
3.2. Baza de date primară pentru transportoarele din componența releului de benzi	44
3.2.1. Baza de date pentru transportorul B1	45
3.2.2. Baza de date pentru transportorul B2.....	45
3.2.3. Baza de date pentru transportorul B3.....	49
3.2.4. Baza de date pentru transportorul B4.....	51
3.2.5. Baza de date pentru transportorul B5S	54
3.3. Prelucrarea statistică a bazei de date primare	54
3.3.1. Repartiția timpilor de funcționare ai covorului EP 250/5 la transportorul B1	54
3.3.2. Repartiția timpilor operaționali ai benzii de transport la transportorul B2	55
3.3.3. Repartiția timpilor de funcționare ai benzii de transport la transportorul B3	58

3.3.4. Repartiția timpilor operaționali ai benzii de transport la transportorul B4	59
3.3.5. Repartiția timpilor de funcționare ai covorului EP 250/5 la transportorul B5S	61
3.4. Concluzii	62

CAPITOLUL IV EVALUAREA FIABILITĂȚII TRANSPORTOARELOR CU

BANDĂ PE ROLE.....	64
4.1. Stabilirea schemei logice de fiabilitate a sistemului releu de benzi	64
4.2. Evaluarea fiabilității transportorului B1	65
4.3. Evaluarea fiabilității transportorului B2	69
4.3.1. Schema logică de fiabilitate a transportorului B2	69
4.3.2. Evaluarea fiabilității covorului de bandă STM 3150	69
4.3.3. Evaluarea fiabilității vulcanizărilor tronsoanelor de covor de bandă la transportorul B2	74
4.3.4. Evaluarea indicatorilor de fiabilitate pentru transportorul B2	78
4.4. Evaluarea fiabilității transportorului B3	79
4.4.1. Evaluarea fiabilității covorului de bandă STM 3150 la transportorul B3 ...	79
4.4.2. Evaluarea fiabilității vulcanizărilor tronsoanelor de covor de bandă la transportorul B3	83
4.4.3. Evaluarea fiabilității transportorului B3	87
4.5. Evaluarea fiabilității transportorului B4	88
4.5.1. Evaluarea fiabilității covorului de bandă ST 3150 al transportorului B4	88
4.5.2. Evaluarea fiabilității vulcanizărilor covoarelor de bandă la transportorul B4	91
4.5.3. Evaluarea fiabilității operaționale a transportorului B4	95
4.6. Evaluarea fiabilității transportorului B5S	95
4.7. Evaluarea fiabilității operaționale a releului de benzi	99
4.8. Concluzii	103

ANEXA A ESTIMAREA PARAMETRILOR DISTRIBUȚIILOR

DEFECTELOR PENTRU TRANSPORTOARELE CU BANDĂ

PE ROLE	106
A.1. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la înlocuirea covorului de bandă la transportorul cu bandă pe role B1	106
A.2. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la ieșirea din funcțiune a vulcanizărilor transportorului B2	108
A.3. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la defectarea vulcanizărilor transportorului cu bandă pe role B3	129
A.4. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la ieșirea din funcțiune a vulcanizărilor transportorului cu bandă B4	143
A.5. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la ieșirea din funcțiune a	150

covorului de bandă la transportorul B5S	
A.6. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la schimbarea unui tronson de covor de bandă cu cord metalic la transportorul B2	153
A.7. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la înlocuirea unui tronson de covor de bandă la transportorul B3	155
A.8. Estimarea parametrilor distribuțiilor timpilor până la înlocuirea unui tronson de covor defect la transportorul B4	158
CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	161
Concluzii generale	161
Contribuții personale	166
BIBLIOGRAFIE	168

Scopul acestei cercetări este de a evalua funcționalitatea celor două sisteme principale de transport din cariera Roșia Poieni. Primul sistem presupune transport auto cu basculante de mare capacitate. Al doilea sistem este continuu cu transportoare cu bandă pe role.

În esență lucrarea evidențiază două aspecte.

Primul aspect presupune aprecierea, estimarea, evaluarea funcționalității autobasculantelor de mare capacitate Komatsu 785 utilizate pentru transportul minereului la concasor și a sterilului la haldă. Evaluarea se face pe baza analizei defectărilor autobasculantelor.

În egală măsură cercetarea evaluează fiabilitatea operațională bazată pe defectările majore apărute în funcționarea sistemului de transport continuu cu transportoare cu bandă pe role.

Importanța temei este demonstrată cu precădere de cererea la nivel mondial de cupru, exemplificată prin industria automobilelor electrice și prin sistemele fotovoltaice de producere a energiei verzi.

