

**EXPLORAREA GROSIMII
STRATURILOR DE CĂRBUNE
DUPĂ DATE DIN CERCETĂRI
SEISMOACUSTICE
ÎN BAZINUL DE CĂRBUNE DIN
MUNȚII BALCANI – BULGARIA**

*Stefan Dimovski - Conf. univ. dr. **

*Emil Hristov - Prof.univ.dr.doc. **

*Machidon Alina – Ing. masterand***

** Universitatea de Mine și Geologie “St. Ivan
Rilski”, Sofia*

***Universitatea „Constantin Brâncuși” – Tg-
Jiu, România*

**EXPLORATION OF THE COAL
LAYERS THICKNESS
ACCORDING TO DATA FROM
SEISMOACOUSTIC
SOUNDING IN THE BALKAN
COAL BASIN – BULGARIA**

*Stefan Dimovski - Conf. univ. dr. **

*Emil Hristov - Prof.univ.dr.doc. **

*Machidon Alina – Ing. masterand***

** Universitatea de Mine și Geologie “St. Ivan
Rilski”, Sofia*

***Universitatea „Constantin Brâncuși” – Tg-
Jiu, România*

Rezumat: Bazinul de cărbune din munții Balcani ocupă un teritoriu de circa 350 km² și este amplasat aproximativ la 100 km Vest de orașul Burgas-Bulgaria. Bazinul se află într-o regiune intens curbată din Balcanii de Vest. Straturile de cărbune sunt zdrobite intertectonic, au o grosime alternantă și o răspândire variabilă pe suprafața perimetrelor seismoacustice pentru cărbunele și rocile înconjurătoare. Cărbunele și rocile înconjurătoare se diferențiază clar după viteza longitudinală de propagare a oscilațiilor seismoacustice, care este o premisă pentru aplicarea unei examinări seismoacustice. Este elaborată o metodologie pentru conturarea stratului de cărbune între lucrările miniere. Este alcătuită o schemă de calcul și un sistem aplicabil de computerizare orientată.

Cuvinte cheie: cărbune, roci, miniere

INTRODUCERE

Bazinul de cărbune în munții Balcani ocupă un teritoriu de circa 350 km² și este amplasat aproximativ la 100 km Vest de orașul Burgas-Bulgaria. Bazinul se află într-o regiune intens curbată din Balcanii de Vest. Straturile de cărbune sunt zdrobite intertectonic, și au o grosime alternantă și o răspândire variabilă pe suprafață (Dimovski,

Abstract: The Balkan coal basin occupies a territory of about 350 km² and is situated at about 100 km to the west of the town of Burgas, Bulgaria. The basin is located in an intensively folded area of Western Balkans. As a result of the past tectonic activity, the coal seams have changeable thickness and variable distribution. Coal and host rocks are well differentiated according to the velocity of the P-wave and for this reason seismoacoustic sounding can be successfully applied. A mapping method is developed for localizing the coal layers between mining activities. A calculating scheme is elaborated and embedded into a computer program.

Keywords: coal, rocks, mining

INTRODUCTION

The Balkan coal basin occupies a territory of about 350 km² and is situated at about 100 km to the west of the town of Burgas, Bulgaria. The basin is located in an intensively folded area of Western Balkans. As a result of the past tectonic activity, the coal seams have changeable thickness and variable distribution. (Dimovski S., Hristov

S., E.Hristov, 2005).

Straturile diferite de cărbune au o grosime de circa 6-8 m, iar distanța între ele variază de la 4-5 m până la 16-18 m. Conținutul de cenușă în straturile de cărbune variază în limite largi: de la 6% până la 42%.

Cercetarea geologică de exploatare este realizată cu foraje și lucrări miniere. Forajele de suprafață au o adâncime de până la 600-800 m. Puțul principal de cercetare - descoperire se trasează în direcția sub 90° către straturile de cărbune. Din puțul principal se trasează apoi galerii de descoperire pe direcția straturilor de cărbune, care se combină cu puțuri de 50 m adâncime. Perpendicular pe straturile de cărbune se efectuează foraje, prin care se determină secțiunile stratului de cărbune și respectiv grosimea acestuia.

Printre sarcinile cercetării geologice este actuală folosirea unei metode geofizice moderne de cercetare a masivului între lucrările miniere. Perturbații electromagnetice industriale intense (transport feroviar, construcții metalice, cabluri) limitează aplicarea metodei umbrelor electromagnetice și determină ca metodologie optimă cercetările seismoacustice.

Diferențierea cărbunilor și rocilor înconjurătoare în funcție de unii parametri seismoacustici

Sunt studiați parametrii seismoacustici pentru probe din cărbune și roci înconjurătoare (Dimovski S., E. Hristov, 2005). Caracteristicile statistice de distribuție a vitezei de propagare a undei longitudinale V_p a oscilațiilor seismoacustice pentru cărbunele și rocile înconjurătoare sunt prezentate în tabelul 1. Datele din tabel se adaugă și se detaliază pe baza histogramelor din fig.1.

