



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00642

(22) Data de depozit: 25/10/2021

(41) Data publicării cererii:
28/04/2023 BOPI nr. 4/2023

(71) Solicitant:
• INCD-INSEMEX PETROȘANI,
STR.GEN.VASILE MILEA, NR.32-34,
PETROȘANI, HD, RO

(72) Inventatori:
• CIOCLEA DORU, STR.1 DECEMBRIE
1918, BL.65, AP.15, PETROȘANI, HD, RO;
• IANC NICOLAE,
STR. 1 DECEMBRIE 1918, BL. 124, AP. 28,
PETROȘANI, HD, RO;
• GĂMAN GEORGE ARTUR,
STR. INDEPENDENȚEI, BL. 3, AP. 15,
SC. 1, ET. 3, PETROȘANI, HD, RO;
• GHICIOI EMILIAN, STR. GEN. VASILE
MILEA, BL.17, SC.1, AP.9, ET.4,
PETROȘANI, HD, RO;

• GHERGHE ION, STR. AVIATORILOR
BL. 62A, AP. 33, PETROȘANI, HD, RO;
• RĂDOI FLORIN,
STR. NICOLAE TITULESCU NR. 69, BL. D8,
SC. 2, AP. 51, VULCAN, HD, RO;
• BOANTĂ CORNELIU, STR. LUNCA NR. 6,
PETRILA, HD, RO;
• CHIUZAN EMERIC, STR.TIMIȘOAREI,
NR.8, AP.3, PETROȘANI, HD, RO;
• TOMESCU CRISTIAN, STR.GENERAL
VASILE MILEA, BL.28C, SC.2, AP.37,
PETROȘANI, HD, RO;
• MATEI ADRIAN, STR. TAIA NR. 106,
PETRILA, HD, RO;
• DRĂGOESCU RĂZVAN, STR.PĂCII, BL.14,
SC.II, AP.29, PETROȘANI, HD, RO;
• CĂMĂRĂȘESCU ALEXANDRU,
STR.INDEPENDENȚEI, BL.1, SC.II, AP.29,
PETROȘANI, HD, RO

(54) METODĂ DE SUBSTITUIRE A CONSTRUCȚIILOR DE AERAJ
CRITICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de substituie a construcțiilor de aeraj critice pentru exploatarea din subteran. Metoda, conform invenției, cuprinde etapele de stabilire a parametrilor funcționali asociați ventilatoarelor active ale construcției de aeraj, stabilire a zonelor de influență specifice fiecărei stații principale de ventilație, stabilire a influenței construcției de aeraj asupra stabilității în funcționare a ventilatoarelor active, identificare a construcțiilor de aeraj critice, construcțiile de aeraj critice fiind substituite prin reducerea rezistenței totale a construcției de aeraj critice, eliminare a construcției de aeraj critice și dispersia rezistenței totale asociată

construcției de aeraj critice, pe legături paralele, situate în aval sau în amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice, în noua configurație a rețelei de aeraj obținându-se parametrii funcționali specifici ventilatorului principal activ.

Revendicări: 1
Figuri: 3



METODĂ DE SUBSTITUIRE A CONSTRUCȚIILOR DE AERAJ CRITICE

Invenția se referă la o metodă de substituire a construcțiilor de aeraj critice.

La exploatarea subterană a cărbunilor se utilizează sisteme de lucrări miniere care prezintă un grad de complexitate ridicat, putând atinge lungimi cumulate de zeci de kilometri iar în anumite cazuri peste o sută de kilometri [3]. Asociat sistemelor de lucrări miniere avem rețelele de aeraj cu rol de vehiculare a unor debite de aer importante cu ajutorul sistemelor de ventilare speciale. Rețelele de aeraj sunt formate din totalitatea lucrărilor miniere pe care se vehiculează debite de aer [3;8]. Structural, acestea cuprind noduri și ramificații. Nodurile unei rețele de aeraj sunt generate de intersecția a două sau mai multe lucrări miniere iar ramificațiile reprezintă porțiunea de rețea dintre două noduri consecutive. În consecință o rețea de aeraj cuprinde sute sau chiar mii de noduri și ramificații.

Pentru asigurarea debitelor optime la nivel de circuite sau sub circuite de aeraj se utilizează construcții de aeraj specifice.

Pentru realizarea unui aeraj eficient este necesară asigurarea debitelor optime de aer la nivelul fiecărei ramificații. În acest scop se aplică sisteme de calcul matematice pentru modelarea rezolvarea și simularea rețelelor de aeraj. În prezent există sisteme software specializate, care utilizează aparate matematice complexe pentru obținerea repartiției optime a debitelor de aer la nivelul tuturor ramificațiilor.

Pentru rezolvarea unei rețele complexe de aeraj se poate utiliza, de exemplu, metoda aproximărilor succesive Hardy Cross. Această metodă stă la baza unor programe informatice specializate, ca de exemplu, 3D CANVENT [1]. Cu ajutorul acestui software specializat se poate obține rezolvarea rețelei de aeraj precum și optimizarea repartiției debitelor de aer la nivel de ramificații.

Rezolvarea rețelei de aeraj aferentă unei mine necesită parcurgerea anumitor etape succesive.

Astfel că prin rezolvarea rețelelor de aeraj utilizând programe software specializate [4;5;7] și echipamente IT performante, respectiv prin aplicarea în practică a rezultatelor obținute, se poate crește gradul de securitate în cazul exploatarea subterană a cărbunilor.

Pentru diluarea gazelor care se degajă la nivelul lucrărilor miniere subterane și menținerea concentrațiilor acestora sub limita maximă admisă de legislația în vigoare, se utilizează aerajul general, aerajul parțial sau aerajul local.

Astfel principala măsură de prevenire a exploziilor/intoxicațiilor/asfixierilor/iradierilor este realizarea unei ventilații corespunzătoare la nivelul lucrărilor miniere subterane [1].