Baza de date care permite evaluarea autobasculantei Komatsu HD 785 este formată din rapoartele întocmite cu privire la funcționalitatea acesteia. Rapoartele scot în evidență, pe ani, principalele activități de mentenanță preventivă, dar mai ales corectivă. Implicit sunt evidențiate principalele defecțiuni precum și modul de soluționare a acestora.

Analiza rapoartelor întocmite pe perioada 2015-2022 au permis evidențierea principalelor defecte și modul de remediere a acestora, pentru variantele 5 și 7 ale autobasculantei HD 785.

În principal, solicitările care conduc la apariția defectelor, mai ales prin uzare, provin de la:

- masa proprie a basculantei și a încărcăturii care ajunge până la 166 *tone*;
- configurația drumurilor în continuă transformare, caracterizate prin înclinări mari, raze de viraj la limită, starea suprafeței de rula;
- condiții atmosferice, frig, căldură, praf, umiditate, acumulări de apă mai ales la talpa carierei.

Analiza acestor date tehnice conduc la o serie de informații foarte importante care per-

mit evaluarea funcționalității în ansamblu a autobasculantei Komatsu HD 785.

1. Cele mai multe intervenții apar la elementele de instalare mecanică: ale cilindrilor și tijelor sistemului de direcție; ale suspensiilor (telescoape) spate-față; ale tiranților punții spate; ale brațelor oscilante de prindere a roților față la șasiu; ale basculelor de prindere a roților spate.

Subansamblurile de legătură menționate sunt considerate elemente de uzură, dar în același timp și elemente de protecție și siguranță. Sunt cele care cad primele protejând elementele de execuție de forță din amonte, care sunt mult mai complexe și mai scumpe. În plus, ele înglobează o tehnologie de execuție mai ieftină. Diagnosticarea, accesibilitatea, demontarea, remontarea este relativ ușoară, necesită scule, dispozitive, instalații de ridicat universale. Privit din acest punct de vedere, timpii de indisponibilitate sunt mult diminuați, dar trebuie luată în considerare și calificarea operatorului uman.

Analiza bazei de date arată că s-au produs circa 80 de intervenții asupra sistemelor de instalare a subansamblurilor de forță, pe o perioadă de opt ani, pentru cele șapte basculante Komatsu 785, variantele 5 și 7. Rezultă că, în medie s-au realizat 10 intervenții/an, valoare care este absolut satisfăcătoare.

2. Motorul Diesel Komatsu SAA12V140E-7 este un echipament fiabil. La autobasculanta K2 motorul a fost schimbat după 29383 ore de funcționare, deși firma indică reparația capitală RK după 18000 ore. Se menționează că reparația capitală se execută în atelierele specializate ale firmei producătoare. În atelierul carierei se execută înlocuirea motorului defect cu un alt motor nou sau reparat capital.

3. Se remarcă numărul relativ mare de intervenții asupra sistemului de frânare format din frâna de serviciu, frâna de parcare și sistemul retarder. Situația se explică prin condițiile extreme de circulație, tonaj mare, înclinări mari de transport.

4. Din analiza efectuată mai rezultă că frecvența de apariție a defectelor majore la basculanta Komatsu 785 este foarte mică. Ele se încadrează mult sub prescripțiile din manualul de utilizare a autobasculantei. Defecțiunile minore apar, fie din cauza defectelor de fabricație a unor piese, fie din cauza exploatării necorespunzătoare. În proporție de 90%, defecțiunile sunt treptate, progresive, de uzare. Ele conduc la înrăutățirea lentă a parametrilor ca urmare a uzării componentelor. Defectele sunt anticipate prin observații anterioare.

Ca o concluzie finală, autobasculanta Komatsu HD 785 reprezintă un echipament fiabil, care răspunde cerințelor actuale de transport auto din carieră.

Transportul minereului de la concasor la depozitul uzinei de preparare de realizează cu un sistem de transport continuu format din cinci transportoare cu bandă pe role. Pentru identificare transportoarele sunt codificate cu B1, B2, B3, B4 și B5S.

Acest sistem principal de transport a minereului este recunoscut în practica companiei sub denumirea de releu de benzi.

Transportoarele B1, ..., B4 sunt staționare și asigură transportul minereului pe orizontal și plane înclinate până la transportorul B5S, de asemenea staționar. Acest transportor asigură preluarea și depunerea minereului în depozitul uzinei de preparare.

Pe baza rapoartelor zilnice privind data intervențiilor de mentenanță corectivă, coroborat cu timpii de funcționare efectivă a fiecărui transportor pe fiecare schimb de lucru, sunt determinați pentru fiecare transportor timpii de funcționare efectivă până la defectarea benzii de transport, recunoscuți ca timpi între defecțiuni.

