

**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI ELECTRICĂ
DEPARTAMENTUL DE INGINERIE MECANICĂ,
INDUSTRIALĂ ȘI TRANSPORTURI**

**TEZĂ DE DOCTORAT
(Rezumat)**

**CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE
MODERNIZARE A UTILAJELOR DE TRANSPORT
UTILIZATE ÎN CARIERE DE ROCI ȘI MATERIALE
DE CONSTRUCȚII**

**RESEARCH STUDY OF THE OPPORTUNITIES IN
MODERNIZATION OF TRANSPORT HAULING
VEHICLES USED IN ROCKS AND BUILDING
MATERIALS QUARRIES**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Prof.univ.dr.ing. NAN MARIN-SILVIU**

**Doctorand:
Ing.ec. SECARĂ (DASCAR) MONIA-CAMELIA**

**PETROȘANI
2015**

CUPRINS

| | |
|--|------------|
| INTRODUCERE..... | 5 |
| CAPITOLUL 1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND UTILIZAREA MIJLOACELOR AUTO ÎN TRANSPORTUL ROCILOR TARI ȘI A CELOR ORNAMENTALE ÎN CARIERE..... | 7 |
| 1.1 Istoricul exploatării rocilor în cariere..... | 7 |
| 1.2 Aspecte ale procesului tehnologic în carierele de roci tari și ornamentale..... | 20 |
| 1.3 Transportul auto în cariere..... | 29 |
| 1.4 Tendințe moderne în utilizarea mecanizării în cariere..... | 36 |
| 1.5 Progrese în tehnologia carierelor..... | 39 |
| CAPITOLUL 2. CONSIDERAȚII PRIVIND CONSTRUCȚIA, EXPLOATAREA ȘI FIABILITATEA SISTEMELOR DE TRANSPORT..... | 43 |
| 2.1 Teoria sistemelor de transport..... | 43 |
| 2.2 Capacitatea de transport..... | 56 |
| 2.3 Sistemul de transport rutier..... | 59 |
| 2.4 Metode de înregistrare și verificare a folosirii autovehiculului..... | 60 |
| 2.5 Fiabilitatea sistemelor de transport | 66 |
| CAPITOLUL 3. ANALIZA CRITICĂ A CONSTRUCȚIEI, TESTĂRII ȘI VERIFICĂRII A SISTEMELOR COMPONENTE ALE VEHICULELOR RUTIERE..... | 81 |
| 3.1 Studiul construcției și funcționării sistemului de frânare..... | 82 |
| 3.2 Studiul construcției și funcționării sistemului de direcție..... | 91 |
| 3.3 Studiul construcției și funcționării suspensiei autovehiculelor..... | 107 |
| 3.4 Cercetări privind testarea și verificarea autovehiculelor..... | 120 |
| CAPITOLUL 4. STUDIUL ASPECTELOR LEGATE DE POLUAREA MEDIULUI ÎN CARIERE..... | 143 |
| 4.1 Emisiile poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare..... | 143 |
| 4.2 Normative și aparatura pentru verificarea emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare | 149 |
| 4.3 Îmbunătățirea emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare..... | 153 |
| 4.4 Recuperarea carierelor de roci tari și ornamentale..... | 163 |
| CAPITOLUL 5. COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A VEHICULELOR RUTIERE UTILIZATE ÎN CARIERE (studiu de caz)..... | 169 |
| 5.1 Studiul comportării în exploatare a sistemului de frânare..... | 169 |
| 5.2 Studiul comportării în exploatare a sistemului de direcție..... | 174 |
| 5.3 Studiul comportării în exploatare a suspensiilor autovehiculelor..... | 180 |
| 5.4 Studiul emisiilor poluante la motoarele cu aprindere prin comprimare..... | 186 |
| 5.5 Fiabilitatea autovehiculelor rutiere (calcul analitic)..... | 190 |
| CAPITOLUL 6. CERCETĂRI PRIVIND MODERNIZAREA SISTEMELOR DE TRANSPORT ÎN CARIERA DEALUL LUI IONEL (studiu de caz)..... | 207 |
| 6.1 Modernizarea sistemelor de transport..... | 207 |
| 6.2 Analiza comparativă a variantelor luate în studiu..... | 226 |
| 6.3 Prelucrarea datelor experimentale și optimizarea proceselor (calcul statistic)..... | 228 |
| CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE..... | 237 |
| BIBLIOGRAFIE..... | 252 |
| ANEXE..... | 259 |

Cuvinte cheie: cariere, mecanizare, modernizare, fiabilitate, emisii poluante, eficacitate, verificarea parametrilor funcționali, sistem de transport, flux tehnologic, recuperarea carierelor, capacitatea de transport, sistem frânare, direcție, suspensie.

INTRODUCERE

Studiul domeniului sistemului de transport a devenit necesar odată cu creșterea nevoilor de consum, accentuarea problemelor de funcționare a vehiculelor, necesitatea de măsurare și control a parametrilor tehnici, cu scopul de a crea un sistem de transport durabil și modern care să susțină dezvoltarea economică prin creșterea accesibilității pentru populație și mărfuri.

Există sisteme de transport utilizate în carierele de roci și materiale de construcții care sunt depășite din punct de vedere al progresului tehnic și la limita ciclului de viață. În acest context, având în vedere doar unitățile de acest gen din județul Hunedoara și cele adiacente lui, am considerat că există suficiente motive și oportunități pentru abordarea unei astfel de teme. Pe baza diagnosticării de la un stadiu actual al exploatării de carieră Dealul lui Ionel și a unor scenarii de dezvoltare viitoare, am analizat evoluția probabilă în ceea ce privește capacitatea de producție, am prelucrat și analizat calculul statistic a influenței dintre numărul mediu de trepte și cantitatea anuală de blocuri pentru justificarea propunerilor de dezvoltare a capacităților de extragere și de transport.

