RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 – 9637

BROJ 1
1989

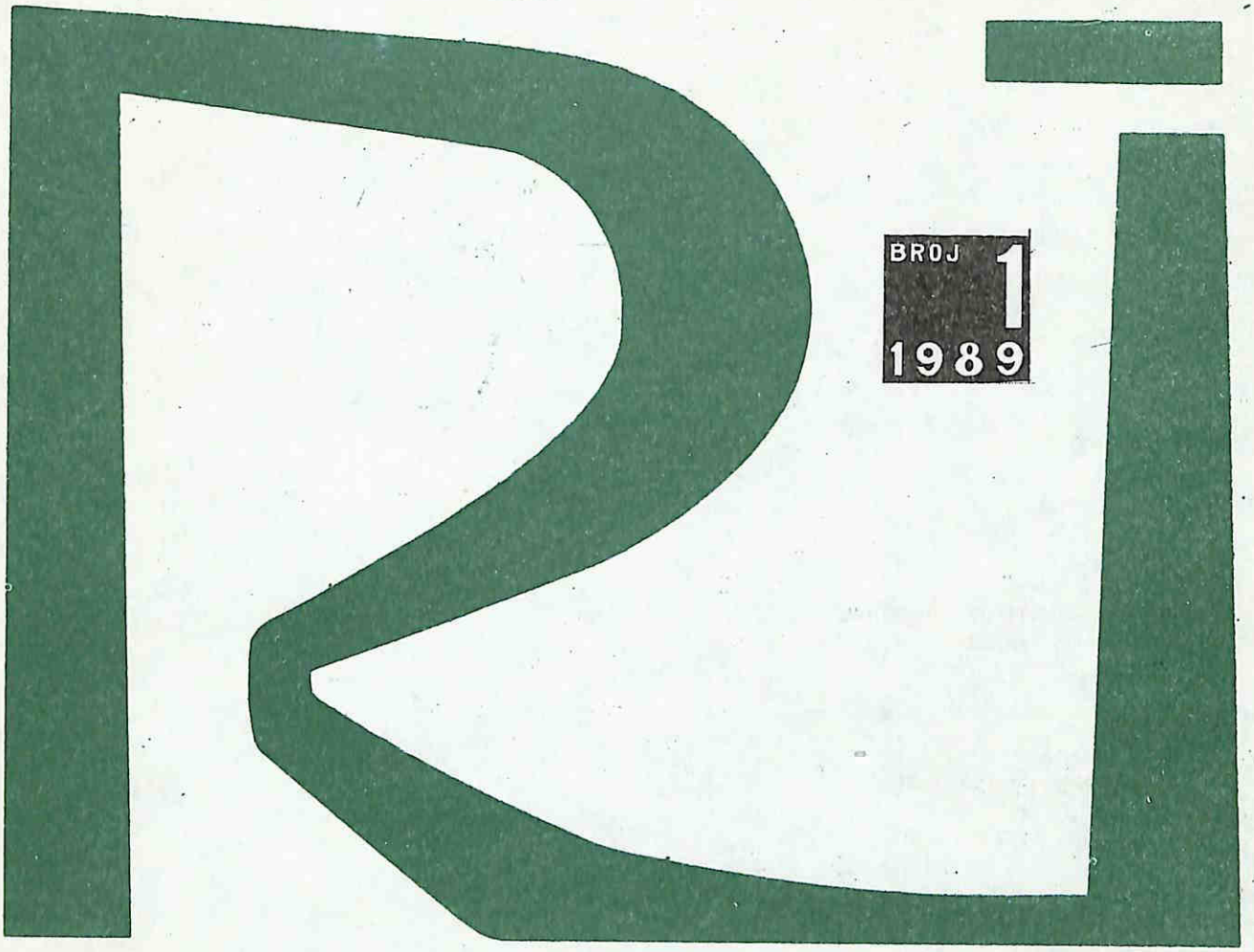
RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNICKI PUT BROJ 2 – JUGOSLAVIJA

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT. BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA
ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI" – BEOGRAD, BUL. VOJVODE MIŠIĆA 43, TEL. 651–067

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 – 9637



RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNIČKI PUT BROJ 2 – JUGOSLAVIJA

Izdavač:

RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD
11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Redakcija:

11000 Beograd, Zmaj Jovina 21

Glavni urednik:

dr inž. ĐURO MARUNIĆ

Redakcioni odbor:

RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
DRAGORAD IVANKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
ALEKSANDAR ĆURČIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd
MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
VELIBOR KAČUNKOVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd
MIRA MITROVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd

Redakcija:

MIRA MARKOVIĆ, dipl.fil., Rudarski institut, Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Republička zajednica za naučni rad, Beograc

RUDARSKI GLASNIK, YU ISSN 0035–9637, br. 1(28), 1989, Beograd

SADRŽAJ

Eksploatacija mineralnih sirovina

JEFTO BRALIĆ
Eksperimentalno proučavanje prostiranja naponskih talasa u stenama — provera korektnosti standardnog opita 5
Summary 9
Zusammenfassung 10
Rezjume 10

DRAGOLJUB ĆIRIĆ — MIODRAG MIRKOVIĆ — NEBOJŠA MAKSIMOVIĆ — BRANISLAV KOKOTOVIĆ
Postavljanje predajnih sistema rotornih bagera u funkciji tehnoloških operacija 11
Summary 18
Zusammenfassung 18
Rezjume 18

VESIMIR VESELINOVIĆ
Metode podzemnog otkopavanja uljnih škriljaca proverene u proizvodnim uslovima. I — Otkopavanje uljnih škriljaca u Pribaltičkom basenu u SSSR-u. 19
Summary 29
Zusammenfassung 29
Rezjume 30

Priprema mineralnih sirovina

MARKO ERCEGOVAC — MIRA MITROVIĆ — RADIVOJE CVETIČANIN
Nova genetsko—industrijska klasifikacija ugljeva srednjeg i visokog ranga 31
Summary 41
Zusammenfassung 41
Rezjume 41

DINKO KNEŽEVIĆ — MILAN VLAJIĆ
Izbor lokacije za deponiju pepela i šljake termoelektrane Viskoza, Loznica 42
Summary 48
Zusammenfassung 48
Rezjume 48

ANDRIJANA BUŽALO
Uticaj nekih mineralnih materija na hemijske osobine uglja Gatačkog basena 49
Summary 55
Zusammenfassung 55
Rezjume 55

Ventilacija i tehnička zaštita

ALEKSANDAR ĆURČIĆ
Istraživanje karakteristika samozapaljivih i eksplozivnih osobina prašine u rudnicima uglja SR Srbije sa podzemnom eksploatacijom 56
Summary 69
Zusammenfassung 69
Rezjume 69

PETER PODKRAJŠEK
Zaštitne mere kod izrade tunela Karavanke—jug s obzirom na upotrebu mehanizacije na dizel pogon u metanskim uslovima 70
Summary 75
Zusammenfassung 75
Rezjume 76

SABAHUDIN FILIPOVIĆ – MILAN ČREPINŠEK
Ventilacija tunela Karavanke—jug u fazi izgradnje 77
Summary 82
Zusammenfassung 82
Rezjume 82

Zaštita životne sredine

DRAGOLJUB UROŠEVIĆ – VLADIMIR IVANOVIĆ
Prikaz osnovnih principa projektovanja zaštite životne sredine na primeru flotacijskog jalovišta Suva Ruda – Raška 83
Summary 89
Zusammenfassung 89
Rezjume 89

Termotehnika

VOJISLAV VULETIĆ
Korišćenje mešavina ugalj—voda—tečno gorivo u kotlovskim postrojenjima koja sagorevaju mazut . . 90
Summary 94
Zusammenfassung 94
Rezjume 95

Nova oprema i nova tehnička dostignuća 96

Bibliografija 99

UDK 622.83.001.4
Originalni naučni rad
– primenjeno – istraživački

EKSPERIMENTALNO PROUČAVANJE PROSTIRANJA NAPONSKIH TALASA U STENAMA

– Provera korektnosti standardnog opita –

(sa 3 slike)

Jefto Bralić

U „Rudarskom glasniku" br. 4/88 prikazan je tok standardnog opita (opit „A" kao primer) i način obrade dobijenih eksperimentalnih podataka. Da bi se proverila korektnost samog opita, u istom masivu izvršena su još dva eksperimenta. Opit „B" je izvršen na novoj lokaciji istog masiva na isti način kao prikazani opit „A" korišćenjem 0,5 kg pentritnog voska za indukovanje naponskog talasa. Obradom podataka na način kao i za opit „A" dobijene su konstante:

$$\lambda = -1{,}8250;\ b = 8{,}30359 \qquad (12)$$

Bušotine koje su služile za indukovanje naponskog talasa u opitu „A" su pročišćene, a kotlovska proširenja na dnu bušotina napunjena su sa po 2,5 kg, istog eksploziva. Potom su izvršena ispitivanja (opit „C") koja su po obradi dala konstante:

$$\lambda = -1{,}7222;\ b = 8{,}80030 \qquad (13)$$

Podsetimo se da smo za opit „A" utvrdili konstante:

$$\lambda = -1{,}7812;\ b = 8{,}30187 \qquad (14)$$

Upoređenjem rezultata vidimo da je konstanta λ saglasna kod sva tri opita, dok konstanta b za opit „C" znatno odstupa. Iz ovog se može zaključiti da će rezultati dva opita u istom stenskom masivu biti saglasni pod uslovom, da se indukovanje naponskog talasa izvrši sa istim količinama istog eksploziva. Postavlja se pitanje, da li je i u kom stepenu sam standardni opit korektan, kako usaglasiti dva opita ako se koriste različiti eksplozivi i različite količine eksploziva? Kako provesti opit sa jednom količinom eksploziva na praktični slučaj kod bilo koje količine eksploziva (podrazumevaju se zatvorena eksplozivna punjenja)? Za odgovor na ova pitanja koristićemo teoriju.