Aerisirea lucrărilor miniere are drept scop atingerea a patru obiective principale:

- să asigure concentrația minimă de oxigen (19 % vol.) la nivelul lucrărilor miniere active;

- să asigure diluarea corespunzătoare a gazelor explozive /toxice/asfixiante/radioactive;
- să preia căldura degajată de procesele tehnologice care se desfășoară în subteran, de masivul de roci și de zăcământ (energie geotermică), de procesele de oxidare a substanțelor minerale organice, și să o evacueze la suprafață;
- să preia umiditatea existentă în lucrările miniere subterane și să o evacueze la suprafață.

Buna funcționare a unei rețele complexe de aeraj depinde de numărul stațiilor principale de aeraj, de tipul și parametrii funcționali aferenți ventilatoarelor din cadrul stațiilor principale de aeraj, de tipul, forma, dimensiunile și starea lucrărilor miniere precum și de numărul și tipul construcțiilor de aeraj.

Construcțiile de aeraj sunt utilizate pentru separarea, reglarea și dirijarea curenților de aer. În anumite situații unele construcții de aeraj induc dezechilibre majore la nivelul rețelei de aeraj care se traduc printr-un grad ridicat de instabilitate a parametrilor funcționali aferenți ventilatorului activ respectiv prin variații ale repartiției debitelor la nivelul ramificațiilor [2]., efecte care pot conduce la amplificarea riscurilor potențiale deja existente. Aceste construcții de aeraj se numesc critice și trebuie evitată amplasarea lor la nivelul ramificațiilor preconizate.

Fenomenul de instabilitate al rețelelor de aeraj a fost studiat atent de cercetători din țările cu minerit dezvoltat.

În prezent la nivel mondial această problematică se studiază cu ajutorul programelor specializate respectiv cu ajutorul tehnicii CFD (Computational Fluid Dynamics), care este o ramură a mecanicii fluidelor, ce utilizează metode numerice și algoritmi pentru a rezolva și analiza problemele care implică fluxuri de fluide. Însă utilizarea tehnicii CFD la nivelul unei rețele complexe de ventilare excede posibilitățile tehnice obișnuite actuale, motiv pentru care aplicarea acesteia este limitată la lucrări miniere sau cel mult zone reduse ale rețelelor de aeraj.

În prezent la nivel național nu este cunoscută nici o metodă de substituire a construcțiilor de aeraj critice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în identificarea modalităților de substituire a construcțiilor de aeraj critice.

Prezenta invenție se bazează pe identificarea modalității de substituire a construcțiilor de aeraj critice, prin eliminarea gradului de instabilitate indus la nivelul ventilatoarelor active. Pentru aceasta mai întâi se procedează la rezolvarea, cu ajutorul programelor specializate, a rețelei complexe de aeraj și stabilirea parametrilor funcționali aferenți ventilatoarelor active, în condiții normale de lucru, se stabilesc zonele de influență specifice fiecărei stații principale de ventilație. După această etapă se stabilește tipul și poziția construcțiilor de aeraj. Se stabilește influența construcțiilor de aeraj asupra stabilității în funcționare al ventilatoarelor active. Se identifică la nivelul rețelei, construcțiile de aeraj critice. Se aplică la nivelul construcțiilor de aeraj critice metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice. Se procedează la eliminarea construcției de aeraj cu caracter critic și dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice, pe legături paralele,

situate în aval sau amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice. Se obțin, în noua configurație a rețelei de aeraj, parametrii funcționali specifici ventilatorului principal activ.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- metoda implică modelarea, rezolvarea și simularea rețelei complexe de aeraj;
- metoda implică optimizarea rețelei de aeraj;
- metoda implică îmbunătățirea managementului rețelei de aeraj;
- oferă posibilitatea identificării construcțiilor de aeraj cu caracter critic la nivelul unei rețele complexe de aeraj;
- utilizează tehnica virtuală pentru identificarea construcțiilor de aeraj cu caracter critic la nivelul unei rețele complexe de aeraj;
- oferă posibilitatea de substituire a construcțiilor de aeraj critice la nivelul unei rețele complexe de aeraj;
- utilizează tehnica virtuală pentru substituirea construcțiilor de aeraj critice la nivelul unei rețele complexe de aeraj;
- oferă informații vitale atât pentru personalul tehnic cu responsabilități în domeniul sănătății și securității în muncă, în mod special în coordonarea aerajului;
- se pretează la orice exploatare minieră subterană de substanțe minerale utile.
- prin aplicarea metodei se obține o creștere a debitului la nivel de mină;
- prin aplicarea metodei se obține o scădere semnificativă a rezistenței aerodinamice a rețelei de aeraj;
- prin aplicarea metodei se obține o scădere semnificativă a depresiunii dezvoltate de ventilatorul principal activ;

În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a metodei de substituire a construcțiilor de aeraj critice, conform invenției în legătură cu fig. 1, fig. 2 și fig. 3 care reprezintă:

fig. 1 - „ Parametrii funcționali ai ventilatorului activ influențați de o construcție de aeraj critică”.

fig. 2 - „ substituirea construcțiilor de aeraj critice prin dispersia în amonte sau aval a rezistențelor echivalente”.

fig. 3 – „ Parametrii funcționali ai ventilatorului activ după substituirea construcțiilor de aeraj critice prin dispersia în amonte sau aval a rezistențelor echivalente”.

Metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice, **conform invenției**, constă în rezolvarea rețelei de aeraj și stabilirea parametrilor funcționali, în condiții normale de lucru fig. nr. 1, stabilirea gradului de instabilitate indus la nivelul ventilatoarelor active de către construcțiile critice de aeraj, substituirea construcțiilor de aeraj critice la nivelul unei rețele complexe de aeraj și obținerea, în noua configurație a rețelei de aeraj, a parametrilor funcționali specifici ventilatorului principal activ.