Lucrarea abordează și aspecte legate de posibilitățile de creștere a nivelului de eficiență în utilizarea vehiculelor de transport și analiza ciclului de viață al acestora, scăderea nivelului de poluare. Am evaluat starea parcului auto prin analiza măsurătorilor privind nivelul noxelor, calitatea sistemului de frânare, starea sistemului de direcție și a sistemului de suspensie, astfel încât să fie îndeplinite cerințele impuse de legislația națională RNTR (Reglementările Naționale de Transport). Aceste considerente m-au determinat să abordez analiza fiabilității autovehiculelor utilizate la transport în carieră, determinarea factorilor ce influențează fiabilitatea parcului auto pentru identificarea corectă a măsurilor necesare în vederea asigurării creșterii reale a acesteia, cu efect direct asupra cheltuielilor de întreținere.

Motivația tezei de doctorat vine în strânsă legătură cu creșterea gradului de conștientizare a potențialului tehnologiilor moderne în ceea ce privește sistemul de transport în cariere, contribuțiile efective la creșterea productivității, reducerea costurilor, scăderea poluării, creșterea gradului de siguranță funcțională a vehiculelor.

Teza de doctorat este structurată în Introducere, 6 capitole de conținut, un capitol final cuprinzând concluziile generale și contribuțiile proprii. Bibliografia consultată numără 160 de poziții, cuprinzând manuale, monografii, articole și studii din literatura autohtonă și străină. Între ele se regăsesc cele 10 lucrări personale și 3 referate de doctorat, precum și 10 anexe.

1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND UTILIZAREA MIJLOACELOR AUTO ÎN TRANSPORTUL ROCILOR TARI ȘI A CELOR ORNAMENTALE ÎN CARIERE

Acest capitol are ca scop prezentarea istoricului exploatării rocilor în cariere, aspecte ale procesului tehnologic în carierele de roci tari și ornamentale. În fig.1.1 am prezentat procedeul de tăiere cu sârmă diamantată a cărei performanțe actuale sunt de 2...4 m²/oră în granit și peste 40

m^2/h în unele blocuri de marmură. Ca urmare a economiilor, tăierea cu sârmă diamantată a înlocuit cea cu jet de flacăra, forajul fantă și dislocarea multidirecție.

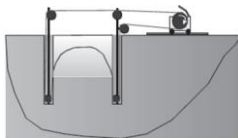


Fig.1.2 Tăierea 'orbă' cu sârmă diamantată

Am abordat teoria transportului și construcției drumurilor în cariere, din fronturile de lucru sau de la halde. Metoda cea mai des utilizată este cu suprafața superioară înclinată într-o singură parte și anume spre amonte pe profilul transversal [70], (fig.1.2).

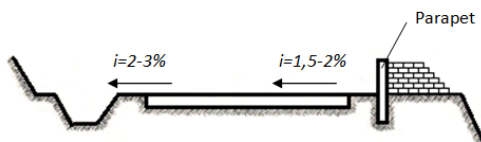


Fig.1.2 Profil transversal al drumului cu panta transversală într-o singură parte

Când în porțiunile înclinate se află și curbe, este necesar ca în curbă declivitatea să se micșoreze față de declivitatea porțiunilor drepte cu care se racordează, cu valoarea dată de [70]:

$$\Delta_i = 30 \cdot \frac{200 - R}{200} \quad (\text{‰}) \quad 1.1$$

În acest capitol am acordat o atenție aparte asupra tendințelor moderne în utilizarea mecanizării în cariere precum și progreselor în tehnologia carierelor. Un exemplu concludent de vehicule de ultimă generație folosite la transportul în cariere fiind cele cu benă prezentate în fig.1.3.



a) cu șasiu rigid



b) cu șasiu rigid și un grad de libertate

Fig.1.3 Tipuri de autobasculante utilizate în cariere

2. CONSIDERAȚII PRIVIND CONSTRUCȚIA, EXPLOATAREA ȘI FIABILITATEA SISTEMELOR DE TRANSPORT

Capitolul 2 cuprinde o sinteză a teoriei sistemelor de transport cu privire la determinarea numărului necesar de utilaje de transport, a circuitelor de transport, a capacității de transport într-un ciclu de lucru. Transportul are o semnificație deosebită pentru relațiile economice, politice și culturale dintre țările lumii, servind drept instrument de legătură între ele precum și o ramură importantă a economiei naționale. Sarcina principală a transportului auto este satisfacerea calitativă și la timp a cerințelor de transport a populației. Organizarea eficientă a procesului de transport este esențială pentru eficientizarea la maxim a resurselor și capacităților de producție disponibile. Întocmirea necesarului de mijloace de transport în funcție de cantitatea de marfă:

$$N_{mi} = \frac{Q}{q \cdot N_{mc} \cdot \gamma} \quad 2.1$$

De asemenea pe parcursul acestui capitol am prezentat noțiuni de teorie și legislație cu privire la limitatoarele de viteză și tahografele digitale care monitorizează durata de conducere și timpul de repaus al conducătorilor auto. Tahograful contribuie la creșterea securității circulației pe șosele, face mai economică exploatarea autovehiculelor, permite simplificarea evidențelor de exploatare și constituie o bază sigură și corectă de urmărire a activității șoferului și autovehiculului. Este imperativă supravegherea mișcării tuturor componentelor în diferitele faze de exploatare prin care trec: în așteptare, încărcare, cursa în plin și gol, fig.2.1.

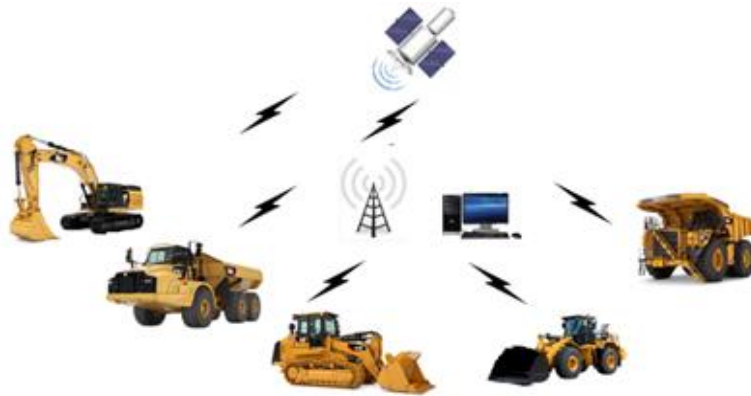


Fig.2.1 Legătura GPS pentru vehiculele din cariere

În continuare, am prezentat un studiu asupra teoriei fiabilității sistemelor de transport, modele de calcul a intensității de defectare pentru componentele mecanice din structura mijloacelor de transport, moduri de determinare a fiabilității. Studiul fiabilității unui sistem presupune mai întâi o analiză a structurii sistemului, prin care se stabilește dependența stării acestuia de starea elementelor componente cu parametri de fiabilitate dați. Sistemele pot fi reparabile sau nereparabile, de aceasta depinzând și ipotezele admise asupra funcționării și condițiile impuse exploatării.