Kao što je poznato, ako stenu posmatramo kao homogeni visko–elastični materijal Kelvinovog tipa, u svom najjednostavnijem obliku, po svemu se približavamo realnoj slici o prostiranju naponskog talasa kroz stene jer, za razliku od elastičnog medija, dolazi do:

– smanjenja maksimalne amplitude tokom prostiranja talasa, a ono zavisi od vremena trajanja ulaznog impulsa
– nema prisustva oštrog udarnog fronta
– zavisno od vrednosti pokazatelja prigušenja, napon ili monotono raste do konačne granice (veći pokazatelj prigušenja), ili, pak, osciluje nekoliko puta, dok ne dostigne istu konačnu vrednost (niže vrednosti pokazatelja prigušenja).

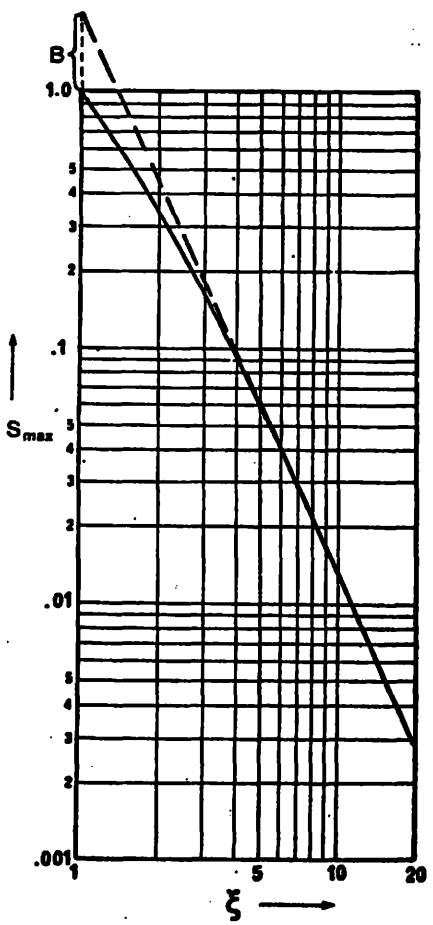
Sva dalja razmatranja o korektnosti standardnog opita svešćemo na razmatranja prostiranja talasa u Kelvinovom mediju, sa podsećanjem na sledeće osnovne postavke iz teorije:

— rešenja baziraju na linearnoj teoriji

— rešenja daju bezdimenzionalni napon (S) u funkciji bezdimenzionalnog rastojanja (ξ), bezdimenzionalnog vremena trajanja ulaznog impulsa (τ_0) i pokazatelja prigušenja (k)

— sferni talas ispoljava konačnu brzinu (C_s) koja korespondira sa brzinom signala koju možemo meriti.

Teoretske krive opadanja napona u funkciji rastojanja mogu se u Kelvinovom mediju smatrati kao prave linije u rasponu rastojanja $10 \leqslant \xi \leqslant 20$. Nagib ($\lambda$) ovih pravih ne zavisi samo od pokazatelja prigušenja (k) već i od trajanja ulaznog impulsa (τ_0). Na slici 6 prikazano je teoretsko opadanje napona u funkciji rastojanja za k = 0,05 i $\tau_0 = 0{,}8$.



Sl. 6 — Teoretska kriva opadanja napona za k = 0,05 i $\tau_0 = 0{,}8$ u Kelvinovom mediju.

Ako pažljivo pogledamo sliku 1 vidimo da je trend krive prava i do $\xi > 5$ i da se i u opsegu $5 < \xi < 10$ može aproksimirati pravom linijom. Ako aproksimativnu pravu povučemo do $\xi = 1{,}0$ onda je razlika između stvarne vrednosti i aproksimacije jednaka B. Znači, opšti trend zavisnosti napona i rastojanja određen je nagibom λ i odsečkom B na osi maksimalnog napona. U literaturi se mogu naći već izračunate teoretske krive za široku lepezu k i τ_0 u obliku tablica ili dijagrama.

Da bi se olakšala primena teorije na podatke dobijene opitima, izvedeni su približni izrazi za pojedina teoretska rešenja. Ovi približni izrazi su tako aproksimovani, da se nalaze daleko unutar tačnosti rezultata koji se dobijaju opitima. Za interval rastojanja $10 \leqslant \xi \leqslant 20$, sa tačnošću od 99%, za nagib λ važe izrazi:

$$\lambda_\infty = -(1 + 1{,}5649\, k^{0{,}22615})$$
$$\lambda = \lambda_\infty - 0{,}5222\, e^{-\alpha\tau_0}$$
$$\alpha = 0{,}010897\, k^{-1} + 0{,}09307 \qquad (15)$$

U ovom slučaju λ^∞ predstavlja nagib za $\tau_0 = \infty$ Iz prethodnih jednačina vidimo da je:

kada $k \to$, tada $\alpha \to \infty$, $\lambda = \lambda_\infty = -1{,}0$ (16)

i da je nagib u skladu sa teorijom.

Iz teoretskih rešenja za raspone $0{,}02 \leqslant k \leqslant 0{,}2$ i $0{,}4 \leqslant \tau_0 \leqslant 1{,}0$ izračunati su sa istom tačnošću obrasci za B:

$$B_\infty = 1 + 0{,}47758\,(\frac{k}{0{,}15})^{1/8}(1 - \frac{k}{0{,}15})e^{-05k/015} \qquad (17)$$

$$\frac{B}{B_\infty} = 1 - [1 - (\frac{\tau_0}{\tau_x})^2 + 0{,}75\,\frac{\tau_0}{\tau_x}(1 - \frac{\tau_0}{\tau_x})]\, e^{-\tau_0/\tau_x} \qquad (18)$$

gde je:

$$\tau_x = 0{,}93918\, k^{029} \qquad (19)$$

Izrazi (17) do (19) imaju osobine koje ih čine pouzdanim i izvan navedenog raspona pošto:

kada $k \to 0$, tada $\tau_x \to 0$;

$$B \to B_\infty \to 1 \qquad (20)$$

kada $\tau_0 \to \infty$, tada $B \to B_\infty$ (21)

što je u skladu sa teorijom.

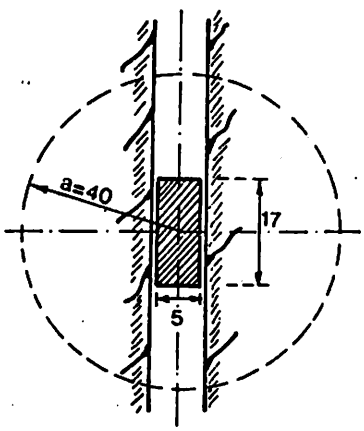
U daljem razmatranju nailazimo na sledeće teškoće:

— kod opita je zavisnost između deformacije (napona ili ubrzanja zavisno šta se meri) i rastojanja izražena pomoću parametara koji imaju dimenzije (m, μmm/mm, m/s^2, kN/cm^2), a kod teoretskih zavisnosti parametri su bezdimenzionalni;

— pretvaranje jednih veličina u druge moguće je ili pomoću poluprečnika (a) imaginarne loptaste sferne šupljine od koje se indukuje sferni talas (zamišljena sfera u kojoj se odigrava eksplozija), ili merenjem vršnog pritiska (p_0). Pošto u opitu ne postoje loptaste sfere već pružna punjenja, merenje vršnog pritiska je gotovo neizvodljivo;

— teoretski rezultati baziraju na pravougaonom ulaznom impulsu, a kod opita je ovaj impuls drukčiji.

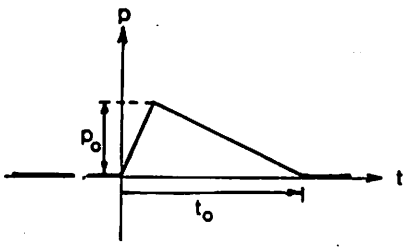
Geometrija punjenja od 0,5 kg pentritnog voska u opitima „A" i „B" prikazana je na sl. 7. Eksperimentalno je dokazano da ovakva punjenja, zavisno od vrste eksploziva i vrste stene, daju nepravilne loptaste šupljine čiji je prečnik 12–20 cm, te se može pretpostaviti da će efekat ovakve eksplozije biti sferično simetričan na cca 40 cm od centra punjenja. Naglašavamo, da se ovaj rezon zasniva na dosadašnjim ispitivanjima i da predstavlja samo korak ka određivanju vrednosti poluprečnika sferne šupljine (a).



Sl. 7 — Geometrija punjenja od 0,5 kg primenjena u opitima „A" i „B"

Pravougaoni ulazni impuls, u teoretskom smislu, daje zavisnost napona od vremena u vidu postepenog ili vrlo brzog porasta, sasvim blizu $\xi = 1{,}0$. Ovako pretpostavljen impuls imaće neznatan uticaj na poluprečnik sfere (a) u poređenju sa pretpostavljenom vrednošću ovog parametra.

Prema osciloskopskim snimcima dobijenim opitima, impulsi iz opita se mogu prihvatiti kao trougaoni, kako je to dato na slici 8. Teoretskim razmatranjima utvrđeno je da se kod ovakvog impulsa na kratkim rastojanjima τ_0 ne menja značajno.



Sl. 8 — Trougaoni ulazni impuls iz opita.