Pentru aceasta se rezolvă rețeaua complexă de aeraj care presupune parcurgerea mai multor etape după cum urmează:

- Identificarea pe harta spațială a nodurilor specifice rețelei de aeraj;
- Obținerea coordonatelor geodezice specifice nodurilor aferente rețelei de aeraj;
- Introducerea coordonatelor geodezice în baza de date a programului specializat;
- Stabilirea ramificațiilor specifice rețelei de aeraj cu ajutorul hărții spațiale;
- Executarea unor campanii de măsurători la nivelul tuturor ramificațiilor pentru obținerea datelor brute privind parametrii geometrici, aerodinamici și de stare;
- Calculul parametrilor aerodinamici specifici rețelei de aeraj și transformarea acestora într-o formă accesibilă bazei de date a programului specializat;
- Introducerea în forma accesibilă a datelor în baza de date a programului specializat;
- Modelarea rețelei de aeraj;
- Echilibrarea rețelei de aeraj;
- Rezolvarea rețelei de aeraj;
- Obținerea rezultatelor privind repartiția debitelor de aer la nivel de ramificație;

Se stabilesc parametrii funcționali aferenți ventilatorului activ.

Pentru aceasta se stabilesc parametrii funcționali aferenți ventilatorului activ în condiții normale de lucru, fig. nr. 1. În acest sens se obține punctul de funcționare $P_f(Q_v, h_v)$ reprezentat de intersecția curbei ventilatorului și curba rezistenței minei.

Parametrii funcționali sau curbele caracteristice ale ventilatoarelor principale se determină prin încercări de laborator, încercări uzinale și în condiții de exploatare.

Încercările de laborator se realizează pe modele și au ca scop determinarea curbelor caracteristice, precum și studierea influenței diferiților factori asupra performanțelor ventilatoarelor.

Încercările uzinale urmăresc stabilirea curbelor caracteristice ale ventilatoarelor realizate la scară industrială, care diferă de curbele caracteristice obținute prin recalcularea, parametrilor ventilatoarelor model în baza legilor de similitudine.

Se constată diferențe importante și între curbele caracteristice obținute în condiții de exploatare și cele determinate prin încercări uzinale datorită modificării caracteristicilor aerodinamice ce pot surveni cu ocazia montării la rețea a ventilatoarelor principale, precum și în timpul funcționării acestora.

Modificarea caracteristicilor aerodinamice este cauzată în principal de următorii factori:

- proiectarea și amplasarea necorespunzătoare a stațiilor principale de ventilație la rețeaua de lucrări miniere;
- proiectarea și execuție defectuoasă a canalelor de aeraj;
- montarea și asamblarea greșită a agregatului ventilator, motor;
- lipsa echilibrărilor dinamice ale axului rotorului și cuplajelor ventilatorului după punerea în funcțiune;
- utilizarea unor motoare electrice neadecvate prescripțiilor tehnice ale producătorului;
- lipsa întreținerii și verificărilor tehnice periodice prescrise de producător și prevăzute în legislația în vigoare;
- modificarea turației ventilatorului;
- modificarea câmpului de viteze la intrarea aerului în ventilator;

Modificarea caracteristicilor aerodinamice are ca efect realizarea parametrilor debit, presiune, putere absorbită și randament, diferiți de cei obținuți prin încercări uzinale. Din aceste motive este necesar ca după montarea la rețea a ventilatoarelor principale să se determine curbele caracteristice ale acestora în condiții de exploatare.

În timpul exploatării, funcție de durata de exploatare, de condițiile de mediu în care funcționează și de calitatea operațiilor de întreținere, pot avea loc modificări ale caracteristicilor aerodinamice ale ventilatoarelor, care determină realizarea unor parametri diferiți față de cei obținuți la punerea în funcțiune.

În acest context performanțele ventilatoarelor pot să scadă în timpul exploatării, reducându-se astfel capacitatea de aerisire a acestora.

Rezultă deci că performanțele ventilatoarelor din dotarea instalațiilor principale de ventilație se pot determina numai prin stabilirea curbelor caracteristice specifice acestora în condiții de exploatare.

În România, parametrii funcționali sau curbele caracteristice, în timpul exploatării, se determină pentru ventilatoarele principale cu un debit nominal mai mare de 500 m³/min. la punerea în funcțiune a acestora la rețeaua de aeraj, precum și la intervale de 2 ani, după reviziile complete.

Aceste curbe sunt:

- curba de presiune , $h_v = F(Q)$;
- curba puterii, $P_a = F(Q)$;
- curba randamentului, $\eta = F(Q)$.

În vederea obținerii datelor necesare reprezentării grafice a curbelor caracteristice determinate în condiții de exploatare, ventilatorul funcționează la diferite regimuri de lucru, care se pot obține fie prin obturarea treptată a canalului de aeraj cât și prin scurtcircuitarea aerului cu suprafața.

La fiecare regim de lucru se execută simultan măsurători pentru determinarea debitului ventilatorului, presiunii ventilatorului și puterii electrice absorbite din rețea.

Folosind acești parametri, se pot determina prin calcul puterea utilă, randamentul instalației de ventilație și consumul de energie, la toate regimurile de lucru la care a fost supus ventilatorul.

În vederea utilizării raționale a ventilatoarelor principale, curba de presiune este delimitată de 3 domenii, după cum urmează:

- domeniul stabil și economic;
- domeniul instabil;
- domeniul neeconomic.

Domeniul stabil și economic cuprinde partea mediană a curbei de presiune, având o pantă continuu crescătoare până la punctul „maxim” al curbei.

Domeniul instabil cuprinde partea curbei cuprinsă între domeniul stabil și axa ordonatelor. În acest domeniu curba poate cuprinde inflexiuni, una sau mai multe funcție de tipul ventilatorului.

În cazul funcționării ventilatorului în domeniul instabil debitul și depresiunea pot oscila brusc și în limite largi având loc fenomenul numit „pompaž”, în cazul ventilatoarelor axiale.

Funcționarea ventilatoarelor în domeniul instabil, în regim de pompaž, are efecte negative atât asupra instalației, cât și asupra stării de securitate din subteran.

Astfel, datorită șocurilor dinamice produse de fenomenul de pompaž instalația se poate deteriora ajungând până la ruperea axului de antrenare al ventilatorului .

În subteran, prin reducerea bruscă și într-o măsură importantă a debitului de aer, se pot produce acumulări de gaze în concentrații periculoase.