E. 2005).

Coal layers have different thickness of about 6-8 m, and the distance between them varies from 4-5 m up to 16-18 m. The ash content in coal seams changes widely from 6% to 42%. Prospecting is done by drilling and mining. Surface drilling go to a depth of 600-800 m. The research and discovery main shaft is drilled towards to the layers of coal with a 90° angle. From there discovery galleries are drilled in the direction of coal layers, which are combined with 50 m deep wells. Perpendicular to the layers of coal drilling operation is carried out for finding out where coal layers are and what is their thickness.

Among the requirements of geological research is the use of modern geophysical research methods of the massif between mining operations. Intensive industrial electromagnetic disturbance (railway transport, construction, metal cables) restrict the electromagnetic shadows method and causes the use of seismoacoustic sounding to be the optimal methodology for coal extraction.

Differentiation of Coal and Surrounding Rocks According to Some Seismoacoustic Parameters

The seismoacoustic parameters of coal and host rocks are studied (Dimovski S., Hristov E. 2005). The statistical distribution characteristics of the longitudinal wave oscillations propagation speed (V_p) for coal and surrounding rocks presented in Table 1. The data from the table is added and detailed in the histogram presented in fig.1.

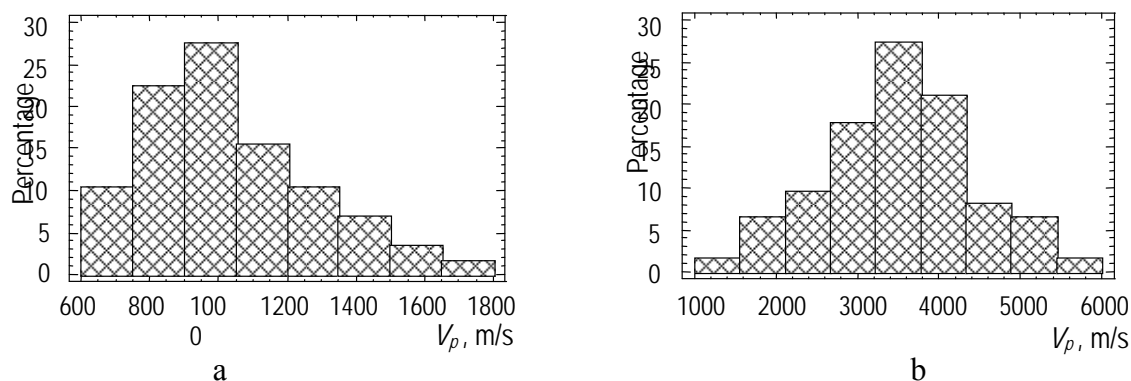


Fig.1. Histograme de distribuire a vitezei de raspândire a unei longitudinale V_p în carbunele (a) și în rocile înconjurătoare (b) în Bazinul Balcanic de carbune /

Histograme de distribuire a vitezei de raspândire a unei longitudinale V_p în carbunele (a) și în rocile înconjurătoare (b) în Bazinul Balcanic de carbune

Tabelul/Table 1

Date statistice sistematizate pentru caracteristicile de distribuție a unei longitudinale în cărbune și rocile înconjurătoare/ Statistical data collated for distribution characteristics of longitudinal wave in the coal and surrounding rocks

Medie/ Average	Numărul probei/ Sample number, N	Min/Max	Valoare medie/ Medium value	Deviere standard/ Standard deviation, S	Asimetrie/ Asymmetry, A	Exces/ Excess, E
Cărbuni/ Coal	103	560/1800	1024	262	2,47	0,70
Roci înconjurătoare/ Surrounding rocks	62	1400/5450	3506	920	0	0,55

Viteza longitudinală V_p de propagare a oscilațiilor seismoacustice în cărbune variază într-un domeniu relativ larg ($V_{max} \approx 3V_{min}$). Deviația standard S reprezintă aproximativ a patra parte din valoarea medie și se observă o asimetrie pozitivă clar exprimată. Elementele la distribuția statistică reflectă caracteristica neomogenă a cărbunilor, legată cu domeniul mare al conținutului de cenușă și gradul diferit de compactare. Rocile înconjurătoare sunt prezentate în general din gresii argilo-calcaroase și șisturi argilo-gresioase cu cantitate diferită de substanță argilooasă.

Longitudinal propagation speed (V_p) of the seismoacoustic oscillations in the coal seams has a relatively wide range ($V_{max} \approx 3V_{min}$). Standard deviation S is about one fourth of the average value and there is a clear positive asymmetry expressed. The elements of statistical distribution reflect the heterogeneous characteristic of coal seams, linked with the large range of different ash content and degree of compaction. Surrounding rocks are generally presented as a clay-calcareous sandstone and shale clay-sandstone with different amount of clay substance.

Viteza longitudinală de propagare a oscilațiilor seismoacustice în rocile înconjurătoare, variază, ca și la cărbune, în domenii relativ mari ($V_{\max} \approx 4V_{\min}$). În histogramă (fig.1b) este arătată o repartizare normală.