Vreme trajanja ulaznog impulsa u našem slučaju (trougaoni impuls) može se izraziti u obliku:

$$\tau_0 = \frac{t_0}{2a}\sqrt{\frac{E_1}{\rho}} \qquad (22)$$

Iz ovog izraza vidimo da je, pošto smo usvojili za poluprečnik sferne šupljine a = 0,4 m, potrebno da se sa osciloskopskih snimaka odrede vrednosti za t_0 i brzinu signala ($C_s = \sqrt{\frac{E_1}{\rho}}$) i da se tada može odrediti veličina τ_0. Kako se određuje veličina t_0 vidi se na sl. 8. Brzina signala se određuje merenjem vremenskog intervala između dve susedne maksimalne amplitude na osciloskopskom snimku. Pošto nam je poznat put (d_i) između ovih tačaka, brzina se određuje jednostavno. Za naša tri opita na ovaj način određena je vrednost za τ_0 i ona iznosi:

Vrednost τ_0 za opite „A", „B" i „C"

Tablica 2

Opit	τ_0
„A"	1,256
„B"	1,051
„C"	1,760

Pošto smo uveli odnos između poluprečnika sfere (a) i merenog rastojanja (d_i), prevođenjem opitima dobijene vrednosti u bezdimenzionalnu, u

stvari, vršimo samo horizontalno pomeranje opitom dobijene prave (sa nagibom λ) paralelno samoj sebi. Ako, pak, prevodimo merenu deformaciju (napon, ubrzanje) u bezdimenzionalnu veličinu, to pomeranje vršimo vertikalno.

Ovo znači da se opitom utvrđenim vrednostima za λ i τ_0 može odrediti pokazatelj prigušenja k (horizontalno pomeranje) i da se poznatim vrednostima parametara λ i b i usvojenom vrednošću za a može odrediti bezdimenzionalna vrednost deformacije (napon, ubrzanje – vertikalno pomeranje).

Pokazatelj prigušenja k može se odrediti iz izraza (15) postupkom iteracije (najbolje uz pomoć računara) ili iz teoretskih dijagrama ako njima raspolažemo. U našem slučaju za sva tri opita dobijamo vrednost blisku k = 0,015 bez obzira što su dva opita izvršena sa po 0,5 kg eksploziva, a treći sa 2,5 kg.

Vertikalno pomeranje prave izvršiće se na sledeći način:

– za $d_i = a = 0,4$ m, koristeći opitima dobijene vredosti za λ i b pomoću jednačina (1)* odrediće se približna vrednost deformacije za $\xi = 1,0$ koja će se označiti sa A'_0;

– za k = 0,015 jednačinama (17) i (19) određuju se vrednosti za B_∞ i τ_x koje za sva tri opita iznose:

$$\tau_x = 0,27785; \quad B_\infty = 1,30660 \qquad (23)$$

– jednačina (18) omogućuje da se vrednostima za τ'_0 iz tablice 2 i izračunatim vrednostima (23) odredi za svaki opit odsečak na ordinati B (sl. 6). Stavljanjem u odnos približne vrednosti deformacije (ubrzanja) A'_0 i B dobija se prava vrednost ordinate za $\xi = 1,0$ koja se označava sa A_0. Ukoliko raspolažemo i faktorom kalibracije davača, vrednost A_0 možemo prevesti u vršni pritisak P_0 u barima.

Za opite iz primera izračunati i sređeni podaci dati su u tablici 3.

Iz tablice 3 se vidi da srednja vrednost za A_0 iz prva dva opita odstupa od pojedinačnih vrednosti za manje od 3%, što dokazuje korektnost samog opita i pruža značajnu potvrdu o saglasnosti teorije i opita.

Opit „C" značajno odstupa, što je i razumljivo, pošto je ovaj opit izveden sa drugom količinom eksploziva. Ovim je podvučen ranije naglašen značaj o usaglašavanju opita izvedenih različitim količinama eksplozivnih punjenja.

Do sada smo raščistili dosta nepoznatih, s tim što nije raščišćeno šta fizički predstavlja pokazatelj prigušenja k, a pitanje poluprečnika sferne šupljine (a) praktično je tek načeto.

U cilju određivanja prirode pokazatelja prigušenja izvedena su dva opita sa punjenjima od TNT.

Prvi opit (označimo ga sa „A_1") izveden je sa punjenjima od 50, 170 (po tri punjenja) i 500 kg (dva punjenja) TNT. Punjenja su inicirana u podzemnoj komori čija je zapremina 20 m^3. Centar eksplozivnih punjenja, bez obzira na težinu, bio je na rastojanju od 2,0 m od zida komore sa ugrađenim davačima. Davači (merila se deformacija) su ugrađeni upravno na zid, a na različitim rastojanjima od centra eksplozivnih punjenja. Rastojanje između centra punjenja i zida (2,0 m) usvojeno je i za poluprečnik sferne šupljine za sva punjenja. Svi davači su imali isti kalibracioni faktor $k_f = 0,0778$ bar/μstrain, tako da je moguće lako prevođenje deformacije u vršni pritisak.

Koristeći isti postupak koji je primenjen za opite „A", „B" i „C" dobijeni su rezultati koji su prikazani u tablici 4.

Iz tablice 4 vidimo da se sa povećanjem τ_0 smanjuje λ, što je u skladu sa teorijom, kao i činjenica da je pokazatelj prigušenja k praktično isti bez obzira na veličinu punjenja.

Rezultat proračuna za opite „A", „B" i „C"

Tablica 3

Opit	B/B^∞	B	A'_0 (μstr.)	$A_0 = A'_0/B$ (μstr.)	Punjenje (kg)
„A"	1,34144	1,75273	20619	11764	0,5
„B"	1,08546	1,93722	21500	11090	0,5
„C"	1,11438	1,45605	32152	22082	2,5

Drugi opit („B'_1") koji je izvršen u istoj steni kao opit „A_1" i sa istom vrstom eksploziva (TNT)

* vidi „Rudarski glasnik" br. 4/88 – „Eksperimentalno proučavanje prostiranja naponskih talasa u stenama"

Rezultat opita „A_1"

Tablica 4

Punjenje (kg)	τ_0	λ	k	A'_0(μstr.)	B	A_0(μstr.)	P_0(bar)
50	1,4	−1,95103	0,026	880	1,78456	493	38,4
170	3,0	−1,80170	0,026	2136	1,30902	1632	127,0
500	4,2	−1,69587	0,024	5003	1,29172	3873	301,0

izveden je kao standardni opit sa punjenjima od 0,5 kg. Ovaj opit je dao sledeće rezultate:

$$\lambda = -2{,}16456$$
$$\tau_0 = 2{,}45 \qquad (24)$$
$$k = 0{,}075$$

Iz ovog primera se vidi da se vrednosti za k mnogo razlikuju, što objašnjava da pokazatelj prigušenja fizički karakteriše čitav sistem, tj. stenu i proces formiranja naponskog talasa. Do ovog zaključka došao je J.Kestin još 1968. godine.

Ovim člankom smo odgovorili samo na prvo u njemu postavljeno pitanje, tj. dokazana je korektnost standardnog opita i njegova usaglašenost sa teorijom. U sledećem članku rasčistiće se pitanje poluprečnika sferne šupljine (a), a time će se dati odgovor i na preostala dva pitanja — usaglašavanje opita sa različitim količinama eksploziva i primena standardnog opita u praktične svrhe.

Literatura

1. Atcshison T. C., Pulgliese J. M. 1964: Comparative Studies of Explosives in Granite.

2. Persen L. N. 1975: Dinamics and Geophysical Exploration.

3. Sachs D. C., Swift L. M., 1959: Operation Teapot. — Underground Explosion Effects.

4. Metodologija izvođenja standardnog opita. — Rudarski institut i Vojnotehnički institut, Beograd, 1978.

5. Kestin J., 1968: A course in Thermodynamics, 2 ginn Blaisdeli, Waltham, Mass., Toronto — London.

SUMMARY

Experimental Investigation of Stress Wave Propagation in Rocks — Control of Standard Test Correctness —

Numerical values of parameters λ and b, obtained by the standard test and characterize the linear dependence between measured deformation and distance in the Log–Log diagram, represent, together with the adopted magnitude of spherical cavity radius for circular charge, the basic parameters for determination of indicators for dumping, duration of the input impulse and peak pressure by use of theoretic assumptions of the high elastic Kelvin medium, considered as the most exact simulator of stress waves propagation through the rocks.

ZUSAMMENFASSUNG

Experimentelle Erforschung der Ausbreitung von Spannungswellen im Gestein
– Prüfung von Genauigkeit bei dem Standardversuch –

Numerliche Werte der Kennwerte λ und b, die man mit genormten Versuchen bekommt und welche die lineare Anhängigkeit zwischen der ausgemessenen Deformation und den Abstand im Log–Log Diagramm karakterizieren, stellen bei angenehmener Grüsse für den Halbmesser vom Kugelhohlraum zur streichender Ladung, die Grundparameter für die bestimmung der Kenngrösse der Dämpfung vor, sowie die Zeit zum dauern vom Eingangsimpuls und höhstem Druck, unter Nuztung des theoretischen Grundsatzes vom Kelvinmittel von Visko–elästizität, für welches man annimt, dass es am anhänglichsten die Ausbreitung von Spannungswellen im Gestain simuliert.

РЕЗЮМЕ

Экспериментальное исследование простирания волны напряжений через горные породы
– проверка коректности стандартного опыта –

Численые величины параметров и б, которые получаются стандартным опытом и которые характеризуют линейную зависимость между измеренной деформации и расстояния в Лог-Лог диаграме, представляют собой основные параметры для определения показателей затухания, продолжительности входного импульса и пикового давления, с пользованием теоретических предположений о вязко-эластическом медии Кельвина дла которого считается что более достовернее симулирует простирание волн напряжений через горные породы.