Pentru fiecare transportor rezultă o serie statistică ordonată crescător formată din timpii de funcționare efectivă până la defectarea covorului de bandă și a vulcanizărilor.

Pe baza seriei statistice a timpilor până la defectare, utilizând estimatorii indicați de literatură de specialitate, se determină funcția sau distribuția empirică de repartiție a defectelor covorului de bandă și a vulcanizărilor, recunoscută și sub denumirea de funcție empirică de defectare, sau funcție experimentală de defectare.

Criteriile utilizate pentru adoptarea distribuțiilor sunt dispersia și ecartul dintre repartițiile empirice și cele teoretice. Sunt adoptate acele distribuții pentru care dispersia și ecartul au valorile cele mai mici. Dispersia reprezintă o măsură a centrării valorilor față de valoarea medie (mediană), care se consideră a fi valoarea cea mai apropiată de valoarea reală.

Transportorul B1

Fiabilitatea transportorului B1 este asimilată prin fiabilitatea covorului de bandă cu inserții textile EP 250/5 (EP 1250).

Indicatorii de fiabilitate pot fi evaluați, în egală măsură, folosind distribuțiile normală sau Weibull triparametrică.

Durata de viață a covorului de bandă cu inserții textile EP 250/5 este de circa 5836 ore, exprimată în ore de funcționare efectivă, în condițiile de exploatare din carieră.

Condițiile de exploatare sunt definite de funcționarea în atmosferă deschisă, sub cerul liber, pe o distanță de transport pe orizontală mică, circa 100 m, cu forțe tehnologice de valori medii, prezența mediului abraziv, condiții propice de mentenanță preventivă și corectivă.

Transportorul B1 este considerat ca un echipament fiabil caracterizat printr-o medie a timpilor dintre defecțiuni de 5836 ore.

Transportorul B2

Fiabilitatea transportorului B2 se apreciază prin asimilarea fiabilității subsistemului bandă de transport formată din elementele înseriate covor de bandă și vulcanizări.

Condițiile de exploatarea a benzii de transport sunt definite de funcționarea în subteran, cu transport ascendent pe plan înclinat cu 12°, o distanță de transport de 970 m, cu forțe tehnologice de valori mari, prezența masivă a mediului abraziv într-un spațiu limitat cu aeraj natural, condiții improprie de mentenanță preventivă și corectivă.

Fiabilitatea covorului de bandă cu cord de oțel STM 3150 este evaluată cu distribuția Weibull triparametrică. Durata medie de funcționare a covorului de bandă este de 17906 ore, exprimată în ore de funcționare efectivă, în condițiile de exploatare din carieră.

Vulcanizările la cald aferente benzii de transport sunt evaluate în egală măsură cu distribuțiile normală și Weibull triparametrică. Prezența distribuției normale în evaluarea vulcanizărilor este explicată prin numărul mare de date avute la dispoziție, dar și prin durata mare de urmărire a funcționării produsului.

Timpul mediu de funcționare până la refacerea unei vulcanizări sau efectuarea integrală a acesteia este de 886 ore. Este de remarcat ponderea mai mare a refacerilor învelișurilor vulcanizărilor cu durată de execuție mult mai mică, cu influențe directe asupra disponibilității transportorului.

Ecartul foarte mare dintre funcțiile fiabilității covorului de bandă și vulcanizările aferente indică că fiabilitatea subsistemului bandă de transport este asimilată prin fiabilitatea vulcanizărilor. În aceste condiții fiabilitatea transportorului B2 este cuantificată prin fiabilitatea vulcanizărilor și este caracterizată prin indicatorul MTBF de 886 ore.

În ansamblul releului de benzi, transportorul B2 este elementul cu fiabilitatea cea mai mică. Numărul mare de vulcanizări necesar a fi efectuate indică necesitatea analizării tehnologiei de realizare a acestora.

Transportorul B3

Evaluarea fiabilității transportorului B3 urmează algoritmul prezentat la transportorul B2.

Constructiv transportoarele sunt identice, este echipat cu același tip de bandă, ceea ce diferă este lungimea de transport mai mică și înclinarea de transport mai mare, cu implicații directe asupra solicitării benzii de transport.

Condițiile de exploatare sunt definite de funcționarea în subteran, transport ascendent pe plan înclinat cu 15° , o distanță de transport de 860 m, cu forțe tehnologice de valori mari, prezența masivă a mediului abraziv, condiții improprii de mentenanță preventivă și corectivă.

Fiabilitatea covorului de bandă STM 3150 este evaluată cu distribuția Weibull triparametrică.