Analiza sintetizată a rezultatelor obținute din studierea datelor pentru parametrii seismoacustici examinați ai cărbunilor și rocilor înconjurătoare pentru condițiile din Bazinul Balcanic carbonifer admite să se presupună, că diferențierea lor după viteza longitudinală V_p de propagare a oscilațiilor seismoacustice este bine exprimată și există condiții pentru aplicarea cu succes a cercetării seismoacustice.

Metodologia cercetării seismoacustice

Metodologia se bazează pe două puncte de plecare:

➤ posibilitățile, pe care le oferă cercetarea geologică și exploatarea cărbunilor - lucrări miniere de 50 m pe direcția stratului de cărbune, și din acestea - foraje (la exploatare) în direcție transversală la straturile de cărbune;

tehnologia folosită pentru realizarea procesului de cercetare - excitarea unei oscilații seismoacustice prin lovitură (în galerie) și măsurarea timpului de sosire a unei directe longitudinale (în galerie sau foraj). Pe baza acestor date de ieșire, posibilitățile pentru examinarea masivului de roci se generalizează într-un model, la care stratul de cărbune se amplasează paralel la profilele (lucrările miniere), între care se realizează examinarea seismoacustică (fig.2) “în luminarea”.

Longitudinal propagation speed (V_p) of the seismoacoustic oscillations in the surrounding rocks seams, varies, as in coal, in relatively large ranges ($V_{\max} \approx 4V_{\min}$). The histogram (fig.1b) shows a normal distribution.

Synthesized analysis of results obtained from the study of the examined data for seismoacoustic parameters of coal and surrounding rock in the conditions of the Balkan coal basin allowed assuming that their differentiation after longitudinal propagation speed V_p of seismoacoustic oscillation is well expressed and there are conditions for successful seismoacoustic research applications.

Seismoacoustic Research Methodology

The methodology is based on two starting points:

➤ possibilities offered by prospecting and exploitation of coal → 50 m deep drilling operations in the direction of coal seams, and some of them in the transverse direction to the layers of coal;

➤ technology used for carrying out the research - excitation of oscillations by seismoacoustic by blows (in the gallery) and measuring the time of return of the direct longitudinal wave (in the gallery or main drilling shaft).

Based on output data, the possibilities for examining the massive rock is generalized into a model, in which the coal layer is positioned parallel to the profiles (drilling shafts), between which the seismoacoustic examination is performed (Fig.2).

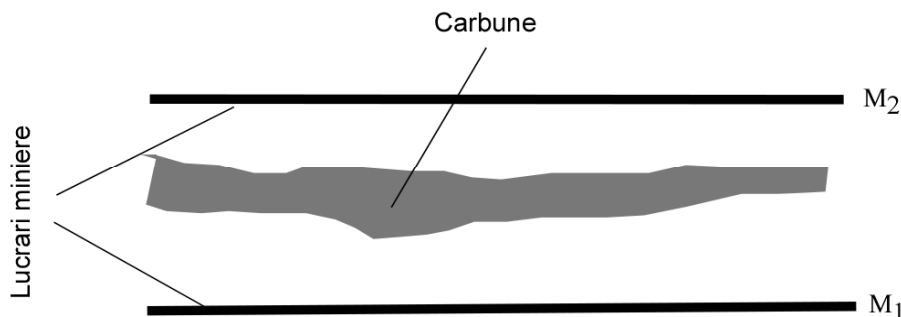


Fig.2. Model de exemplu pentru amplasarea stratului de cărbune între lucrările miniere de bază / Model example for placement of the coal seams between main drilling shafts

În galerii se desfășoară determinarea vitezei undei longitudinale în rocile înconjurătoare și se determină viteza medie a acestuia $V_{p,inc}$.

Pentru conectarea inițială a secțiunii la conturile reale este necesară existența unui foraj. Schema principală a “înluminării” între două lucrări miniere cu folosirea unui foraj “bază” este ilustrată pe fig.3. Sunt prezentate cele două puncte “bază” $O_{1,b}$ $O_{2,b}$ ale forajului “bază” S cu secțiunea P a stratului de cărbune și ultimele două puncte $O_{1,1}$ și $O_{2,1}$.

In the galleries the longitudinal wave speed in the surrounding rocks is determined, and so is the average speed V_p .

To connect the real outline of the coal seams is necessary to have drilled a shaft. Main scheme for applying the seismoacoustic method between the two shafts using a "main shaft" is illustrated in Fig.3. Two base points $O_{1,b}$ $O_{2,b}$, of the "main shaft" S with P section of the coal seam and the last two points $O_{1,1}$ și $O_{2,1}$ are shown.