Valorile timpilor de întrerupere și de funcționare în condiția de regim staționar sunt cunoscute ca timpul mediu de funcționare, respectiv timpul mediu de întrerupere. Timpul total de staționare este echivalent cu timpul necesar pentru repunerea echipamentului în funcțiune ca urmare a defecțiunilor. Media timpului de reparare MTTR este o măsură a mentenabilității [61]:

$$MTTR = \frac{\text{timp_total_reparatii}}{\text{numarul_total_defectiuni}} \quad (h) \quad 2.2$$

3. ANALIZA CRITICĂ A CONSTRUCȚIEI, TESTĂRII ȘI VERIFICĂRII A SISTEMELOR COMPONENTE ALE VEHICULELOR RUTIERE

În capitolul III am prezentat studiul construcției și funcționării principalelor sisteme ale vehiculelor de transport: de frânare, de direcție, de suspensie, cu caracteristicile constructive și funcționale ale acestora precum și principalele defecte care pot apărea.

Capacitatea de frânare prezintă o importanță deosebită pentru necesitatea activă a

automobilului și posibilitatea de monitorizare integrală a vitezei și accelerației acestuia pe perioada exploatării. În timpul frânării o parte din energia cinematică acumulată de autovehicul se transformă în energie termică prin frecare, iar o altă parte se consumă pentru învingerea rezistențelor la rulare și a aerului care se opune mișcării. Criteriul de apreciere a eficacității frânelor este spațiul de frânare.

În ceea ce privește sistemul de direcție am analizat elementele principale, unghiurile caracteristice direcției, unghiurile față de axa frontală și axa direcțională a vehiculului, tipuri de sisteme de direcție cu exemple de soluții adoptate în practică și problemele frecvente care apar.



Fig.3.1 Direcția articulată la vehiculul Komatsu HM300-2

Am identificat părților componente ale suspensiei autovehiculelor, analiza elementelor elastice ale suspensiei, a amortizoarelor și stabilizatoarelor, definirea tipurilor constructive de suspensii cu soluții adoptate în practică de către marii producători. Am abordat caracteristica elastică a suspensiei ce reprezintă variația deformației elementului elastic funcție de sarcină.

În continuare, capitolul tratează aspecte legate de principiile care stau la baza testării și verificării autovehiculelor. Eficiența exploatării vehiculelor este determinată în principal de reducerea la minimum a cheltuielilor de întreținere și reparare, de realizarea unui rulaj cât mai ridicat între defectări și menținerea unor înalți parametri ecologici. De asemenea am abordat necesitatea lucrărilor de întreținere și reparații, fenomenul de uzură ce se desfășoară în timp însoțit de pierderi de energie calorică și de material, fig.3.4.

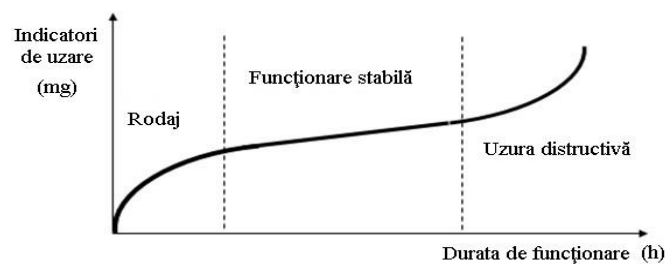


Fig.3.4 Etapele uzării reprezentate de variația uzurii în timp.

4. STUDIUL ASPECTELOR LEGATE DE POLUAREA MEDIULUI ÎN CARIERE

În acest capitol am analizat importanța protejării mediului în cariere. Succesiv am prezentat factorii poluanți determinați de activitățile caracteristice carierelor de rocă. În continuare am studiat o metodă de evaluare a influenței lucrărilor desfășurate în cadrul exploatării de carieră asupra calității factorilor de mediu, metoda scării de bonitate și diagrama impactului global asupra mediului.

O altă subsecțiune importantă a acestui capitol este studiul metodei de verificare a noxelor poluante a motoarelor cu aprindere prin comprimare, principiul teoretic, aparatura utilizată și normativele în vigoare. Principiul de măsurare a opacității se bazează pe metoda Beer Lambert iar aparatul folosit pentru măsurarea coeficientului de opacitate a fost opacimetrul, fig.4.1.

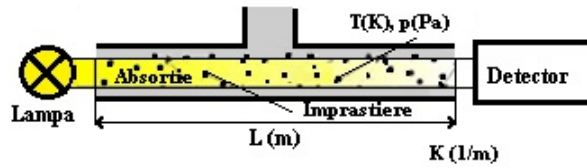


Fig.4.1 Principiul de funcționare a opacimetrului (Metoda Beer Lambert)

$$\frac{I}{I_0} = e^{-K \cdot L \cdot \frac{T_0 \cdot p}{T \cdot p_0}} = \left(1 - \frac{N}{100}\right) \quad 4.1$$

Îmbunătățirea emisiilor poluante la motoarele cu aprindere internă se realizează cu ajutorul a mai multor sisteme moderne (EGR sistemul de recirculare a gazelor, DPF filtru de particule, și prin injectarea unei cantități de AdBlue în fluxul fierbinte de gaze de eșapament, SCR), fig.4.2, aceste metode fiind prezentate în detaliu în cadrul acestui capitol.