Covorul de bandă este un produs fiabil caracterizat de o medie a timpilor de utilizare până la scoaterea din funcțiune, MTBF, de circa 18520 ore. Valoarea este comparabilă cu aceea evidențiată la covorul de bandă al transportorului B2.

Vulcanizările la cald aferente benzii de transport sunt evaluate în egală măsură cu distribuțiile normală și Weibull triparametrică. Timpul mediu de funcționare până la refacerea unei vulcanizări sau efectuarea integrală a acesteia, MTBF, este de 1137 ore. Valoarea este comparabilă cu aceea evidențiată la transportorul B2. Diferența poate fi explicată de condițiile diferite de funcționare a celor două benzi de transport.

Ecartul foarte mare dintre funcțiile fiabilității covorului de bandă și vulcanizările aferente indică că fiabilitatea subsistemului bandă de transport este asimilată prin fiabilitatea vulcanizărilor. În aceste condiții fiabilitatea transportorului B3 este caracterizată prin indicatorul MTBF de 1137 ore.

Transportorul B4

Evaluarea fiabilității transportorului B4 urmează algoritmul prezentat la transportoarele B2 și B3. Construcția transportorului este identică fiind echipat cu același tip de covor de bandă.

Condițiile de exploatare sunt definite de funcționarea în subteran, transport ascendent pe plan înclinat cu 9° , o distanță de transport de 520 m, cu forțe tehnologice de valori mari, prezența masivă a mediului abraziv, condiții improprii de mentenanță preventivă și corectivă.

Fiabilitatea covorului de bandă ST 3150 este evaluată cu distribuția Weibull triparametrică. Covorul de bandă este un produs fiabil caracterizat de o medie a timpilor de utilizare până la scoaterea din funcțiune, MTBF, de 19373 ore. Valoarea este comparabilă cu aceea a transportoarelor B2 și B3.

Vulcanizările la cald aferente benzii de transport sunt evaluate în egală măsură cu distribuțiile normală și Weibull triparametrică. Timpul mediu de funcționare până la refacerea unei vulcanizări sau efectuarea integrală a acesteia, MTBF, este de 1774 ore.

Ecartul foarte mare dintre funcțiile fiabilității covorului de bandă și vulcanizările aferente indică că fiabilitatea subsistemului bandă de transport este asimilată prin fiabilitatea vulcanizărilor. În aceste condiții fiabilitatea transportorului B4 este asimilată prin fiabilitatea vulcanizărilor și este caracterizată prin indicatorul MTBF de 1774 ore.

Transportorul B5S

Fiabilitatea transportorului B5S este asimilată prin fiabilitatea covorului de bandă cu inserții textile EP 250/5.

Indicatorii de fiabilitate sunt evaluați cu distribuția Weibull triparametrică. Transportorul B5S este un echipament fiabil caracterizat prin MTBF de 1737 ore. Se remarcă valoarea relativ redusă a duratei de viață a covorului de bandă, comparativ cu transportorul B1, fiind în discuție același tip de covor cu cinci inserții textile.

Ca o concluzie generală, pentru descrierea funcționalității celor cinci transportoare se utilizează distribuția Weibull triparametrică. Utilizarea acestei legi de distribuție permite obținerea unor relații sintetice pentru calculul indicatorilor de fiabilitate.

Problema fundamentală în evaluarea fiabilității releului de benzi constă în stabilirea expresiei analitice a fiabilității acestuia.

Din punct de vedere al fiabilității, releul de benzi este considerat ca un sistem complex format din cinci subsisteme legate în serie, respectiv transportoarele B1, B2, B3, B4 și B5S. Fiabilitate releului de benzi este produsul fiabilităților celor cinci transportoare.

Fiabilitatea releului de benzi este evaluată printr-o funcție exponențială a cărei coeficienți și exponenți se obțin din parametri specifici distribuției Weibull specifici fiecărui transportor în parte.

Funcția de fiabilitate arată că probabilitatea ca releul de benzi să nu se defecteze din cauza benzilor de transport după 400 ore de funcționare este de 85 %, în condițiile aplicării sistemului preventiv planificat de mentenanță.

Funcția densității de probabilitate de apariție a defectelor, precum și funcția intensității de defectare indică valori de ordinul 10^{-4} def/h , ceea ce confirmă nivelul ridicat al fiabilității.

Sistemul este caracterizat de o medie a timpului dintre defecțiuni MTBF de 731 ore.

Evaluarea completă a funcționalității releului de benzi se poate face pe baza disponibilității acestuia. Disponibilitatea se determină pe baza indicatorilor de fiabilitate operațională, determinați în această lucrare și a indicatorilor de mentenabilitate, care cuantifică acțiunile de mentenanță.