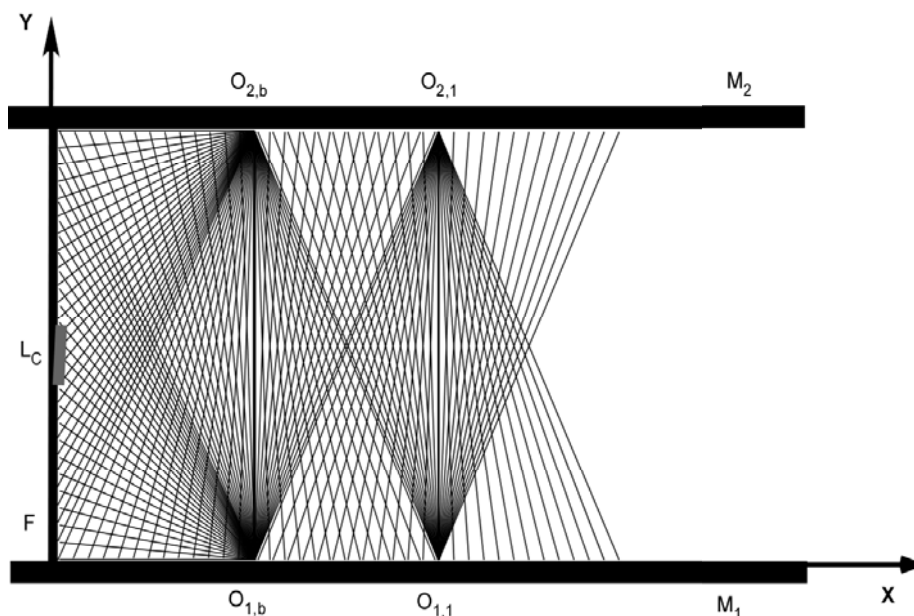


Fig.3. Main seismoacoustic sounding scheme between four wave emitting points with recording the time of arrival of direct wave in the main shaft and base profiles, located parallel to the coal seam / Main seismoacoustic sounding scheme between four wave emitting points with recording the time of arrival of direct wave in the main shaft and base profiles, located parallel to the coal seam

Colectarea datelor de ieșire se execută în sistemul coordonat Decart, care determină suprafața “în luminării”. Aceste date sunt:

Coordonate ale punctelor de agitare: $O_{1,b}$ ($X_{1,b}$ și $Y_{1,b}$) și $O_{2,b}$ ($X_{2,b}$ și $Y_{2,b}$); $O_{1,1}$ ($X_{1,1}$ și $Y_{1,1}$) și $O_{2,1}$ ($X_{2,1}$ și $Y_{2,1}$); $O_{1,2}$ ($X_{1,2}$ și $Y_{1,2}$) și $O_{2,2}$ ($X_{2,2}$ și $Y_{2,2}$); ...; $O_{1,n}$ ($X_{1,n}$ și $Y_{1,n}$) și $O_{2,n}$ ($X_{2,n}$ și $Y_{2,n}$).

Coordonate amplasării receptoarelor: P_j (X_j și Y_j).

Analiza începe cu determinarea ecuațiilor punctelor de agitație până la toate receptoarele și determinarea lungimii undei în masivul de roci.

Al doilea pas este prelucrarea datelor din forajul de bază. Razele, care au ajuns până la receptoare, în acest foraj, se clasifică în două grupe (fig.4):

- undele, care trec numai prin rocile înconjurătoare (pe fig.3 desenate cu puncte), numite condițional “fond” de lungime $S_{f,1}$, $S_{f,2}$, ..., $S_{f,K}$, ..., $S_{f,N}$;

undele, care interceptează stratul de cărbune (fig.3 cu linie neîntreruptă), numite “de bază”.

Pe baza timpilor de întoarcere $t_{f,1}$, $t_{f,2}$, ..., $t_{f,K}$, ..., $t_{f,N}$ pentru razele fond se calculează viteza de propagare a undei în rocile înconjurătoare $V_{p,f,k}$:

$$V_{p,f,k} = \frac{S_{p,f,k}}{t_{p,f,k}} \quad (1)$$

și viteza medie:

$$V_{p,vm,s} = \frac{\sum_{K=1}^{K=N} V_{f,K}}{N} \quad (2)$$

Se compară viteza medie calculată cu cea obținută din măsurătorile în lucrările miniere, și în caz de diferență între limitele standard (tabelul 1) se adoptă ca bază la restabilirea conturului stratului de cărbune. Dacă diferența este mai mare decât cea de bază, se acceptă viteza medie între aceasta, obținută după datele din lucrările miniere și pe razele fond în forajul de bază.

The output data are collected and transferred into Decart coordinate system, which determines the area of seismoacoustic sounding. These data are:

Coordinates of emitters location: $O_{1,b}$ ($X_{1,b}$ și $Y_{1,b}$) și $O_{2,b}$ ($X_{2,b}$ și $Y_{2,b}$); $O_{1,1}$ ($X_{1,1}$ și $Y_{1,1}$) și $O_{2,1}$ ($X_{2,1}$ și $Y_{2,1}$); $O_{1,2}$ ($X_{1,2}$ și $Y_{1,2}$) și $O_{2,2}$ ($X_{2,2}$ și $Y_{2,2}$); ...; $O_{1,n}$ ($X_{1,n}$ și $Y_{1,n}$) și $O_{2,n}$ ($X_{2,n}$ și $Y_{2,n}$).

Coordinates of receivers location: P_j (X_j și Y_j). The analysis begins with determining the equations from emitter's to the receiver's points and determining the wave length in the rock massive.