Domeniul neeconomic cuprinde partea inferioară a curbei, fiind caracterizat prin valorile reduse ale randamentului instalației de ventilație.

La funcționarea ventilatorului în domeniul instabil se obțin valori reduse ale randamentului fiind totodată și neeconomic.

În vederea aprecierii eficienței instalațiilor principale de ventilație este necesară determinarea prin măsurători a următorilor parametri:

- Debitul ventilatorului Q_v (m^3/min);
- Depresiunea ventilatorului, h_v (Pa);
- Debitul minei, Q_m (m^3/min);
- Depresiunea minei, h_m (Pa);
- Debitul de aer scurtcircuitat cu suprafața, Q_{sc} (m^3/min);
 $Q_{sc} = Q_v - Q_m$ (m^3/min);
- Depresiunea canalului de aeraj, h_c (mm H₂O);
 $h_c = h_v - h_m$ (Pa); 1 mm H₂O = 9,81 Pa
- Rezistența aerodinamică a rețelei de aeraj R_r ($k\mu$)
 $R_r = \frac{h_v}{Q_v^2}$ (Ns^2/m^8) 1 $k\mu = 9,806 Ns^2/m^8$
- Rezistența aerodinamică a minei, R_m ($k\mu$)
 $R_m = \frac{h_m}{Q_m^2}$ (Ns^2/m^8)
- Rezistența aerodinamică a canalului de aeraj, R_c ($k\mu$):
 $R_c = \frac{h_c}{Q_v^2}$ (Ns^2/m^8)
- Orificiul echivalent al rețelei, A_r (m^2):
 $A_r = \frac{0,38}{\sqrt{R_r}}$ (m^2)
- Orificiul echivalent al minei, A_m (m^2):

$$A_m = \frac{0,38}{\sqrt{R_m}} \text{ (m}^2\text{)}$$

- Puterea utilă, P_u (kW):

$$P_u = \frac{Q_v \cdot h}{102} \text{ (kW)}$$

- Puterea absorbită din rețeaua electrică, P_a (kW);

- Randamentul instalației de ventilație, η (%):

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} 100 \text{ (%)}$$

- Valoarea procentuală a pierderilor de aer prin scurtcircuitări cu suprafața în raport cu debitul minei, P_{sc} (%):

$$P_{sc} = \frac{Q_u - Q_m}{Q_m} 100 \text{ (%)}$$

- Consumul anual de energie electrică aferent instalației principale de ventilație, E (kWh / an):

$$E = P_a \times 24 \times 365 \text{ (KWh / an)}$$

Pentru stațiile principale de ventilatoare dotate cu 2 agregate de ventilație care funcționează jumătate de an, alternativ avem:

$$E1 = \frac{P_{a1} \cdot 24 \cdot 365}{2} \text{ (kWh/an)}$$

$$E2 = \frac{P_{a2} \cdot 24 \cdot 365}{2} \text{ (kWh / an)}$$

$$E_t = E1 + E2 \text{ (kWh / an)}$$

Se stabilesc zonele de influență specifice fiecărei stații principale de ventilație.

Zonele de influență specifice fiecărei stații principale de aeraj se stabilesc prin sectorizare. Astfel proiectarea deschiderii, pregătirii și exploatarei perimetrelor miniere trebuie să determine sectorizarea aerajului. Sectorizarea va consta din realizarea de sisteme individuale de aeraj, în componența cărora intră circuitele principale și secundare de aeraj, legate la instalațiile principale de ventilație.

Depresiunea maximă la nivelul minei, până la suitorul sau puțul principal de aeraj, pentru fiecare sistem individual este de 150 daPa.

Se optimizează rețeaua complexă de aeraj, etapă care necesită definitivarea tipului și poziției construcțiilor de aeraj necesare pentru sectorizarea rețelei de aeraj pentru asigurarea debitelor necesare la fronturilor de lucru respectiv pentru asigurarea stabilității rețelei de aeraj.

Se stabilește influența asupra stabilității în funcționare al ventilatoarelor active prin dimensionarea corespunzătoare a construcțiilor de aeraj în raport cu necesitățile de aeraj specifice circuitelor și sub circuitelor de aeraj.

Se identifică prin simulări succesive acele construcții de aeraj care induc efecte majore asupra modului de funcționare al ventilatoarelor active, se identifică construcțiile de aeraj care determină instabilitatea rețelei complexe de aeraj și care sunt considerate critice [6].

O construcție de aeraj critică este o ușă de aeraj sau un dig de izolare care prin creșterea rezistenței aerodinamice induce instabilitatea rețelei complexe de aeraj prin deplasarea punctului de funcționare al ventilatorului în zona instabilă.

Pentru aceasta se procedează la simulări succesive pe rețeaua complexă de aeraj rezolvată și optimizată la nivelul fiecărei construcții de aeraj. Simulările succesive se realizează pentru toate construcțiile de aeraj specifice rețelei complexe până la ultima construcție de aeraj.

- Se identifică valoarea rezistenței aerodinamice R_k , a unei construcții de aeraj.

$$R_k = M \text{ (Ns}^2/\text{m}^8\text{)}$$

- Se crește virtual rezistența aerodinamică a construcției de aeraj cu un gradient de rezistență ΔR_k egal cu subdiviziunea M_1 .

$$R_{k,1} = M + M_1 \text{ (Ns}^2/\text{m}^8\text{)}$$

după care se rezolvă rețeaua simulată în condițiile creșterii rezistenței aerodinamice a construcției de aeraj cu subdiviziunea M_1 . Se obține punctul de funcționare $P_f(Q_{M1}, h_{M1})$ de pe curba $h_{M1} = F(Q_{M1})$, similara cu cea reprezentată în fig. 1.

- Se procedează la creșterea succesivă a rezistenței aerodinamice R_k a construcției de aeraj cu subdiviziunea M_2 , cu condiția ca $M_2 > M_1$.

$$R_{k,2} = M + M_2 \text{ (Ns}^2/\text{m}^8\text{)}$$

după care se rezolvă rețeaua simulată în condițiile creșterii rezistența aerodinamică a construcției de aeraj cu subdiviziunea M_2 . Se obține punctul de funcționare $P_f(Q_{M2}, h_{M2})$ de pe curba $h_{M2} = F(Q_{M2})$, similara cu cea reprezentată în fig. 1.