Autor: dr inž. Jefto Bralić, viši naučni saradnik, Beograd
Recenzent: dr inž. R. Obradović, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 10.3.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 621.879.4 : 621.869.3
Stručni rad

POSTAVLJANJE PREDAJNIH SISTEMA ROTORNIH BAGERA U FUNKCIJI TEHNOLOŠKIH OPERACIJA

(sa 8 slika)

Dragoljub Ćirić – Miodrag Mirković – Nebojša Maksimović – Branislav Kokotović

Racionalnije korišćenje rotornih bagera zahteva iznalaženje odgovarajuće tehnologije rada pretovarne sprave, a u zavisnosti od kinematske veze katarke radnog točka sa njom.

U ovom članku su dati kratak opis konstrukcije i namene pretovarne sprave, šema kinematske veze između katarke radnog točka i pretovarne sprave, šema postavljanja pretovarne sprave pri izvođenju tehnoloških operacija za različite kinematske veze i konkretan primer postavljanja pretovarne sprave.

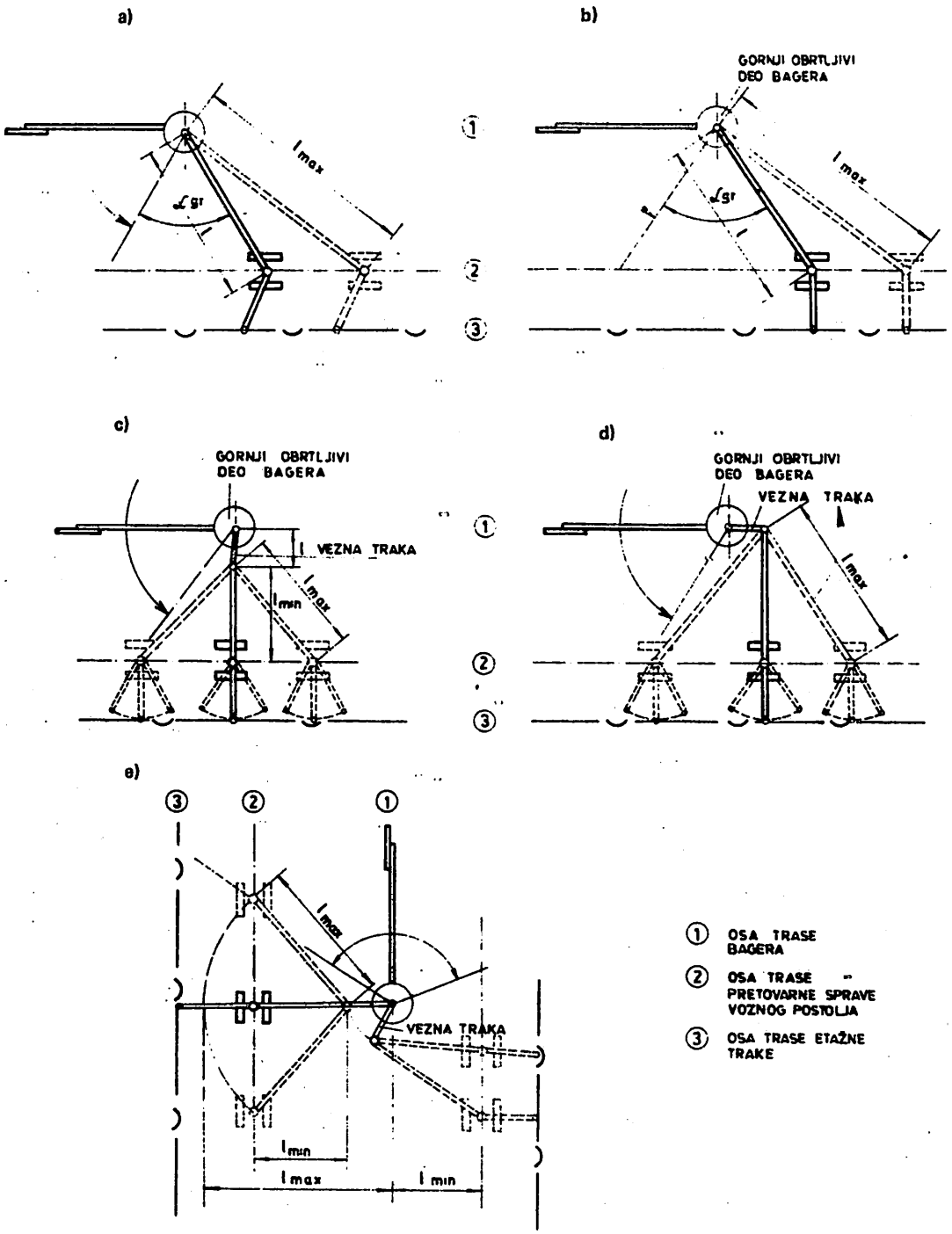
Konstruktivni opis i namena pretovarne sprave

Pretovarna sprava je element unutrašnjeg transporta bagera kojom se otkopane mase transportuju od mesta prijema na bageru do mesta predaje na etažnu traku. Osnovni elementi od kojih je sastavljena pretovarna sprava su: vezni most, transporteri na mostu i vozno postolje sa predajnom trakom. Vezni most se jednim krajem naslanja na konstrukciju bagera, a drugim krajem na vozno postolje. Transporter na veznom mostu može biti izveden sa promenljivim položajem povratnog bubnja ili sastavljen iz dva nezavisna dela od kojih je jedan pomerljiv. Predajna traka na voznom postolju može biti fiksna (upravna na osu etažne trake), obrtljiva ili teleskopska. Konstrukcija veznog mosta se naslanja na donji ili gornji deo bagera. U donjem delu bagera može se naslanjati na platformu sa strane, a u gornjem – u sredini bagera (vertikalnoj osi). Kada se konstrukcija veznog mosta naslanja na platformu bagera sa strane, veza pretovarne sprave sa katarkom radnog točka se ostvaruje međutrakom koja može biti fiksna ili zaokretljiva. Međutraka može biti u poprečnoj ili uzdužnoj osi bagera. Osnovni zahtevi koje mora zadovoljiti pretovarna sprava u određenom položaju postavljanja su da prijem otkopanog materijala sa bagera teče neprekidno pri izvođenju nužnih tehnoloških oeracija uz minimalan broj manevarskih pokreta i minimalnu dužinu tih pokreta u bloku.

Pretovarna sprava je namenjena, pored prenosa otkopanog materijala u toku procesa otkopavanja bloka, i za savladavanje praznog hoda, usecanje u etažu, povećanje ukupne visine otkopavanja (sa više radnih planuma) i radijusa kopanja.

Kinematske veze između katarke radnog točka i pretovarne sprave

Na slici 1 su šematski prikazane katakteristike kinematske veze između katarke radnog točka i pretovarne sprave.



Sl. 1 – Karakteristične kinematske veze između katarke radnog točka i pretovarne sprave

Na slici 1 označeni su na šemama:

a. vezni most teleskopski, jednim krajem naslonjen u vertikalnoj osi bagera (gornji obrtljivi deo), a drugim krajem na guseničasto vozno postolje. Predajna traka je obrtljiva u horizontali.

b. vezni most teleskopski, jednim krajem naslonjen u vertikalnoj osi bagera (gornji obrtljivi deo), a drugim krajem na guseničasto vozno postolje. Predajna traka je fiksna.

c. vezni most teleskopski, jednim krajem naslonjen ispod međutrake (vezne trake) u donjem delu bagera koja je postavljena pod pravim uglom na osu trase transporta bagera, a drugim krajem na guseničasto vozno postolje.

d. vezni most teleksopski, jednim krajem naslonjen ispod međutrake (vezne trake) u donjem delu bagera koja je postavljana u osi trase transporta bagera, a druga krajem na guseničasto vozno postolje.

e. vezni most, jednim krajem naslonjen ispod obrtljive međutrake (vezne trake) u donjem delu bagera, a drugim krajem na guseničasto vozno postolje.

Šeme postavljanja pretovarne sprave

Pri otkopavanju etaža na površinskim kopovima obavljaju se osnovne tehnološke operacije:

A. otkopavanje bloka jednog za drugim duž cele etaže i to sa pomeranjem etažne trake ili bez pomeranja posle otkopavanja prvog prohoda

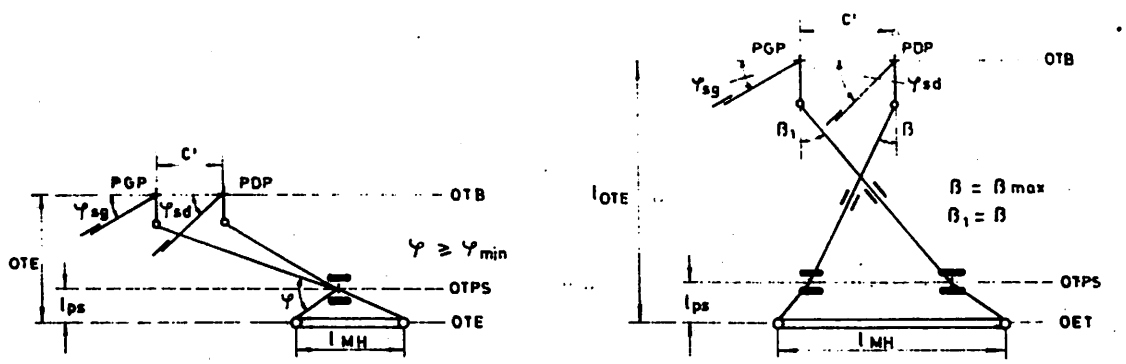
B. savlađivanje praznog hoda (pogonske stanice) duž etažne trake

C. usecanje u etažu.

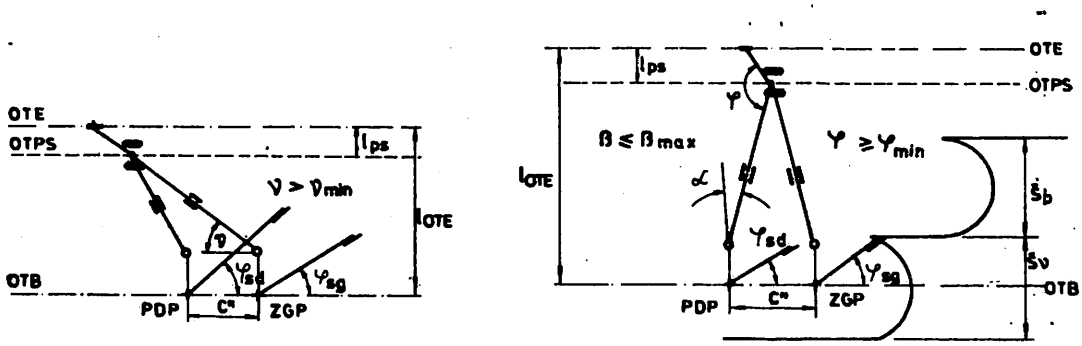
D. više radnih niveleta na jednoj etaži (povećanje ukupne visine otkopavanja).