The second step is the processing the data of the main shaft. Waves, which returned to the receivers, in this shaft, are classified into two groups (fig.4):

- waves, that pass only through the surrounding rocks (drawn with points Fig.3), called conditional "background waves" $S_{f,1}$, $S_{f,2}$, ..., $S_{f,K}$, ..., $S_{f,N}$;

- waves, which intercept coal seam (continuous line Fig. 3), called "base waves".

Using the return time $t_{f,1}$, $t_{f,2}$, ..., $t_{f,K}$, ..., $t_{f,N}$ of background waves is calculated propagation speed of the wave in the rocks surrounding $V_{p,f,k}$:

and average speed:

Average speed calculated is compare with the one obtained from measurements in the mining works, and in case of difference between the standard limits (Table 1) is adopted as the base point to reset the contour of the coal seam. If the difference is greater than the base one, the average speed between them is accepted, calculated using the data obtained from mining works and background waves in the main shaft.

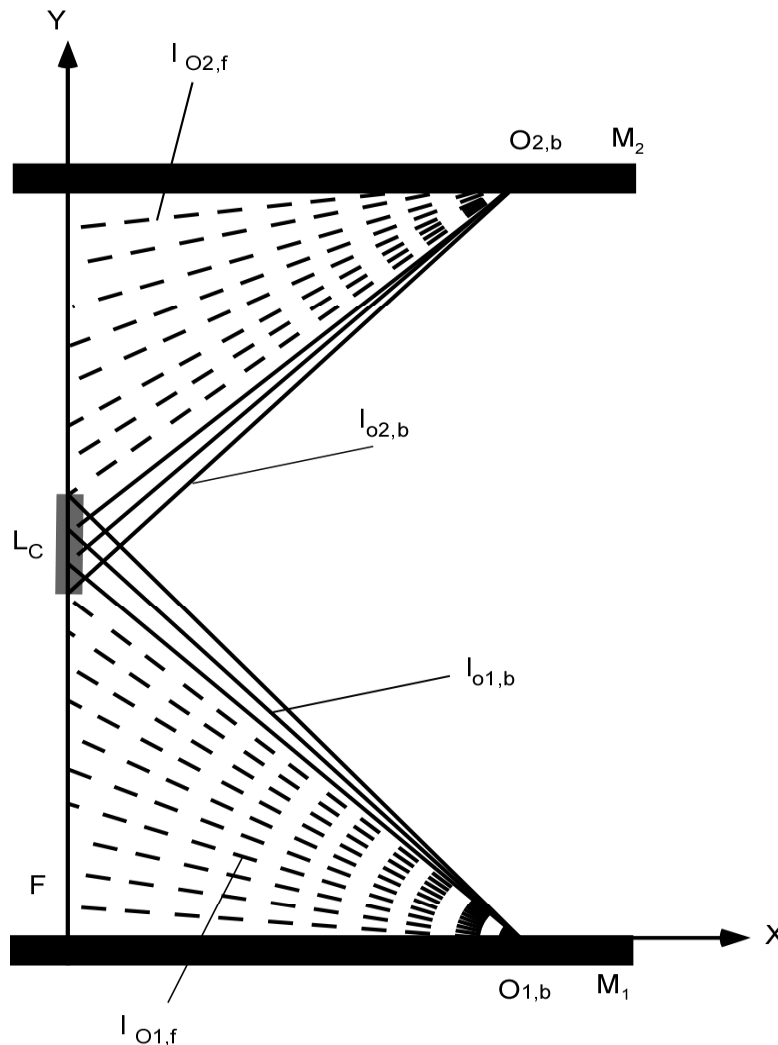


Fig.4. Aspect general de amplasare a forajului de bază S și a lucrărilor miniere (profilele de bază) M₁ și M₂, a punctelor de provocare O_{1,b}, O_{2,b}, a secțiunii stratului de cărbune L_C în forajul F, undele de fond (liniile punctate) și undele de bază (liniile dense) /

General appearance of placing the main shaft S and the mining works (base profiles) M₁ și M₂, the emitters points O_{1,b}, O_{2,b}, the coal seam section L_C in drilling shaft F, the background waves (dotted lines) and base waves (dense lines)

După determinarea vitezei de bază a propagării unei longitudinale în rocile înconjurătoare se trece la restabilirea conturului stratului de cărbune, care îl interceptează, în înluminări după razele de bază în foraj.

Pentru aceasta se calculează pentru fiecare undă de bază intervalul “timpul reziduu” t, adică, timpul pentru care unda trece intervalul stratului de cărbune:

After determining the base propagation speed of the longitudinal wave in the surrounding rocks the contour of the intercepted coal seam is restored using seismoacoustic waves in the main shaft.

For this is calculated, for each base wave, the range of the "time residue" t, ie, the time for which the wave passes the coal seam:

$$t_b^v = \left(\frac{t_b - \frac{S_b}{V^{vm}}}{1 - \frac{V^v}{V^{vm}}} \right) \quad (3)$$

Intervalul undei de bază concret în stratul de cărbune este:

The concrete interval of the coal seam base wave is:

$$S_b^v = t_b^v \cdot V^v \quad (4)$$

Intervalul calculat S_b^v se desenează după traiectoria undei cu început în foraj.