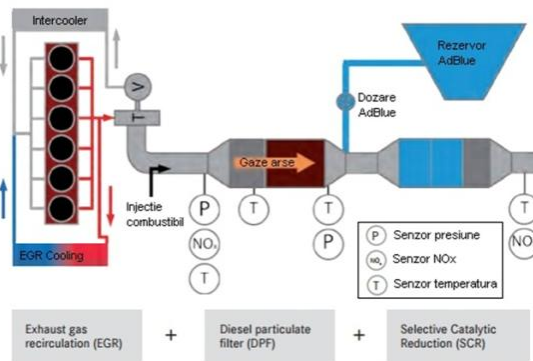


Fig.4.2 Sistemul Mercedes de tratare a gazelor arse cu AdBlue

Având în vedere viața limitată a unei cariere, legislația actuală prevede obligativitatea recuperării carierelor și redării lor mediului înconjurător, după epuizarea depozitului. Am prezentat noțiunile fundamentale și principiile care guvernează procesul de recuperare a carierelor.

În urma analizei efectuate rezultă că modernizarea și creșterea eficienței grupului propulsor a vehiculelor utilizate în cariere este în strânsă legătură cu reducerea nivelului de noxe ca urmare a necesității încadrării în limitele normelor de poluare conform legislației în vigoare.

5. CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A VEHICULELOR RUTIERE UTILIZATE ÎN CARIERE (studiu de caz)

Capitolul 5 conține date referitoare la probele analizate, etapele de lucru, tehnicile utilizate cât și aspectele urmărite la interpretarea datelor. Astfel, am prezentat amănunțit metodele de măsurare și control a parametrilor sistemelor de frânare, direcție, suspensie și a noxelor emise de motorul cu aprindere prin comprimare.

Verificarea eficacității sistemului de frânare a vehiculelor rutiere presupune verificarea coeficienților de frânare realizați de frâna de serviciu și cea de staționare, verificarea dezechilibrului între forțele de frânare la roțile aceleiași punți pentru frâna de serviciu și de staționare [100] ținând cont de presiunile din camerele de frânare, acționând cu o forță ce simulează gradul de încărcare real.

Coeficientul de frânare la roțile aceleiași punți se determină cu relația:

$$C_f = \frac{(F_{is} + F_{id}) \times E_1 + \dots + (F_{ns} + F_{nd}) \times E_n}{G} \times 100 \quad (\%) \quad 5.6$$

În cea de-a doua parte a subcapitolului am prezentat verificarea sistemului de frânare a unei semiremorci cu 3 axe Schmitz SPR24 2002, având greutatea totală măsurată de 12.766,9 kg, (fig.5.1), precum și comparația cu rezultatele obținute pentru alte tipuri de vehicule (fig.5.2).



Fig.5.1 Verificarea sistemului de frânare

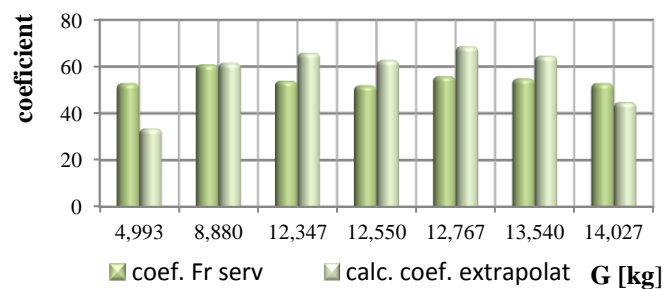


Fig.5.2 Diagramele coeficienților de frânare

Ca și în cazul sistemului de frânare, defecțiunile sistemului de direcție pot avea consecințe catastrofice datorită gabaritelor mari cu care se lucrează. Acest subcapitol analizează verificarea sistemului de direcție și se axează asupra măsurătorilor din timpul operațiilor de diagnosticare și a celor raportate după ajustarea neconcordanțelor. Acest lucru presupune verificarea unghiului de convergență, unghiurilor de cădere și de fugă, respectiv a unghiului de bracăj.

În continuare am analizat parametrii de diagnosticare ai sistemului de direcție a unei autoutilitare N1 4x4.

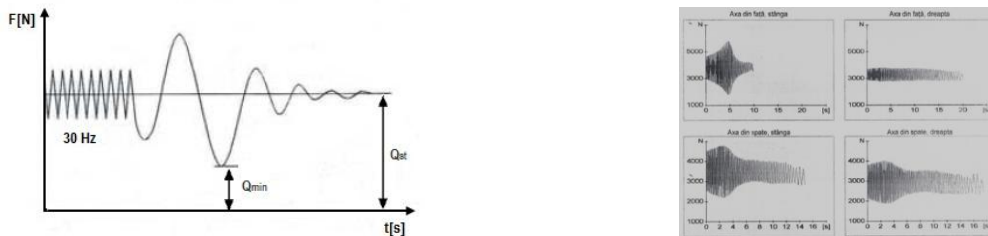
| | AXA FATA | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Valori nominale | | | DIAGNOZA | | AJUSTARE | | | | | |
| | ← | ≠ | ⇒ Δ | St | ≠ Dr Δ | St | ≠ Dr Δ | | | | |
| Convergența totală | Gr | +0°06' | +0°10' | +0°14' | | +2°08' | | +0°18' | | | |
| Semiconvergența | Gr | +0°03' | +0°05' | +0°07' | -0°34' | +2°02' | +0°09' | +0°09' | | | |
| Diferența poziție | Gr | --- | --- | --- | +0°28' | | +0°28' | | | | |
| Unghi cadere | Gr | -0°10' | +0°20' | +0°30' | 0°45' | -0°41' | +0°22' | 1°03' | -0°41' | +0°26' | 1°07' |
| Unghi fuga | Gr | +1°56' | +2°26' | +2°56' | 0°45' | +1°57' | +2°47' | 0°50' | +2°08' | +3°03' | 1°03' |

Fig.5.3 Fișă parțială de diagnoză a direcției

Se observă că, după corectarea unghiului de semiconvergență (cu valorile inițiale mult în afara limitelor nominale), valoarea celorlalte unghiuri ale direcției se modifică nu întotdeauna

însă cu rezultate în sensul reducerii diferențelor. Acest lucru generează solicitări neuniforme asupra componentelor sistemului de direcție și implicit o uzură suplimentară afectând negativ siguranța în exploatare și determinând creșterea costurilor. Este foarte important ca unghiurile sistemului de direcție să fie menținute în mod constant în limitele valorilor nominale printr-o mentenanță optimă efectuată la timp.