Ove tehnološke operacije mogu se izvesti sa kinematskim vezama bagera i pretovarne sprave prikazanim na šemama od a do e na slici 1. Od prikazanih šema na slici 1 na našim površinskim kopovima koriste se šeme obeležene sa a, b, c i e.

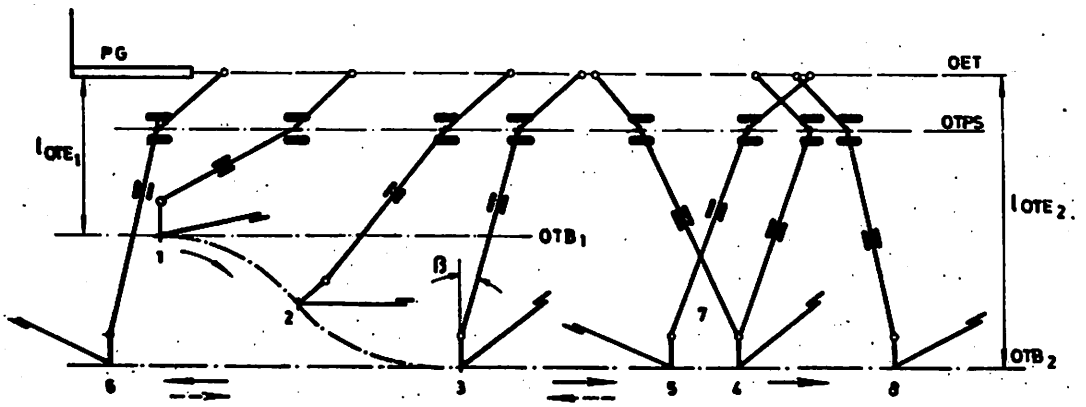
Šeme postavljanja pretovarne sprave za navedene tehnološke operacije od A do D biće prikazane za kinematsku vezu prema šemi c na slici 1. Za kinematsku vezu prema šemi e daće se samo šema



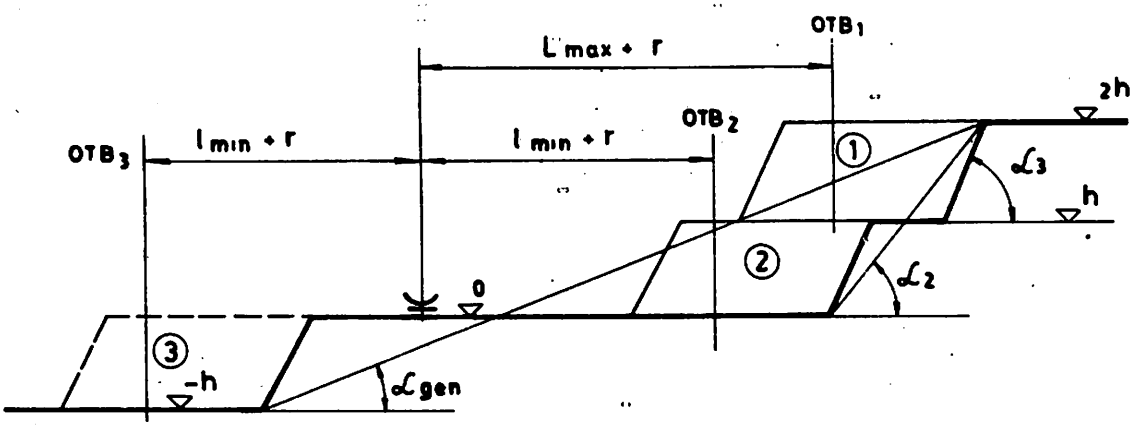
Sl. 2 – Šema postavljanja pretovarne sprave pri otkopavanju bloka (jednog za drugim) sa jednog mesta postavljanja veznog postolja pretovarne sprave (bez kidanja veze sa etažnom trakom)



Sl. 3 – Šema postavljanja pretovarne sprave kod savlađivanja praznog hoda (pogonska stanica)



Sl. 4 — Šema postavljanja pretovarne sprave pri usecanju u etažu (u blizini pogonske stanice)



Sl. 5 — Vertikalna šema postavljanja pretovarne sprave pri radu sa više radnih nivoa (planuma)

Oznake na slikama 2 do 5:

OTB — osa trase transporta bagera; OTPS — osa trase transporta pret. sprave; OTE — osa trase etažne trake; PDP — stajalište bagera na početku donje podetaže; ZDP — stajalište bagera na završetku donje podetaže; PGP — stajalište bagera na početku gornje podetaže; ZGP — stajalište bagera na završetku gornje podetaže; C'' i C' — značenje ovih vrednosti se vidi na slici 7; l_{ote} — rastojanje ose trase bagera od etažne trake; l_{ps} — rastojanje ose trase pretovarne sprave od etažne trake; l_{mh} — dužina praznog hoda; r — dužina međutrake (vezne trake); β — ugao otklanjanja veznog mosta od vezne trake poprečne ose bagera u pravcu katarke radnog točka; φ_{sd} — spoljašnji ugao kružnog kretanja na zadnjoj podetaži; φ — ugao između predajne trake i veznog mosta; φ_{sg} — spoljašnji ugao kružnog kretanja na gornjoj podetaži.

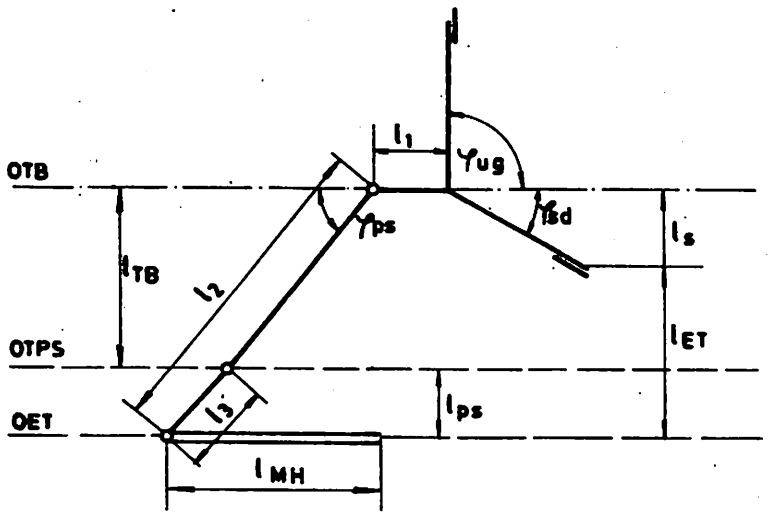
postavljanja pretovarne sprave za tehnološku operaciju B.

Na slici 2 prikazane su šeme postavljanja pretovarne sprave za tehnološku operaciju A, na slici 3 za tehnološku operaciju B, na slici 4 za tehnološku operaciju C i na slici 5 za tehnološku operaciju C.

Prikaz dobijenih rezultata na konkretnom primeru

1. primer

Za date geometrijske parametre bloka, pretovarne sprave i postavljenih ograničenja određen je položaj postavljanja pretovarne sprave uz uslov da se data dubina bloka otkopa bez pomeranja



Sl. 6 — Šema postavljanja pretovarne sprave kod savladavanja praznog hoda za kinematsku vezu prema šemi e na slici 1.

voznog postolja pretovarne sprave (sa jednog mesta).

— Geometrijski parametri bloka:

Visina bloka H = 18
Ugoa nagiba čeone kosine $\alpha_č$ = 48°
Širina bloka $Š_b$ = 59
Dubina bloka D_b = 20 m

— Geometrijski parametri pretovarne sprave (kinematska veza prema šemi c na slici 1):

Minimalna dužina veznog mosta L_{min} = 33 m
Maksimalna dužina veznog mosta L_{min} = 44 m
Dužina predajne trake L_{pt} = 27 m
Rastojanje tačke oslonca veznog mosta od ose trase bagera l_{vm} = 17

— Postavljena ograničenja:

Maksimalni ugao između poprečne ose bagera i uzdužne ose veznog mosta u tački oslanjanja veznog mosta na bageru β_{max} = 40°
Minimalni ugao vezivanja predajne trake sa osom etažne trake α_{vez} = 20°.

— Određivanje položaja postavljanja pretovarne sprave:

Položaj pretovarne sprave definisan je minimalnim rastojanjem između tačke oslonca veznog mosta pretovarne sprave na donjem delu bagera i ose trase transporta pretovarne sprave l_{tps}. Za svaku vrednost ostvarljive dubine bloka odgovara određeno rastojanje l_{tps}. Minimalno rastojanje l_{tps} se određuje za slučaj kada je vrednost dužine veznog mosta minimalna (teleskop potpuno uvučen) ili kada je teleskop izvučen za neku vrednost AL ali ne na maksimalnu vrednost. Vrednosti minimalnog rastojanja l_{tps} se menjaju u zavisnosti od položaja veznog mosta i postižu maksimalnu vrednost kada je vezni most postavljen pod pravim uglom u odnosu na osu trase transporta bagera.