The calculated interval S_b^v is drawn according to the trajectory of the wave at the beginning of the shaft.

Punctele marginale ale secțiunii se interpolează succesiv linear și, în acest mod, se restabilește “secțiunea de bază” a stratului de cărbune (fig.5). După desenarea secțiunilor de bază, calculele continuă pe baza undelor din galerii, folosind operațiuni de calcul analogice și grafice (fig.6).

Marginal points of the section are successively linear interpolated and, thus, the “base section” of the coal seam is restored (fig.5). After drawing the base sections, calculations based on the galleries waves are continued using analogue and graphical operations (fig.6).

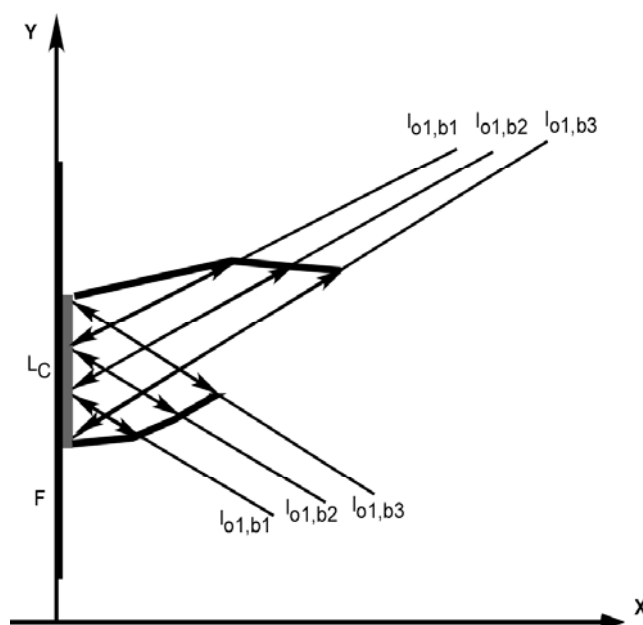


Fig.5. Determinarea conturilor stratului de cărbune pe baza timpului măsurat pentru undele de bază / Determination of the coal seam outline based on the measured time for the base waves.

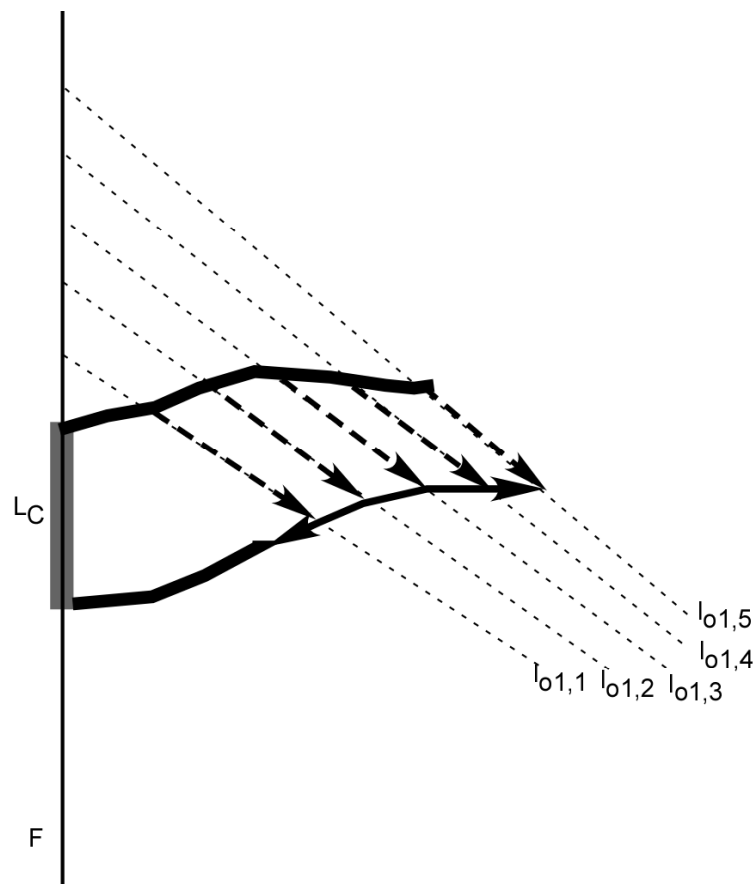


Fig.6. Determinarea “continuării” stratului de cărbune pe baza timpului măsurat pentru unde, amplasate succesiv în suprafața înluminării seismoacustice / Determination of "further" coal seam outline based on measured time for successively located waves in the seismoacoustic wave area seismoacustice

Algoritmul alcătuit este o bază pentru realizarea unui program de calcul pentru restabilirea conturelor straturilor de cărbune după datele din “în luminarea” seismoacustică (fig.7).

The obtained algorithm is a base for implementing a computer program to restore the outline of the coal seams after collecting seismoacoustic waves data's (fig.7).