- Se procedează la creșterea succesivă a rezistenței aerodinamice R_k , a construcției de aeraj cu subdiviziunea M_i , cu condiția ca $M_i > M_{i-1}$.

$$R_{k,i} = M + M_i \text{ (Ns}^2/\text{m}^8\text{)}$$

după care se rezolvă rețeaua simulată în condițiile creșterii rezistența aerodinamică a construcției de aeraj cu subdiviziunea M_i . Se obține punctul de funcționare $P_f(Q_{Mi}, h_{Mi})$ de pe curba $h_{Mi} = F(Q_{Mi})$, similara cu cea reprezentată în fig. 1.

Se identifică construcțiile de aeraj critice. După finalizarea simulărilor succesive se identifică următoarele situații:

a. se identifică la nivelul rețelei de aeraj complexe, construcțiile de aeraj care nu produc efecte asupra modului de funcționare al ventilatoarelor active.

b. se identifică la nivelul rețelei de aeraj complexe, construcțiile de aeraj care produc efecte minore asupra modului de funcționare al ventilatoarelor active.

c. Se identifică la nivelul rețelei de aeraj complexe, construcțiile de aeraj care induc efecte semnificative asupra modului de funcționare al ventilatoarelor active.

d. Se identifică în final la nivelul rețelei de aeraj complexe, construcțiile de aeraj care induc efecte majore asupra modului de funcționare al ventilatoarelor active și care determină instabilitatea rețelei complexe de aeraj.

În condițiile în care modificările virtuale aplicate rezistenței aerodinamice specifice construcției de aeraj analizate, produce efecte asupra parametrilor funcționali specifici ventilatoarelor active, în sensul modificării majore a punctului de funcționare dar în plaja de funcționare instabilă a ventilatorului principal, atunci se consideră că aceste induc instabilitatea rețelei complexe de aeraj, sunt considerate critice și se iau măsuri urgente de eliminare a efectelor produse la nivelul rețelei complexe de aeraj.

Se procedează la substituire a construcțiilor de aeraj critice prin reducerea rezistenței totale generată de eliminarea construcției de aeraj cu caracter critic și dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice, pe legături paralele, situate în aval sau amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice. fig. nr. 2.

Metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice prin dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice constă în demontarea construcției de aeraj cu caracter critic de pe ramificația pe care a fost amplasată și montarea unor construcții noi, cu rezistență aerodinamică echivalentă, pe lucrări miniere legate în paralel situate în amonte sau aval în raport cu ramificația pe care a fost amplasată construcția de aeraj critică.

Pe lucrările miniere, amplasate în amonte sau în aval față de lucrarea minieră pe care este amplasată construcția de aeraj cu caracter critic, se vor amplasa construcții de aeraj cu rezistența aerodinamică egală cu rezistența aerodinamică aferentă construcției de aeraj critice.

Structura unei rețele de aeraj complexe cuprinde lucrări miniere legate în serie, lucrări miniere legate în paralel și lucrări miniere dispuse în diagonală. Pentru calculul rezistenței totale specifice rețelei de aeraj este necesară calcularea succesivă și consecutivă a rezistențelor echivalente totale în raport cu structura lucrărilor miniere legate în serie, paralel sau diagonale.

În cazul lucrărilor miniere legate în serie, rezistența totală a circuitului R_t în serie se poate scrie sub forma:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Dacă racordarea elementelor R_1, R_2, \dots, R_n comportă schimbări de secțiune sau direcție, atunci se va ține seama de rezistențele complementare: R_{1-2} la racordarea elementelor R_1 și R_2 ; R_{2-3} la racordarea elementelor R_2 și R_3 etc.

$$\text{Deci: } R_t = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) + R_{1-2} + R_{2-3} + \dots + R_{(n-1)-n}$$

Depresiunea totală h a sistemului în serie este egală cu suma depresiunilor diferitelor lucrări miniere:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

Înlocuind valoarea rezistenței prin expresia $R = \frac{(1,2)^2}{A^2}$, se obține relația orificiilor echivalente:

$$\frac{1}{A_t^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \dots + \frac{1}{A_n^2}$$

În cazul lucrărilor miniere legate în paralel se consideră mai multe lucrări de rezistență R_1, R_2, \dots, R_n dispuse în paralel.

Fie Q_1, Q_2, \dots, Q_n debitele de aer care circulă în fiecare lucrare. În acest caz, debitul va fi:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Se consideră situația curenților în care curentul principal R este divizat în doi curenți paraleli R_1 și R_2 .

Dacă se introduce valoarea debitului obținută din relația orificiului echivalent, adică $Q = \frac{1}{1,2} A\sqrt{h}$, se obține:

$$A_t = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Introducând expresia $A = 1,2 \frac{1}{\sqrt{R}}$, se obține:

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

Pentru cazul a doi curenți paraleli:

$$R_t = \frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right)^2} \text{ sau } R_t = \frac{R_2}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}\right)^2}$$

Pentru trei curenți:

$$R_t = \frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}}\right)^2}$$

Pentru determinarea repartiției naturale a debitului de aer în care avem doi curenți paraleli, sunt valabile relațiile:

$$h_1 = h_2 \text{ sau } R_1 Q_1^2 = R_2 Q_2^2$$

Pentru n lucrări miniere legate în paralel se obține corespunzător:

$$Q_1 = \frac{Q_{tot}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}} + \dots + \sqrt{\frac{R_1}{R_n}}}$$

sau, funcție de rezistență:

$$Q_1 = \frac{\frac{1}{\sqrt{R_1}} Q_t}{\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}}$$

$$Q_n = \frac{\frac{1}{\sqrt{R_n}} Q_t}{\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}}$$

sau:

$$Q_1 = \frac{Q_t A_1}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \text{și} \quad Q_2 = \frac{Q_t A_2}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

În cazul lucrărilor miniere legate diagonal, se caracterizează prin prezența în sistem, între două lucrări în paralel, a uneia sau a mai multor lucrări, prin care aerul poate circula în ambele sensuri, sau prin care nu circulă de loc, în funcție de mărimea rezistențelor celorlalte lucrări miniere. Lucrarea care leagă cele două ramuri în paralel se numește diagonală, de unde denumirea sistemului.