În continuare am prezentat în detaliu metoda de măsurare a sistemului de suspensie și rezultatele obținute alături de o serie de măsurători comparative și observații. Analizând variațiile forțelor verticale măsurate între calea de rulare și pneu prin metoda EUSAMA am determinat eficacitatea sistemului de suspensie. Metoda este bazată pe principiul vibrațiilor mecanice armonice generate cu ajutorul unui motor electric cu excentric. Vibrațiile mecanice inițiale sunt aplicate timp de până la 7 secunde cu frecvența de oscilație de 30 Hz (mai mare decât frecvența de rezonanță a amortizorului 8...18 Hz), după vibrația este redusă cu rata de 1 Hz până când devine egală cu frecvența de rezonanță a amortizorului (amplitudinea vibrației și forța de contact dintre pneu și standul de testare atinge valorile limită).

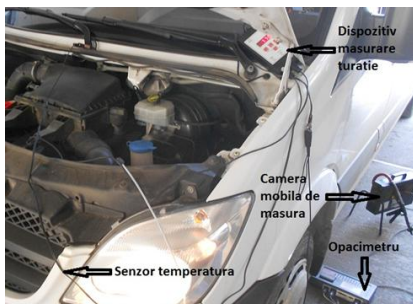


a) Reprezentare grafică a coeficientului EUSAMA b) Forțele verticale între calea de rulare și pneu

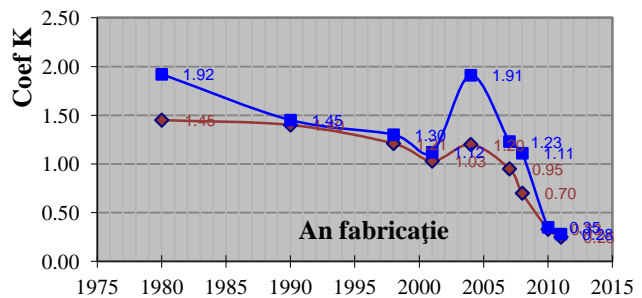
Fig.5.4 Metoda EUSAMA plus pentru examinarea amortizoarelor

Valoarea coeficientului de amortizare determinat de 46 % și diferența valorilor aderenței la sol comparată cu partea stânga față de 51 % indică cu certitudine faptul că amortizorul față stânga este necorespunzător. Frecvențele de rezonanță a suspensiei spate precum și diferența valorilor aderenței la sol se încadrează în limitele nominale.

În subcapitolul următor am analizat evoluția emisiilor de noxe rezultate din reacția arderii combustibilului Diesel pentru un parc auto, măsurători colectate cu ajutorul opacimetrului, fig.5.5.



a)



b)

Fig.5.5 Dispozitivul de măsurare a noxelor a) și variația coeficientului k b)

În încheierea acestui capitol am utilizat modelarea numerică pentru determinarea

fiabilității vehiculelor de transport în carieră, rezultatele fiind analizate și prelucrate cu metode statistice, stabilind astfel indicatorii de fiabilitate. Din analiza diagramei Pareto, pe care am elaborat-o premergător analizei de fiabilitate, rezultă graficele frecvenței eșecurilor și timpilor de reparație.

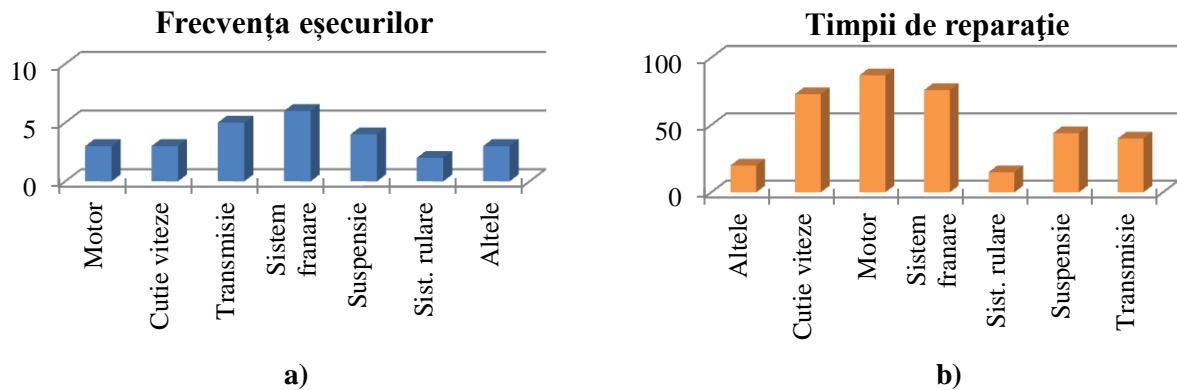


Fig.5.6 Diagrama Pareto a frecvenței căderilor a) și a timpilor de reparație b)

Din analiza diagramei Pareto, Fig.5.6, metoda evidențiază ierarhia sistemelor ce prezintă cele mai multe defecte apărute: sistemul de frânare (23 %), transmisie (19 %) și suspensie (15 %). Valoarea ce mai ridicată a ponderii timpului de reparații este observată la grupul propulsor (25 %), sistemul de frânare (21 %) și cutia de viteze (20 %). În vederea creșterii gradului de utilizare a vehiculului și de reducere a costurilor privind mentenanța, este necesară modernizarea subsansamblurilor determinate anterior. În cadrul acestui capitol am recurs la utilizarea unor metode matematice de calcul și analiză, și anume metodele distribuției Exponențiale și Weibull, Fig.5.7.