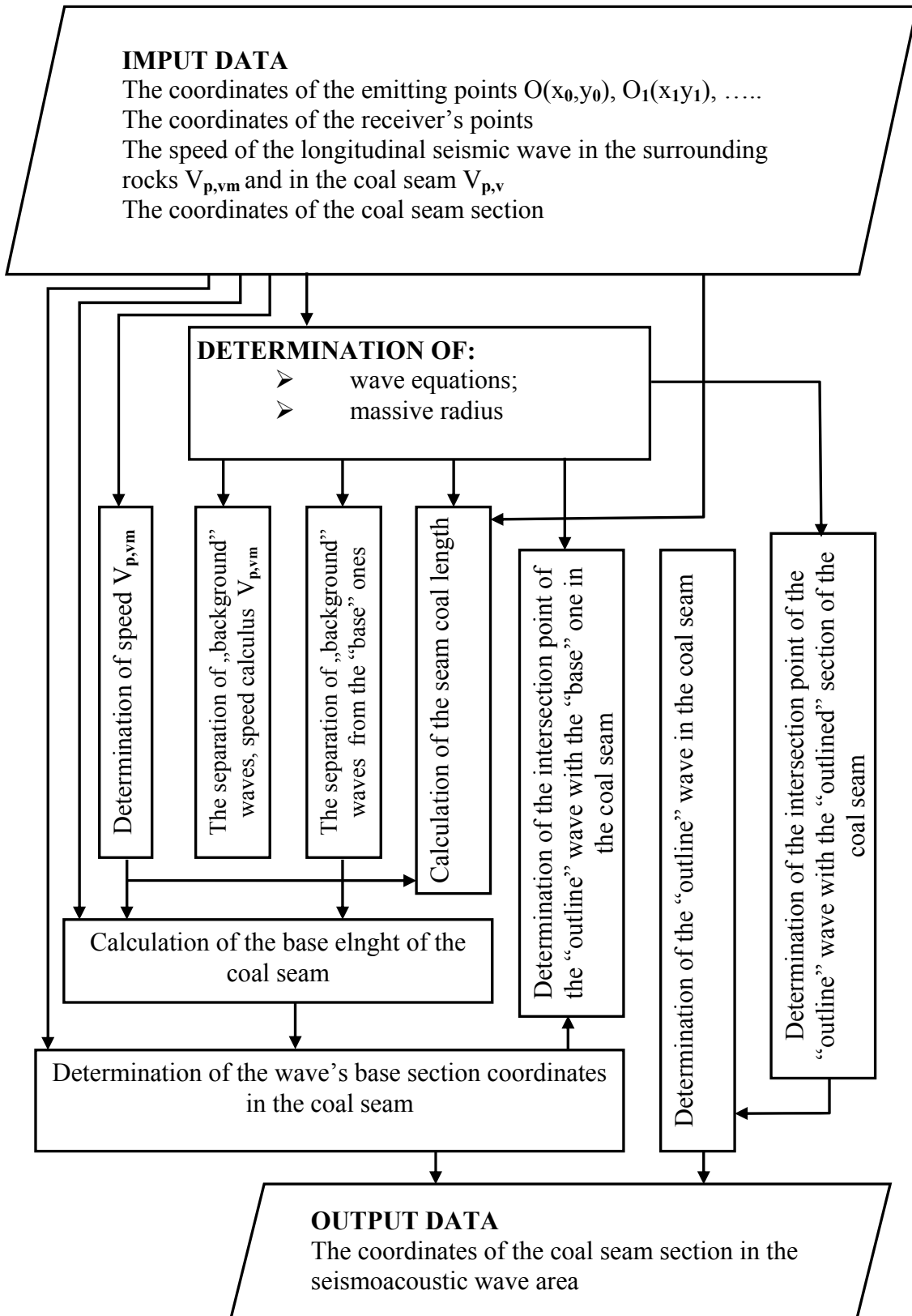


Fig.7. Schema bloc a algoritmului pentru determinarea conturelor a stratului de cărbune între lucrările miniere după date din înluminarea seismoacustică / Block diagram of algorithm for determining the outline of coal seam between coal mining using seismoacoustic waves data's

Rezultatele din cercetările desfășurate asupra modelelor sintetice și în condiții reale arată, că restabilirea conturelor staturilor de cărbune se realizează cu foarte bună eficiență.

În fig.8 se prezintă ca exemplu amplasarea unui strat cartat de cărbune.

Results from research conducted on synthetic models and field conditions show that coal seam outline restoration is achieved with very high efficiency.

In Fig.8 is presented as an example the location of a charted coal seam.