Pentru determinarea sensului de circulație a aerului pe diagonală se consideră rezistențele și cantitățile de aer din diferitele porțiuni ale schemei diagonale

În acest caz, circulația aerului pe diagonală este dată de mărimea rezistențelor R_1 , R_3 , R_4 , R_5 . În care R_2 este rezistența legăturii diagonale, R_1 , R_5 sunt rezistențele lucrărilor miniere amplasate pe ramificația stângă, înainte și după legătura diagonală iar rezistențele R_4 , R_3 sunt rezistențele lucrărilor miniere amplasate pe ramificația dreaptă, înainte și după legătura diagonală.

Astfel se pot întâlni următoarele situații:

$$\frac{R_1}{R_5} = \frac{R_4}{R_3} \text{ aerul nu circulă de loc pe diagonală;}$$

$$\frac{R_1}{R_5} > \frac{R_4}{R_3} \text{ aerul circulă pe diagonală de la ramificația de pe dreapta la}$$

ramificația de pe stânga;

$$\frac{R_1}{R_5} < \frac{R_4}{R_3} \text{ aerul circulă pe diagonală de la ramificația de pe stânga la}$$

ramificația de pe dreapta;

Pentru determinarea repartiției debitului de aer în sistemul de legături în diagonală avem presiunile curenților paraleli AB și ACB sunt egale și deci $h_{AB} = h_{AC} + h_{CB}$.

În mod similar $h_{CD} = h_{BC} + h_{BD}$

Înlocuind prin relația presiunii $h = RQ^2$, se obține:

$$R_1 Q_1^2 = R_4 (Q_2 + Q_3)^2 + R_2 Q_2^2$$

$$R_3 Q_3^2 = R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2$$

Împărțind ecuațiile cu Q_2^2 , rezultă:

$$R_1 \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^2 = R_4 \left(1 + \frac{Q_3}{Q_2} \right)^2 + R_2$$

$$R_3 \left(\frac{Q_3}{Q_2} \right)^2 = R_2 + R_5 \left(\frac{Q_1}{Q_2} + 1 \right)^2$$

Notând raporturile $\frac{Q_1}{Q_2} = X$ și $\frac{Q_3}{Q_2} = Y$, ecuațiile devin:

$$R_1 X^2 = R_4 (1 + Y)^2 + R_2$$

$$R_3 Y^2 = R_2 + R_5 (X + 1)^2$$

Explicitând X și Y rezultă:

$$X = \frac{R_4 (1 + Y)^2 + R_2}{R_1}$$

$$Y = \frac{R_5 (1 + X)^2 + R_2}{R_3}$$

adunând $X = \frac{Q_1}{Q_2}$, $Y = \frac{Q_3}{Q_2}$ și identitatea $\frac{Q_2}{Q_2} = 1$, rezultă:

$$X + Y + 1 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{Q_2} = \frac{Q}{Q_2},$$

de unde :

$$Q_2 = \frac{Q}{X + Y + 1}$$

$$Q_1 = X Q_2 = \frac{XQ}{X+Y+1}$$

$$Q_3 = Y Q_2 = \frac{YQ}{X+Y+1}$$

Pentru determinarea rezistenței sistemului de legături în diagonală în cazul ramificației de pe partea stângă se obține:

$$h_{AD} = h_{AB} + h_{BD}$$

Notând cu R – rezistența totală a sistemului și $Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3)$ – debitul de aer al întregului sistem, se obține:

$$RQ^2 = R_1 Q_1^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2$$

sau:

$$R = \frac{R_1 Q_1^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2}{Q^2} = \frac{R_1 Q_1^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2}{(Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}$$

împărțind și numărătorul și numitorul cu Q_2^2 și înlocuind:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = X \text{ și } \frac{Q_3}{Q_2} = Y, \text{ se obține:}$$

$$R = \frac{R_1 X^2 + R_5 (X+1)^2}{(X+Y+1)^2}$$

În final toate legăturile paralele și diagonale sunt reduse la legături care se pot lega în serie.

În cazul în care avem o construcție de aeraj cu caracter critic amplasată pe ramificația $M_i - M_{i+1}$, nodurile $M_i(x_i, y_i, z_i)$ respectiv $M_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$ reprezintă punctele definite de coordonatele geodezice care caracterizează ramificația. Ramificațiile paralele amplasate în amonte și pe care vor fi amplasate construcții de aeraj cu rezistență aerodinamică echivalentă cu cea a construcției de aeraj critice sunt

$M_{i-1} - M_i$ cu nodurile $M_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ și $M_i(x_i, y_i, z_i)$
respectiv ramificația

$M_{i-2} - M_i$ cu nodurile $M_{i-2}(x_{i-2}, y_{i-2}, z_{i-2})$ și $M_i(x_i, y_i, z_i)$

în care nodurile $M_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ și $M_i(x_i, y_i, z_i)$ respectiv $M_{i-2}(x_{i-2}, y_{i-2}, z_{i-2})$ și $M_i(x_i, y_i, z_i)$ reprezintă punctele definite de coordonatele geodezice care caracterizează ramificațiile din amonte.

Dacă notăm cu:

R_1, Q_1, A_1 - rezistența aerodinamică echivalentă cu cea critică, debitul și orificiul echivalent aferent ramificației $M_{i-1} - M_i$;

R_2, Q_2, A_2 - rezistența aerodinamică echivalentă cu cea critică, debitul și orificiul echivalent aferent ramificației $M_{i-2} - M_i$;

R_3 - rezistența aerodinamică aferentă lucrării miniere de pe care a fost eliminată construcția de aeraj cu caracter critic

atunci rezistența echivalentă locală a celor trei lucrări miniere este:

$$R_k = R_t + R_t (Ns^2/m^8),$$

unde R_t este rezistența aerodinamică totală specifică ramificațiilor $M_{i-1} - M_i$ respectiv $M_{i-2} - M_i$, legate în paralel.