Na osnovu sačinjenog matematičkog modela, a za dat ugao nagiba čeone kosine $\alpha_č$ = 48°,

Tablica 1

Rastojanje l_{tps} (m)	Radijus istovara na početku donje podetaže R_{is}^{α} (m)	Radijus istovara na završetku gornje podetaže R_{is}^{g} (m)	Razlika $R_{is}^{g}-R_{is}^{\alpha}$	Ostvarljiva dubina bloka (m)
0	33	44	11	1,73
10	31,4	42,8	11,4	2,17
20	26,2	39,1	12,9	3,72
30	13,7	32,1	18,4	9,21
33	0	29,1	29,1	19,83

sračunate su ostvarljive dubine bloka za različita rastojanja između tačke oslonca veznog mosta pretovarne sprave i ose trase transporta pretovarne sprave l_{tps} prikazane u tablici 1.

Za otkopavanje bloka čija je visina H = 18, ugao $\alpha_č$ = 48° i dubina D_b = 20 m guseničasto vozno postolje pretovarne sprave treba postaviti na rastojanju l_{tps} = 33 m od tačke oslonca voznog mosta pretovarne sprave kako je to prikazano na slici 7.

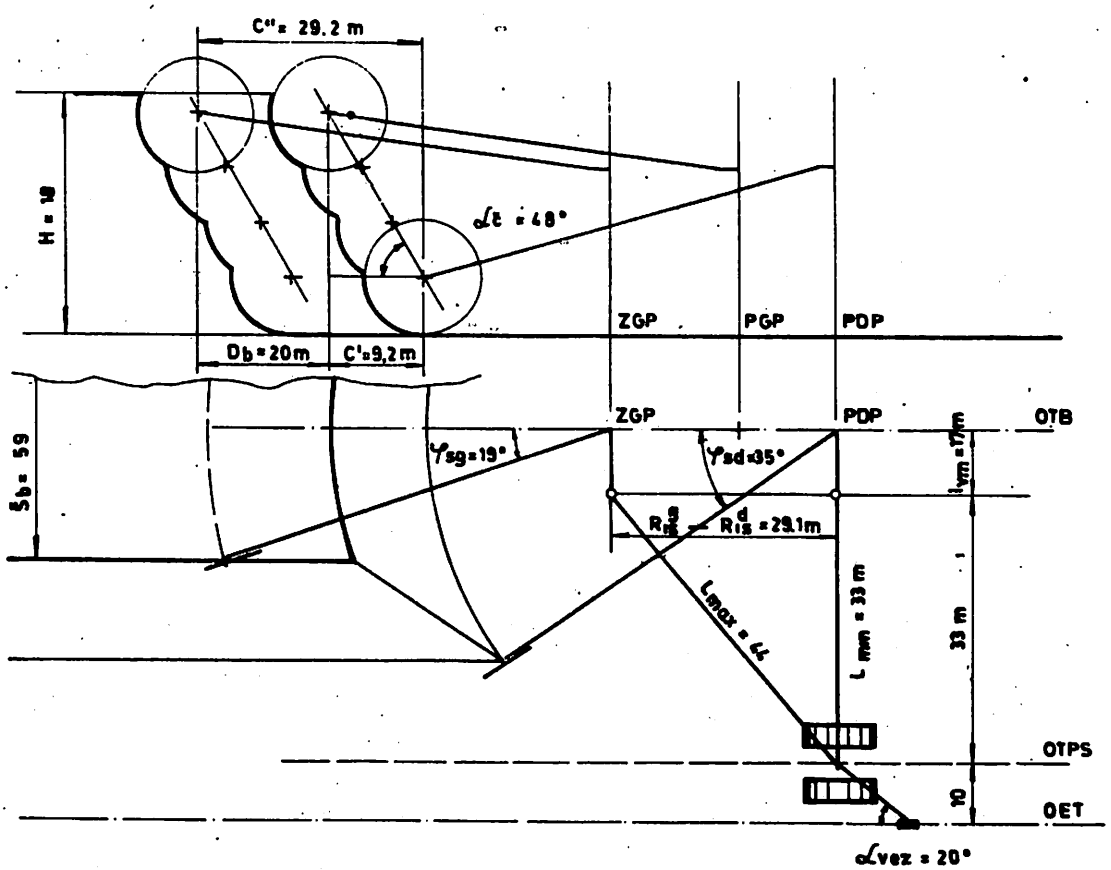
2. primer

Za kinematsku vezu pretovarne sprave prema šemi e (slika 1), date mikrotehnološke parametre bloka, geometrijske parametre pretovarne sprave i postavljanje ograničenja potrebno je odrediti dužinu ostvarljivog praznog hoda prema šemi postavljanja (dispozicija) datoj na slici 8.

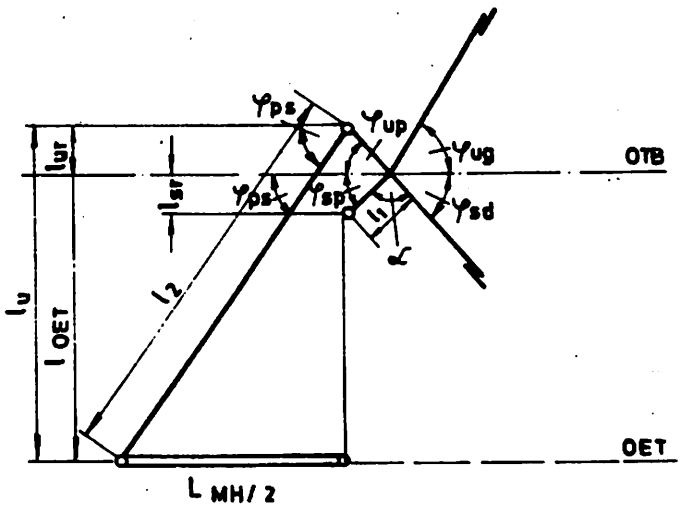
— Mikrotehnološki parametri bloka:
Visina H = 18 m
Širina $Š_b$ = 44,0
Dubina bloka D_b = 8,0 m
Rastojanje donje ivice spoljašnje bočne kosine do ose trase bagera l_s = 20 m
Unutrašnji ugao kružnog kretanja katarke radnog točka na prvoj podetaži φ_{ug} = 75°
Spoljašnji ugao na zadnjoj podetaži φ_{sd} = 35°

— Geometrijski parametri pretovarne sprave (kinematska veza prema šemi e na slici 1):
Dužina međutrake l_1 = 8 m
Dužina veznog mosta l_2 = 50 m
Dužina predajne trake l_3 = 17,9 m

— Postavljena ograničenja:
Minimalni ugao između katarke radnog točka i međutrake α = 90°
Ugao koji zaklapa vozni most pretovarne sprave sa osom trase transporta bagera φ_{ps} = 60°



Sl. 7 — Šema postavljanja pretovarne sprave za otkopavanje bloka dubine D_b = 20 i pod uglom nagiba čeone kosine $\alpha_č$ = 48°.



Sl. 8 – Šema postavljanja pretovarne sprave pri savlađivanju praznog hoda sa pretovarnom spravom – kinematske veze prema šemi e

Dužina praznog hoda (pogonske stanice) određuje se prema šemi na slici 8.

$$\varphi_{up} = 180 - (\varphi_{ug} + \alpha) = 90^o - 75^o = 15^o$$

$$\varphi_{sp} = 180 - (\varphi_{sd} + \alpha) = 90^o - 35^o = 55^o$$

$$l_{ur} = l_1 \cdot \sin \varphi_{up} = 8 \cdot \sin 15^o = 2{,}0 \text{ m}$$

$$l_{sr} = l_1 \cdot \sin \varphi_{sp} = 8 \cdot \sin 55^o = 6{,}5 \text{ m}$$

$$l_u = l_2 \cdot \sin \varphi_{ps} = 50 \cdot \sin 60^o = 43{,}3 \text{ m}$$

$$0{,}5\, L_{MH}^2 + l_u^2 = l_2^2 \; ; \; 0{,}5\, L_{MH} = \sqrt{L_2^2 - l_u^2} =$$

$$= \sqrt{50^2 - 43{,}3^2} = 25{,}0 \text{ m}$$

Ostvarljiva dužina praznog hoda za datu dispoziciju pretovarne sprave iznosi $L_{MH/2} = 25$ m.

Rastojanje ose trase etažne trake od ose trase transporta bagera $l_{oet} = l_u - l_{uv} = 43{,}3 - 2{,}0 = 41{,}3$ m

Zaključak

Prikazane su mogućnosti postavljanja pretovarne sprave pri izvođenju raznih tehnoloških operacija, a u zavisnosti od kinematske veze pretovarne sprave sa katarkom radnog točka i mikrotehnoloških parametara bloka. Dati su dobijeni rezultati za dva konkretna primera postavljanja pretovarne sprave.

Na osnovu prikazanih mogućnosti postavljanja pretovarne sprave lako je uočiti važnost načina postavljanja pretovarne sprave pri izvođenju tehnoloških operacija, kao i podobnost kinematskih veza za izvođenje pojedinih tehnoloških operacija. Pored toga, može se uočiti koliko je važno da se, pri konkretnom izvođenju tehnoloških operacija, tačno definišu svi manevarski pokreti i unapred izvrše pripreme za njihovo realizovanje.

Literatura

1. Kolkievicz, 1974: Primena osnovnih mašina na površinskim kopovima

2. Kwintowski, Lazarov, 1987: Optimalno dimenzionisanje sastavnih delova predajnog sistema (pretovarna sprava) veznog rotornog bagera. – Braunkohle 6/87.