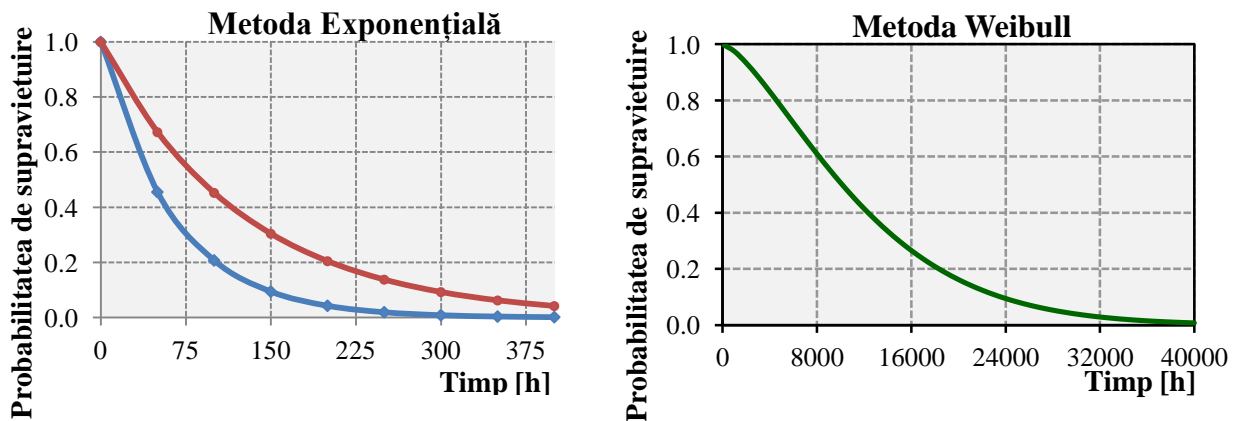


Fig.5.7 Variația fiabilității pentru vehiculele de transport

Din diagrama obținută prin metoda Exponențială se observă că valoarea fiabilității vehiculelor din parcul auto este mare. Ca exemplu, pentru un timp de funcționare de 50 de ore, probabilitatea de a nu avea defecte este cuprinsă între 46...68 %, acest timp fiind un timp efectiv de lucru, nu calendaristic. Modelul Weibull arată că pentru un nivel de încredere de 99 % se preconizează un interval de 516 ore TBF, iar pentru un nivel de încredere de 90 % se observă o valoare de cel puțin 2.646 ore TBF.

6. CERCETĂRI PRIVIND MODERNIZAREA SISTEMELOR DE TRANSPORT ÎN CARIERA DEALUL LUI IONEL (studiu de caz)

Pornind de la considerentul general și cel specific al proiectului, obiectul constă în achiziția de utilaje specifice activității de carieră, utilaje de generație nouă de înaltă performanță, cu scopul creșterii capacității de producție, a productivității, îmbunătățirii performanțelor tehnice, scăderii consumurilor specifice și nu în ultimul rând pentru protejarea activă a mediului prin scăderea emisiilor. Vehiculele de transport și excavatoarele sunt tehnologii critice pentru operațiunile miniere de suprafață, fiind unitățile în jurul cărora majoritatea activităților miniere sunt proiectate și planificate. În acest capitol mi-am propus abordarea subiectului modernizării sistemelor de transport în cadrul carierei de marmură Dealul lui Ionel, luând în considerare capacitățile existente și cerințele de creștere a capacității de excavare și transport blocuri, cantității de materie primă pentru concasor.

Pentru a efectua o analiză detaliată privind modernizarea sistemelor de transport în carieră, în prima parte a acestui capitol am prezentat elementele geometrice ale carierei și etapele fluxului tehnologic de exploatare. În continuare am analizat două variante posibile pentru creșterea capacităților de încărcare și transport. Comparând capacitățile de încărcare posibile de dotare suplimentară cu nivelele de producție (extragere) proiectate și capacitățile de extragere din carieră în situația actuală a geometria carierei, a rezultat un necesar suplimentar de utilaje de încărcare în raport cu posibilitățile dotării actuale.

Nivelul de producție obținut la nivelul anului 2012 de 142.000 m^3 , nu poate fi depășit având în vedere gradul ridicat de utilizare a mijloacelor de încărcare 90 % (o creștere a excavatului în rezervă cu 7...8 % ar conduce la un grad de utilizare a capacității de încărcare mai mare de 95 % ceea ce nu este sustenabil). În același context, gradul de utilizare a capacității de transport ar trebui să crească de la 86 % la 93 %. În urma analizei efectuate rezultă ca varianta optimă propusă pentru creșterea nivelului de producție cu 25...26%, de la $142.000 \text{ m}^3/\text{an}$ la $180.000 \text{ m}^3/\text{an}$ excavat total echivalentul unei medii de 2,5 fronturi active, este de mărirea capacității de încărcare/manevră și de transport masă minieră cu trei încărcătoare frontale cu cupă noi și a două autobasculante tip dumper articulat de 30 t (Fig.6.1). În această configurație gradele de utilizare a capacităților de încărcare și transport vor fi de 86 %.



Fig.6.1 Dumper de 30 t și încărcător frontal cu cupa $4/4,5 \text{ m}^3$

În ultima parte a acestui capitol am abordat una din principalele probleme ale teoriei probabilităților și statisticii matematice, cea a studiului dependenței dintre două sau mai multe

variabile. Pentru aceasta am stabilit corelația dintre numărul mediu de trepte și blocuri prin teoria regresiei. Metoda statistică utilizată a confirmat că numărul de trepte are o influență determinantă asupra capacității de producție (mărirea numărului de trepte este măsura primară ce trebuie aleasă pentru creșterea producției), Fig.6.2.

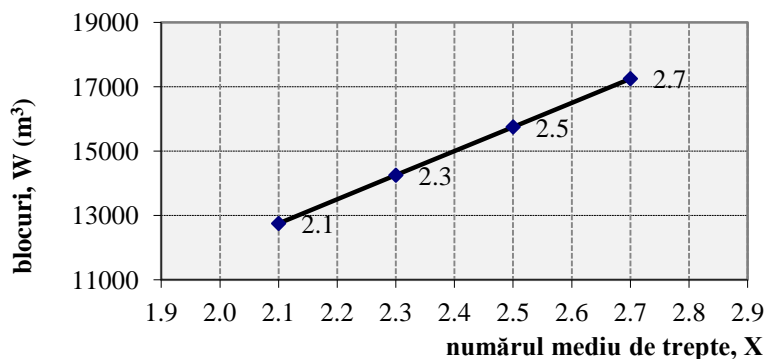


Fig.6.2 Dependența dintre numărul de trepte și volumul de blocuri determinată prin regresia liniară

În cazul soluției propuse, creșterea este cu 25...26 %, de la 142.000 m³/an la 180.000 m³/an excavat total. Concluzia ce se poate desprinde este că prin alegerea corespunzătoare a numărului de trepte, se obține o producție de blocuri ce permite utilizarea eficientă a capacităților de extragere și eficientizarea costurilor împreună cu maximizarea beneficiilor. Creșterea numărului mediu de fronturi active de la 2,3 la 2,5 impune mărirea capacității de încărcare/manevră și de transport masă minieră, noul grad de utilizare a capacităților de încărcare și transport fiind estimat la 86 %.