Prin legarea în paralel a celor două lucrări miniere cu rezistență aerodinamică egală se obține o rezistență aerodinamică totală mult mai mică.

Astfel, dacă avem două lucrări de rezistență R_1, R_2 , dispuse în paralel, Q_1, Q_2 , debitele de aer vehiculate pentru fiecare lucrare, în acest caz, debitul total va fi:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Rezistența aerodinamică totală în cazul legării în paralel a celor două lucrări miniere este redat prin expresia:

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}$$

sau:

$$R_t = \frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right)^2}$$

respectiv

$$R_t = \frac{R_2}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}\right)^2}$$

Pentru determinarea repartiției naturale a debitului de aer se consideră doi curenți de aer paraleli, pentru care sunt valabile relațiile:

$$h_1 = h_2 \text{ sau } R_1 Q_1^2 = R_2 Q_2^2$$

Pentru lucrările miniere legate în paralel se obține corespunzător:

$$Q_1 = \frac{Q_t}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}$$

sau, funcție de rezistență:

$$Q_1 = \frac{\frac{1}{\sqrt{R_1}} Q_t}{\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}}$$

respectiv

$$Q_2 = \frac{\frac{1}{\sqrt{R_2}} Q_t}{\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}}$$

Sau în raport cu orificiul echivalent al minei:

$$Q_1 = \frac{Q_t A_1}{A_1 + A_2}$$

respectiv

$$Q_2 = \frac{Q_t \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

Pe rețeaua de aeraj complexă, rezolvată și optimizată, se simulează noua situație caracterizată de eliminarea construcției de aeraj cu caracter critic și dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice, pe legături paralele, situate în aval sau amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice.

Se stabilește efectul aplicării acestei metode asupra parametrilor funcționali aferenți stației principale de aeraj fig. nr. 3. În acest sens se obține punctul de funcționare $P_f(Q_v, h_v)$ reprezentat de intersecția curbei ventilatorului și curba rezistenței minei. Din figura 3 se observă faptul că după aplicarea metodei de substituire a construcției de aeraj critice, rezistența totală a rețelei de aeraj precum și depresiunea dezvoltată de ventilatorul activ a scăzut semnificativ, respectiv debitul total vehiculat a crescut moderat. În acest context punctul de funcționare $P_f(Q_v, h_v)$ se deplasează din poziția inițială spre dreapta pe curba ventilatorului în zona confortabil stabilă.

Din analiza parametrilor funcționali aferenți ventilatoarelor active înainte și după aplicarea metodei de substituire a construcțiilor de aeraj critice la nivelul unei singure construcții critice de aeraj rezultă faptul că ventilatorul activ devine stabil iar parametrii funcționali se îmbunătățesc.

Aplicarea metodei de substituire a construcțiilor de aeraj critice, cuprinde următoarele etape: modelarea, rezolvarea și optimizare rețelei de aeraj, în condiții normale de lucru, se stabilesc parametrii funcționali aferenți ventilatorului activ fig. nr. 1, se stabilesc zonele de influență specifice fiecărei stații principale de ventilație, se stabilește influența construcțiilor de aeraj asupra stabilității în funcționare al ventilatoarelor active, se identifică prin încercări succesive construcțiile de aeraj critice, se elimină caracterul critic asociat construcțiilor de aeraj prin aplicarea metodei de substituire a construcțiilor de aeraj critice fig. nr. 2, se procedează la eliminarea construcției de aeraj cu caracter critic și dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice, pe legături paralele, situate în aval sau amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice. Se obțin, în noua configurație a rețelei de aeraj, parametrii funcționali specifici ventilatorului principal activ. fig. nr. 3.

Metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice, a fost aplicată la rețelele de aeraj aferente Minelor Vulcan și Uricani din bazinul minier Valea Jiului.

Aplicarea metodei de substituire a construcțiilor de aeraj critice, a rezultat ca o necesitate a eficientizării managementului rețelelor de aeraj precum și pentru

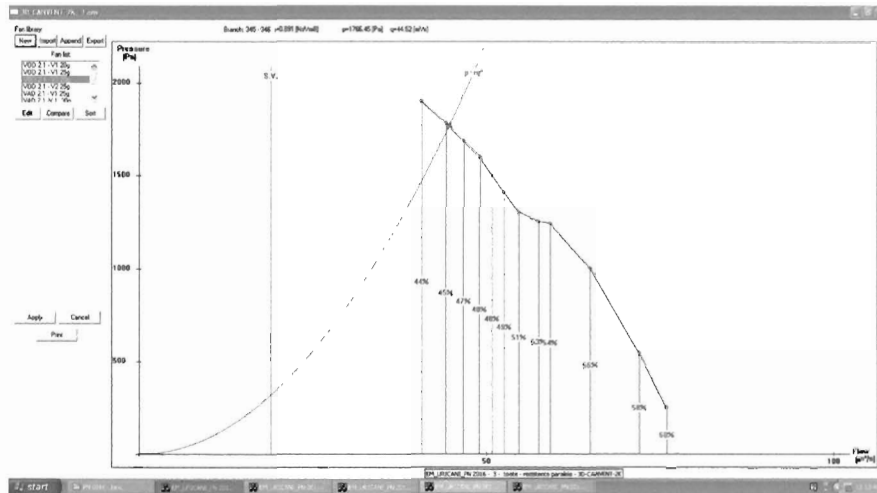
creșterea gradului de securitate și sănătate în muncă la exploatarea substanțelor minerale utile în subteran.