3. Drobni, 1987: Uticaj bagerskih parametara na efektivnost kod rotornih bagera. – Neuebergbautechnik 3/87.

SUMMARY

Location of Bucketwheel Excavator Transfer Means as a Function of Technological Operations

Presented are the possibilities of location of transfer means with different kinematic connections with the bucketwheel arm during performance of technological operations when mining blocks without disconnection with the bench conveyor, idle running and cuting into the bench. The importance of definition of all manevring movements and due preparation for their realization during performance of technological operations is specifically emphasized.

ZUSAMMENFASSUNG

Aufstellen von Übergabesystemen (Umlade—Anlagen) bei Schaufelradbaggern in der Funktion des technologischen Ablaufs

Es sind die Möglichkeiten zum aufstellen der Umlade—Anlagen (die Übergabe—Anlagen) verschiedenen kinematischer Verbindungen mit dem Schaufelradausleger bei der durchführung der technologischen Operationen beim Block—Abbau gegeben, ohne unterbrechen mit dem Storssenband, überwinden vom Leerlauf und Einschnitt in die neue Strosse. Es ist die Wichtigkeit untergestreicht, wie es bei der konkreten Ausführung der Technologie wichtig ist, alle förder Bewegungen voraus zu bestimmen, und ebenso die Vorbereitung für ihre Realisation reichzeitig durchführen.

РЕЗЮМЕ

Установка системы передачи (перегрузочного прибора) роторных экскаваторов в функции технологических операций

Дается обзор возможности установки перегрузочных приборов различных кинематических связ со стрелой рабочего колеса при выполнении технологических операций на выемке блока без перерыва связ с этажным конвейером, на преодолеванию холостого хода и срезанию в этаж. Подчеркнута важность того, что при конкретном выполнении технологических операций, надо правильно определить все маневровые операции и вперед выполнить подготовку для их осуществления.

Autori: dr inž. Dragoljub Ćirić, dipl.inž., Miodrag Mirković, dipl.inž. Nebojša Maksimović i dipl.inž. Branislav Kokotović, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: prof. dr.inž. R. Simić, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 1.2.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622.337 (474)
Stručni rad

METODE PODZEMNOG OTKOPAVANJA ULJNIH ŠKRILJACA PROVERENE U PROIZVODNIM USLOVIMA

I — Otkopavanje uljnih škriljaca u Pribaltičkom basenu u SSSR-u

(sa 8 slika)

Vesimir Veselinović

Podzemna eksploatacija uljnih škriljaca može da udovolji osnovnim zahtevima ekonomike samo pri eksploataciji u povoljnijim geološko—rudarskim uslovima, u slojevima sa visokim procentom ulja i pri savremenoj i masovnoj proizvodnji.

U SAD-u i SSSR-u ispitana je ekonomičnost, efikasnost i sigurnost primene više metoda podzemne eksploatacije uljnih škriljaca.

Dosadašnja proučavanja, ispitivanja i rezultati pružili su spektrum metoda podzemne klasične eksploatacije uljnih škriljaca za različite uslove.

Pri svim probnim otkopavanjima u proizvodnim uslovima, bila je osnovna težnja da se postigne što veće iskorišćenje uljnih škriljaca, tj. otkopavanje sa minimalnim otkopnim gubicima bez osiromašenja, odnosno razblaženja škriljaca pratećim stenama, uz niske proizvodne troškove i očuvanje životne okoline.

Probna otkopavanja bila su pretežno orijentisana na unapređenje tehnologije otkopavanja uljnih škriljaca u dubokim i moćnim ležištima.

Posebnim studijama obrađeni su problemi zaštite okoline i to sa svih aspekata (SAD).

U našoj zemlji uljni škriljac nije otkopavan klasičnim metodama podzemne eksploatacije. Godine 1950. izrađen je projekat paralelne eksploatacije uglja i uljnih škriljaca za aleksinačko ležište, ali nije proveren u proizvodnim uslovima. Projekat je izgubio vrednost za primenu u sadašnjim uslovima eksploatacije.

Prema sadašnjim saznanjima, uljni škriljac sa sadržajem ulja od 0,08. do 0,10 m^3/t (20 do 25 galona po kratkoj toni) može biti ekonomičan za površinsku i podzemnu eksploataciju sa površinskim retortovanjem.

Prva probna podzemna otkopavanja uljnih škriljaca izvedena su 1944. godine u SAD-u u rudniku Anvil Points, Colorado. Tim radovima rukovodio je Biro za rudnike SAD. Program je obuhvatio 4 koncepta otkopavanja:

— otkopavanje komorama i stubovima sa zasipavanjem
— podetažno otkopavanje sa zasipavanjem
— podetažno otkopavanje sa potpunim zarušavanjem i
— blokovsko zarušavanje primenom dubokih minskih bušotina.

Podzemna otkopna metoda treba da obezbedi maksimalno iskorišćenje uljnog škriljca u ležištu i minimalno sleganje, odnosno oštećenje površine iznad otkopanog ležišta. Metoda treba da omogući primenu optimalnih tehničkih rešenja.

Članak sadrži dva dela:

I – Otkopavanje uljnih škriljaca u Pribaltičkom basenu u SSSR-u i

II – Eksperimentalno podzemno otkopavanje uljnih škriljaca u SAD-u.

U prvom delu obrađeno je 8 metoda, a u drugom 7 metoda podzemnog otkopavanja

Otkopavanje uljnih škriljaca u Pribaltičkom basenu u SSSR-u

Podzemna eksploatacija uljnih škriljaca obavlja se u dva rejona – Estonskom i Lenjingradskom. Uljni škriljac se upotrebljava kao gorivo u termoelektranama ili kao izvorna sirovina u hemijskoj industriji.

U primeni je više metoda otkopavanja, koje su za duži period primene poboljšane u odnosu na procenat iskorišćenja rezervi, produktivnost rada, mehanizaciju rada i ekonomske pokazatelje. U poslednjem periodu, za dalji razvoj eksploatacije uljnih škriljaca korišćene su razne varijante ekonomsko–matematičkih modela, prvenstveno za prognoziranje daljeg usavršavanja metoda otkopavanja.

Da bi se bolje sagledalo to višegodišnje iskustvo u podzemnoj eksploataciji uljnih škriljaca u SSSR-u, izlažu se osnovni parametri najčešće primenjenih metoda otkopavanja, koji mogu poslužiti kao putokaz za rešavanje problema otkopavanja u našim ležištima uljnih škriljaca. U zavisnosti od geološko–rudarskih uslova, raspoložive mehanizacije i načina upravljanja krovinom u Pribaltičkom basenu SSSR-a primenjuju se sledeće tehnologije otkopavanja uljnih škriljaca:

a. Stara tehnologija otkopavanja

– komorni sistem otkopavanja celog sloja uljnih škriljaca
– kombinovani sistem otkopavanja: komore–široko čelo, sa ostavljanjem trakastih stubova i zarušavanjem krovine
– otkopavanje širokim čelom jednog dela sloja uljnih škriljaca sa zarušavanjem krovine i
– selektivno otkopavanje širokim čelom celog sloja uljnih škriljaca sa delimičnim ručnim trakastim zasipavanjem starog rada.

b. Novi sistemi otkopavanja

– otkopavanje mehanizovanim širokim čelom sa zarušavanjem krovine
– otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom u dva pojasa sa zarušavanjem krovine
– otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom celog sloja sa zarušavanjem krovine i
– otkopavanje širokim čelom impulsnim kompleksima sa strugovima.

a. Stara tehnologija otkopavanja

U ovom poglavlju prikazaće se 4 otkopne metode.

Komorni sistem otkopavanja celog sloja uljnog škriljca

Po ovom sistemu otkopava se u jamama Ahtme, Tammiku, Viru i Estoniji u Estonskom ležištu, pri moćnosti sloja uljnih škriljaca od 2,5 do 3,4 m. Krovinu čine karbonatne stene, čija je moćnost preko 10 m. Eksploatacija se obavlja bušačko–minerskim radovima. Tehnološki ciklus na radilištima u komorama sastoji se iz sledećih radnih procesa: bušenje, podsecanje sloja, punjenje minskih bušotina, miniranje, provetravanje i osiguranje krovine. Moguće je istovremeno otkopavanje u više komornih blokova, širokih 150 do 180 m. Prihvatanje i upravljanje krovinom se postiže ostavljanjem, odnosno neotkopavanjem pojedinačnih stubova uljnih škriljaca. Stubovi ostaju u starom radu, a njihove dimenzije zavise od karakteristika krovine i moćnosti sloja uljnog škriljca.

Ovi rudnici raspolažu pogonima za separaciju i obogaćivanje uljnih škriljaca. To omogućava otkopavanje celog sloja zajedno sa jalovim umecima i proslojcima.

Srednji dnevni utovar u komornom bloku (2 radilišta) kreće se u granicama 1500 do 2550 tona rudne mase ili 950 do 1600 tona čistog uljnog škriljca. Smenska produktivnost otkopnog radilišta po rudniku iznosi 32 do 53 tone rudne mase ili 20 do 34 t uljnog škriljca. Eksploatacioni gubici uljnog škriljca dostižu 30%, a očekuje se da će se oni sa povećanjem dubine eksploatacije takođe povećati.

U Pribaltičkom basenu uljnih škriljaca najčešće se primenjuje komorni sistem otkopavanja.

Zbog boljeg iskorišćenja ležišta uljnog škriljca, povećanja produktivnosti i sigurnosti rada, za komornu metodu i kombinovanu komornu metodu sa širokim čelom, naučno je razrađeno više progresivnih varijanti tehnoloških šema izvođenja pripremnih i otkopnih radova.