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

În acest capitol sunt prezentate concluziile studiului, contribuțiile personale și propuneri pentru proiectele viitoare de cercetare.

Concluzii

Exactitatea datelor colectate este funcție de calitatea înregistrărilor efectuate de către personalul responsabil cu activitățile de întreținere, colectarea într-un mod sistematic și organizat a rapoartelor de defectare/reparații (înțelegând faptul că acest lucru ar putea fi consumator de timp și necesită procese adecvate implementate). Este esențială înregistrarea la timp a datelor astfel încât să poată fi utilizate de către echipa de management pentru provizionarea corectă a stocurilor de piese de schimb, planificarea activităților de întreținere, achiziționarea de echipament nou, sau de a lua măsuri corective cu privire la factorii care influențează fiabilitatea echipamentelor (sarcină, viteză, starea drumurilor, etc).

Performanța unei cariere depinde nu numai de echipamentele de producție cum ar fi mașinile de forat/tăiere/excavatoare/încărcătoare, dar este foarte mult afectată de disponibilitatea și utilizarea echipamentelor de service.

Extrapolând rezultatele obținute la comportarea în exploatare, diferențele semnificative

între forțele de frânare pe punți produc uzuri neuniforme a anvelopelor și crează solicitări suplimentare ale componentelor sistemului de frânare. De asemenea, vehiculele care au înregistrat un coeficient de frânare mai mic decât valoarea minim admisă sunt inadecvate circulației în siguranță și ca urmare respinse din punctul de vedere al inspecției tehnice.

Calitatea amortizoarelor este esențială pentru stabilitatea în deplasare, confort precum și pentru eficacitatea frânării de urgență, distanța de frânare putând crește cu până la 20 % în cazul în care vehiculul are un amortizor defect. Este indicată schimbarea în pereche a amortizoarelor și a arcurilor, împreună cu celelalte componente ale sistemului de suspensie (rulmenți, etc.). Înlocuirea telescoapelor defecte este necesară pentru prevenirea oscilațiilor îndelungate ale suspensiei.

Este foarte important ca unghiurile sistemului de direcție să fie menținute în limitele valorilor nominale, menținerea unei presiuni corespunzătoare a anvelopelor printr-o mentenanță optimă efectuată la timp pentru a asigura o filtrare corespunzătoare a neregularităților căii de rulare, un raport de demultiplicare adecvat, o rază de bracaj minimă și readucerea roților directoare pe poziția corespunzătoare mersului rectiliniu după efectuarea bracajului.

Analizând comparativ datele măsurate se poate observa tendința de creștere la unele vehicule a valorii coeficientului K, fapt ce poate indica un program de revizii cu deficiențe. Se poate observa avansul tehnologiei din ultimul deceniu care permite funcționarea motoarelor cu valori foarte bune ale coeficientului K (sub 0,5).

O metodă alternativă de reducere a gradului de poluare este utilizarea amestecurilor cu combustibil biodiesel care, deși este mult mai costisitor și generează o putere cu 10 % mai mică decât combustibilii convenționali, reduce emisiile de hidrocarburi, zgomotul precum și uzura.

Drumurile de acces din cadrul unei cariere ar trebui să aibă un gradient accesibil, pavajul trebuind luat în considerare dacă este posibil, mai ales în cazul în care există riscul de afectare a unor receptori sensibili la zgomot. În cazul în care rezistența la rulare rutieră este redusă, costul de echipament necesar pentru transport se poate reduce cu până la 30 % în timp ce costurile de operare se reduc cu 20...25 %.

În scopul de a se asigura că industria minieră își menține și îmbunătățește poziția cu privire la competitivitate, securitate și sănătate, este esențial să se acorde prioritate asigurării succesului continuu în punerea în aplicare a metodelor de mecanizare. Cea mai mare provocare pentru asigurarea unei disponibilități a vehiculului de peste 90 %, este durabilitatea unui program de întreținere robust.

Vehiculele de transport moderne cresc nu numai productivitatea dar reduc și costul pe tona de material transportat, de aceea este foarte importantă folosirea tipului de camion conform specificului activității efectuate.

În urma calculelor efectuate cu ajutorul distribuției exponențiale rezultă că, cu o

probabilitate de 90 %, valoarea estimată a mediei timpului de bună funcționare este cuprinsă în intervalul 63...126 ore, iar intensitatea de defectare este cuprinsă în intervalul 0,01572...0,00793 defecte/h. Am abordat aceasta situație limită, care pleacă de la ipoteza că toate defectele sunt atribuite unui singur vehicul, cu scopul de a evidenția eroarea potențială ce poate fi introdusă de o interpretare incorectă a datelor. S-a observat că valoarea fiabilității reale a vehiculelor din parcul auto este mare, pentru un nivel de încredere de 90% se observă o valoare a TBF de cel puțin 2.646 ore, acest timp fiind un timp efectiv de lucru, nu calendaristic.

Pentru creșterea fiabilității camioanelor este absolut necesară depistarea și prevenirea defectelor principalelor sisteme ale vehiculului, așa cum a rezultat din analiza efectuată cu ajutorul diagramelor Pareto. Una dintre cauzele majore de nefuncționare ale echipamentelor este defectarea frânelor și suspensiei.