Bibliografie

- [1] **Cioclea, D.** - *Diminuarea pericolului de explozie la minele de huilă din Valea Jiului prin gestionarea computerizată a rețelelor de aeraj*, Proiect SECTORIAL 2010-2011, INCD - INSEMEX Petroșani.
- [2] **Cioclea D., Toth I., Jurca L., Lupu C.,** *Stabilization of Disturbances Produced in the Ventilation System During the Undermining of Thick Coal Beds*, 31st International Conference of safety in Mines Research Institutes Brisbane – Queensland, Australia, pag. 249-253, 2-5 octombrie, pag 249-253, ISBN 0-9758179-0-6, 2005.
- [3] **Covaci Șt.**- *Exploatări miniere subterane, Vol I*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
- [4] **Dziurzyński W., Kruczkowski J., 2007:** *Validation of the mathematical model used in the VENTGRAPH programme on the example of the introduction of new headings to the ventilation network of mine*. Archives of Mining Sciences. Vol. 52, 3 (2007).
- [5] **Hargreaves D.M., Lowndes I.S.,** *The computational modeling of the ventilation flows within a rapid development drivage*, Tunelling and Underground Space Technology, 22, 150-160, 2007.
- [6] **Ianc N.** - *Metodologie de stabilire a construcțiilor de aeraj critice la nivelul unei rețele complexe de aeraj*, Proiect NUCLEU 2016, INCD - INSEMEX Petroșani.
- [7] **Șuvar M., Cioclea D., Gherghe I., Păsculescu V.,** *Advanced software for mine ventilation networks solving*, Environmental Engineering and Management Journal, July 2012, Vol.11, No.7, pag. 1235 - 1239, ISSN 1229-1234, 2012, <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>
- [8] **Teodorescu, C., Gontean, Z., Neag, I.** - *Aeraj minier*, Editura Tehnică București, 1980,

Revendicări:

Metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice, prin modelarea, rezolvarea respectiv optimizarea unei rețele complexe de aeraj, identificarea construcțiilor critice de aeraj și aplicarea metodelor de eliminare a caracterului critic al acestora, **caracterizată prin aceea că**, se rezolvă rețeaua de aeraj în condiții normale de lucru, se stabilesc parametri funcționali aferenți ventilatoarelor active, după care se stabilesc zonele de influență specifice fiecărei stații principale de ventilație, după care se stabilește influența construcțiilor de aeraj asupra stabilității în funcționare al ventilatoarelor active, se identifică construcțiile de aeraj critice, se aplică metoda de substituire a construcțiilor de aeraj critice prin reducerea rezistenței totale a construcției de aeraj critice, se procedează la eliminarea construcției de aeraj cu caracter critic și dispersia rezistenței totale aferentă construcției de aeraj critice, pe legături paralele, situate în aval sau amonte față de ramificația pe care este amplasată construcția de aeraj critică, legături paralele pe care se amplasează construcții de aeraj cu rezistențe echivalente cu cea a construcției de aeraj critice. Se obțin, în noua configurație a rețelei de aeraj, parametri funcționali specifici ventilatorului principal activ.



Branch: 345 - 346 $r=0.891$ [Ns²/m⁸] $p=1766.45$ [Pa] $q=44.52$ [m³/s]

Fig. nr.1

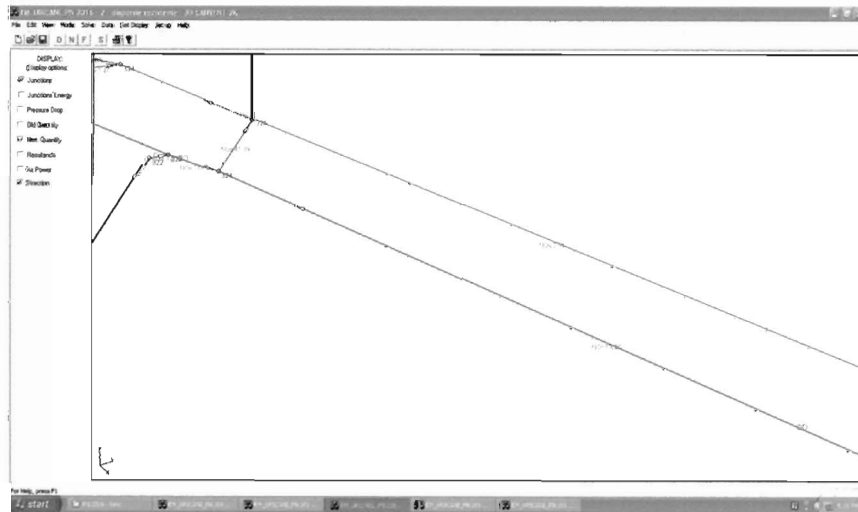
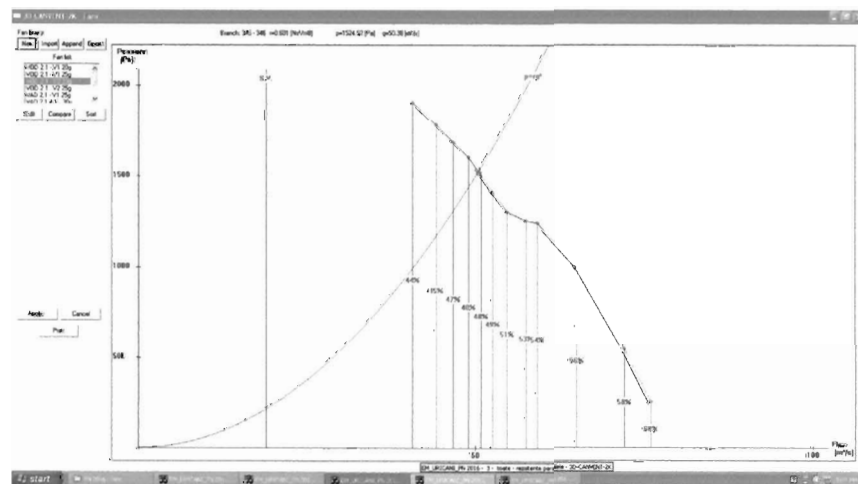


Fig. nr.2



Branch: 345 - 346 $r=0.601$ [Ns²/m⁸] $p=1524.52$ [Pa] $q=50.38$ [m³/s]

Fig. nr.3