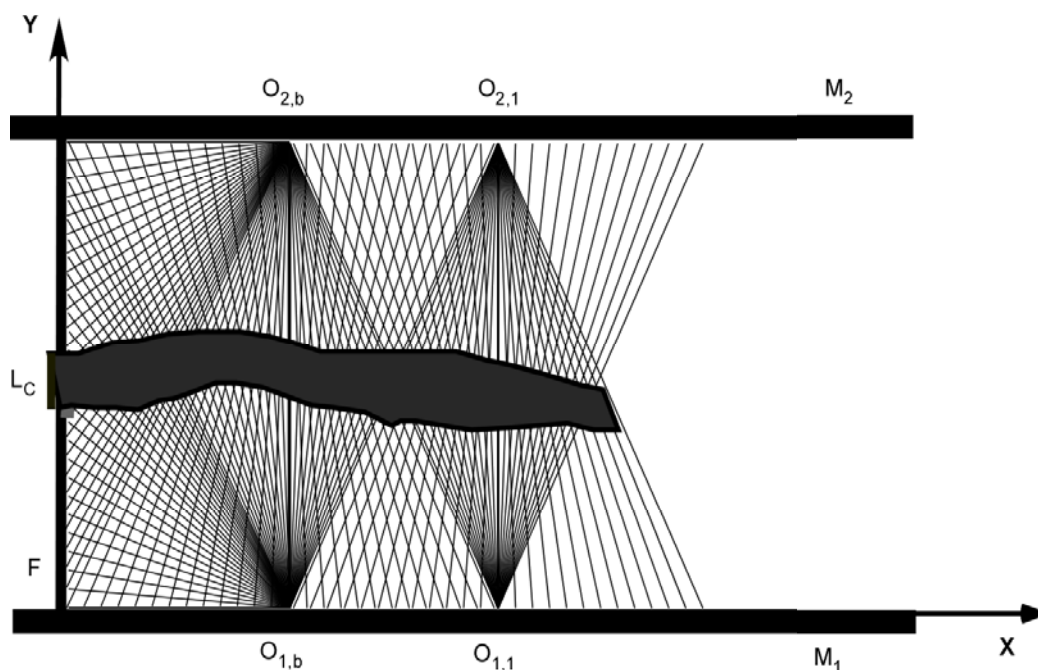


Fig.8. Exemplu de amplasare a unui strat cartat de cărbune / Example of a located coal seam

CONCLUZII

În scopul cercetării geologice și exploatării cărbunilor în Bazinul carbonifer balcanic, din Bulgaria, este actuală folosirea unei metode geofizice moderne pentru cercetarea masivului prin lucrări miniere cu scopul conturării straturilor de huilă. Existența unor perturbații electromagnetice industriale (transport feroviar, construcții metalice, cabluri diferite) limitează aplicarea metodei umbrei electromagnetice și determină ca metodologie optimă metoda studierii seismoacustice.

Cărbunele (huila) se separă bine din rocile înconjurătoare pe lungimea longitudinală a propagării oscilațiilor seismoacustice, care asigură condiții necesare pentru aplicarea efectivă a studierii seismoacustice. Este elaborată o metodologie

CONCLUSIONS

For geological research and exploitation of coal, in the Balkan basin, Bulgaria, the use of modern geophysical methods for finding the coal seams in the massive is current. The existence of industrial electromagnetic disturbances (railways, metallic constructions, various cables) limits the application of electromagnetic shadow method and determines that the best methodology to study the massive is the seismoacoustic method.

Coal is well separated from the surrounding rocks on the longitudinal length of the propagation direction of seismoacoustic oscillations that provide the necessary conditions for effective implementation of the seismoacoustic study. A methodology for shaping the coal seam using the data obtained

pentru conturarea straturilor de huilă după datele din înluminarea seismoacustică, este alcătuită o schemă de calcul și un sistem de calcul aplicabil orientat. Rezultatele din cercetările desfășurate asupra unor modele sintetice și în condiții reale arată că determinarea grosimii straturilor de cărbune satisface deplin necesitățile pentru o exploatare optimală a cărbunelui.

BIBLIOGRAFIE

1. Dimovski S., 1992. *Method and Computer Realization for a Ray Recovery of the Section at the Geophysical Sounding*. Bulgarian Geophysical Journal, Vol. XVIII, No. 2, pp. 41-52.
2. Dimovski S., Hristov E., 2005. *Possibilities for differentiation according to seismoacoustic characteristics between coal and host rocks in the Balkan coal basin – Bulgaria*, Lucrările științifice ale simpozionului internațional multidisciplinar “Univesitaria Simpro 2005”, Editura Universitas, Petroșani, pp. 50-55.

from seismoacoustic sounding; a calculation scheme consists and an oriented calculation system is developed. Results from research conducted on synthetic models and field conditions show that the thickness determination of the coal seams fully satisfies the needs for an optimal exploitation of coal.

BIBLIOGRAPHY

1. Dimovski S., 1992. *Method and Computer Realization for a Ray Recovery of the Section at the Geophysical Sounding*. Bulgarian Geophysical Journal, Vol. XVIII, No. 2, pp. 41-52.
2. Dimovski S., Hristov E., 2005. *Possibilities for differentiation according to seismoacoustic characteristics between coal and host rocks in the Balkan coal basin – Bulgaria*, The scientific works of the multidisciplinary International symposium “Univesitaria Simpro 2005”, Ed. Universitas, Petroșani, pp. 50-55.