În ceea ce privește posibilitățile de modernizare a sistemelor de transport într-o carieră, luând în considerare dotarea actuală a carierei Dealul lui Ionel cu mijloace de încărcare și transport și nivelul de producție obținut la nivelul anului 2012, pentru o creștere a nivelului de producție cu 25...26 %, de la 142.000 m³/an la 180.000 m³/an excavat total, se impune mărirea capacității de încărcare/manevră și de transport masă minieră cu încărcătoare frontale cu cupă și autobasculante tip dumper articulată, noile grade de utilizare a capacităților de încărcare și transport estimate fiind 86 %.

Este foarte importantă determinarea prin calcule matematice a asocierii și corelației între numărul mediu de trepte și producția de blocuri, astfel încât strategia de îndeplinire a obiectivului propus este concepută și implementată avându-se în vedere gradul ridicat de utilizare a mijloacelor de încărcare. Rezultatele obținute ca urmare a unor strategii de testare/verificare implementate corect sunt evidențiate în evoluția dinamică a accidentelor rutiere datorate stării tehnice a vehiculelor. Analiza costului nu este o componentă a verificării dar ar putea oferi informații suplimentare pentru utilizatorul tehnologiei în cauză, și e foarte probabil să fie solicitată de către managerii de parc auto ca suport pentru achiziționarea de tehnologie.

Având în vedere cele expuse mai sus, **contribuțiile** principale aduse de cercetarea efectuată în problematica modernizării sistemelor de transporturi în carieră sunt:

- sistematizarea aspectelor teoretice principale necesare în rezolvarea problemelor de fiabilitate;
- constituirea și optimizarea unei baze de date informaționale privind comportarea în exploatarea autobasculantelor, provenite din activitățile curente de întreținere și reparații, date ce pot constitui o referință privind evaluarea în timp a indicatorilor de fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate;
- analiza critică a sistemelor de frânare, direcție, suspensie prin colectarea de măsurători; stabilirea intervalelor de referință în strictă interdependență cu valorile prescrise de literatura de

specialitate din domeniu și legislația actuală;

- abordarea noțiunilor de diagnosticare a sistemelor verificate;
- identificarea elementelor geometrice ale carierei Dealul lui Ionel, descrierea lucrărilor și tehnologiei de exploatare; studiul teoretic al posibilităților de dezvoltare a capacității de transport în concordanță cu creșterea capacității de producție pentru scenariile propuse;
- simularea a două scenarii de dezvoltare a capacității de producție direct influențate de către dimensiunea liniei de front (suprafața activă) și dotarea tehnologică;
- efectuarea analizei critice a frecvenței căderilor și a indicatorilor de fiabilitate pentru un parc auto cu ajutorul diagramei Pareto, identificarea componentelor asupra cărora să se orienteze măsurile de creștere a fiabilității, stabilirea acțiunilor de mentenanță și dimensionării corecte a activităților de reparații și întreținere pentru prevenirea și reducerea numărului de defecțiuni;
- analiza fiabilității produselor, identificarea construcțiilor grafice utilizate în studiul fiabilității sistemelor de transport, determinarea parametrilor caracteristici distribuției Exponențiale și Weibull;
- față de abordările existente, metodologia de aplicare a modelului matematic privind calculul distribuției Weibull cu ajutorul aplicației Excel, reprezintă o contribuție personală evidențiind importanța și flexibilitatea acestor instrumente;
- organizarea informației pentru a reduce incertitudinea și conduce la recomandări și variante de acționare; identificarea problemelor majore de soluționat cu privire la fiabilitatea vehiculelor în exploatare;
- determinarea relațiilor de calcul, în vederea obținerii capacității de extragere calculată după linia de front, gradul de utilizare a capacității de transport rezultat din raportul necesar de transportat;
- analiza scenariilor de calcul după linia de front, capacitatea utilajelor de încărcare/manevră masă minieră; compararea variantelor optime cu avantaje și dezavantaje, justificarea soluției recomandate; analiză bazată pe scenariile probabile de evoluție a în ceea ce privește capacitatea de producție existentă;
- analiza și prezentarea unui model conceptual de analiză numerică și statistică matematică pentru determinarea asocierii și corelației între numărul mediu de trepte și producția anuală de blocuri la Cariera Dealul lui Ionel, verificarea credibilității datelor justificând astfel propunerea de dezvoltare a capacităților de transport;
- s-a demonstrat raționalitatea ideii de mecanizare, cu alte cuvinte, oricât de mult am dezvolta extensiv vechile tehnologii (echipamentele uzate moral), creșterea economică este totuși limitată de mai mulți factori; investițiile în re tehnologizare produc efectul scontat cu eforturi investiționale acceptabile.

Direcții de cercetare

Domeniul transporturilor are o evoluție fără precedent în ceea ce privește construcția autovehiculelor cât și aspectele legate de managementul rutelor. În această fază de restructurare și reorganizare a carierelor, pentru o eficientizare maximă, utilizarea acestei metode de evaluare a sistemelor de transport poate aduce beneficii reale, putând conduce la creșterea nivelului de producție, securității și performanței în exploatare, realizarea și implementarea unui sistem de transport mai eficient, cu un nivel de emisii, zgomot și rată de defectare reduse ce ar conduce la reducerea costurilor dar și reducerea impactului asupra mediului.

Cercetări privind conceperea și realizarea unor sisteme de comandă și control a sistemelor de transport în vederea reducerii timpilor de așteptare. Cercetări privind folosirea sistemului GPS pentru localizarea eficientă a sistemelor de transport în condițiile carierelor de roci tari și ornamentale.

Stabilirea unui set minim de atribute incluzând intervalele de valori acceptabile ale acestora în condiții de înaltă calitate a serviciilor de transport.

Dezvoltarea în viitor

Echipamentele folosite în cariere sunt susceptibile de service pe bază de performanță, modul în care sunt folosite fiind diferit față de alte sectoare de activitate. E posibil ca evoluțiile viitoare să aibă un impact major la creșterea productivității dacă vor putea reduce timpii morți și îmbunătăți planificarea întreținerii odată cu reducerea costurilor de funcționare. Una dintre soluțiile propuse ar consta în adoptarea modelului prezentat și dezvoltarea acestuia pentru noi categorii de probleme specifice carierelor, probleme ce necesită decizii complexe de adaptabilitate la condiții de incertitudine variate.