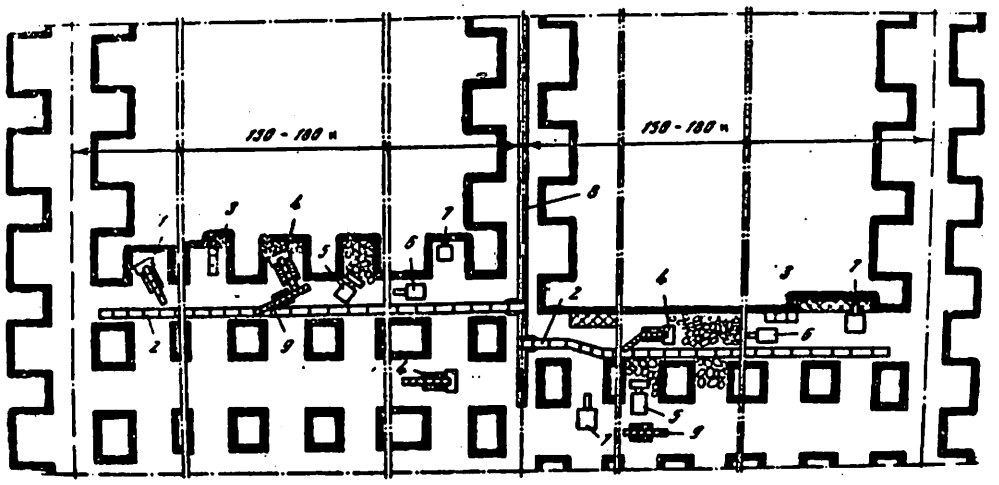
Za komornu metodu sa ostavljanjem stubova u otkopanom prostoru predviđeno je postizanje srednjeg dnevnog kapaciteta proizvodnje od 1500 t uljnog škriljca i smenska produktivnost po radniku od 30 do 35 t. Isto tako je predviđeno da pri otkopnim radovima po ovom sistemu, radna snaga ne prelazi 30% od ukupne radne snage koja se koristi za podzemnu eksploataciju uljnog škriljca. S obzirom na razliku u eksploatacionim troškovima između podzemne i površinske eksploatacije, treba održati određeni odnos proizvodnje i radne snage, kako bi celokupna proizvodnja u ležištu bila ekonomična.

— povećanje obima jalovine u rudnoj masi i preko 45% i stvaranje teškoća u unutrašnjem transportu i pripremi škriljca za upotrebu na površini i

— povećanje obima proizvodnje ne mora da znači i povećanje produktivnosti rada, jer je stepen mehanizovanosti ograničen.

Kombinovani sistem otkopavanja: komora—široko čelo, sa ostavljanjem trakastih stubova i zarušavanjem krovine

Ovaj sistem otkopavanja često se primenjuje u Lenjingradskom rejonu uljnih škriljaca i to u uslovima postojane — stabilne neposredne krovine moćnosti iznad 25 m. U krovini su takođe karbonatne stene. Uljni škriljac se otkopava u celoj moćnosti sloja, a zatim obogaćuje na površini u posebnim pogonima. Krovinom se upravlja ostav-



Sl. 1 — Komorni sistem otkopavanja
1 — utovarna mašina 2 PNB 2; 2 — grabuljasti transporter SP—202; 3 — podsekačica Ural 33; 4 — utovarna mašina 1PNB2; 5 — buldozer D—535; 6 — bušaći uređaj SB—18; 7 — bušaći uređaj BUA—3S; 8 — transportna traka 1 L—100 K; 9 — samohodni utovarivač.

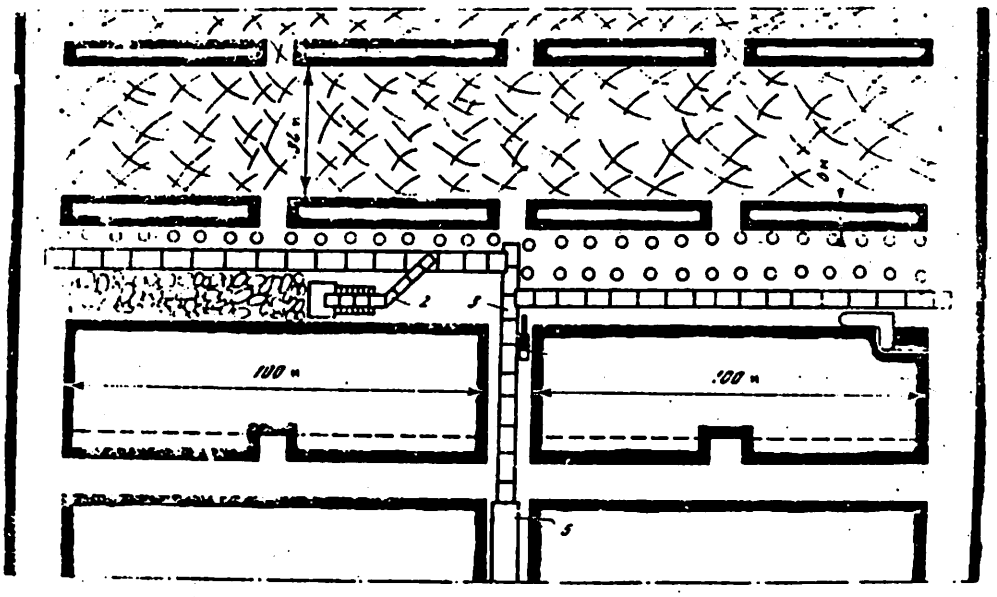
Povećanje produktivnosti komornog sistema otkopavanja je ograničeno i može dovesti do raznih negativnih posledica kao što su:

— potreba za većom dužinom otkopnog polja i većim obimom minerskih radova

— povećanje gubitaka preko 30% i zbog toga skraćenje veka eksploatacije polja i prevremeno uvođenje u eksploataciju novih rezervi uljnog škriljca

ljanjem trakastih stubova po dužini otkopa i zarušavanjem krovine između stubova.

Ovom metodom otkopava se sloj čija je moćnost 1,65 do 2,2 m, pri čemu eksploatacioni gubici iznose oko 22%. Uljni škriljac se minira uz prethodno podsecanje. Srednji dnevni kapacitet utovara — proizvodnje u jednom bloku sa dva radilišta iznosi 822 t uljnog škriljca, a smenska produktivnost otkopnog radilišta po radniku 26,4



Sl. 2 – Kombinovani sistem otkopavanja: komora–široko čelo
1 – grabuljasti transporter SP–63; 2 – utovarna mašina 1PNB 2; 3 – grabuljasti utovarivač; 4 – podsekačica Ural 33; 5 – drveni stupci; 6 – transportna traka KLZ–500; 7 – bušaći uređaj BUA–3 S.

t. Širina jednog bloka iznosi 100 m, a trakasti stubovi se ostavljaju na međusobnom rastojanju od 34 m. Širina trakastog stuba je 6 m. Specifični obim pripremnih radova je velik i iznosi 30 m/1000 t uljnog škriljca. Kombinovani sistem otkopavanja komorama i širokim čelom u tehnološkom i organizacionom pogledu ima više nedostataka, od kojih ćemo izdvojiti sledeće:

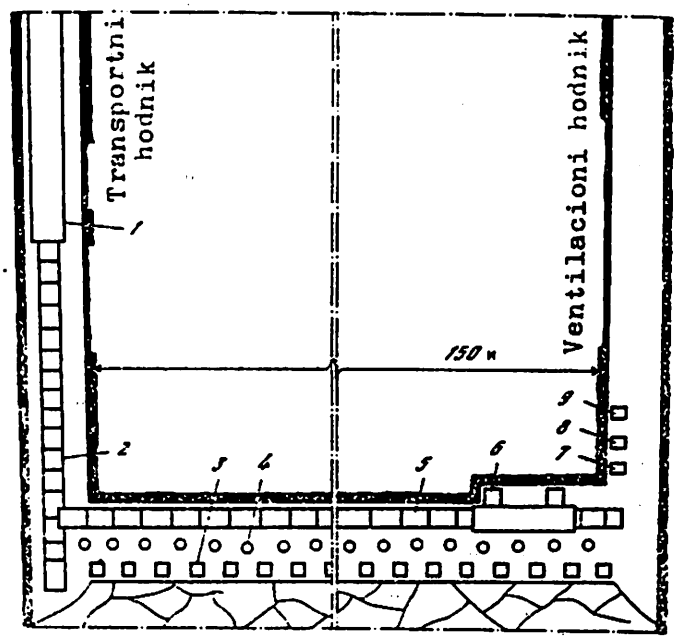
– veći obim pripremnih radova na 1000 t proizvedenog uljnog škriljca
– relativno visoki otkopni gubici uljnog škriljca u ležištu, koji iznose preko 20%
– velika potrošnja drvene podgrade
– veliki broj radnika
– veliki obim ručnog rada pri izvršenju pomoćnih operacija i
– određene teškoće u mehanizaciji procesa.

U novije vreme razrađena je tehnologija otkopavanja sa dugim otkopnim radilištima, sa drobljenjem škriljaca miniranjem i upravljanjem krovine potpunim zarušavanjem.

Otkopavanje širokim čelom jednog dela sloja uljnog škriljca sa zarušavanjem krovine

Široko čelo ima kontinuiranu dužinu od 130 do 180 m sa jednim transportnim i jednim ventilacionim hodnikom. Metoda se primenjuje u složenim geološkim uslovima u Estonskom ležištu. Eksploataciono polje se karakteriše pojavama nanosa i karstnih poremećaja, tako da je iskorišćenje sloja uljnog škriljca nepotpuno. U ovakvim uslovima primena komornog sistema otkopavanja je nemoguća. Po ovom sistemu dobija se oko 12% proizvodnje iz podzemnih rudnika u basenu. Otkopava se samo niži deo sloja uljnog škriljca zajedno sa proslojcima. Škriljac se ne minira, već se otkopava kombajnima. Specifičnost primenjenog tipa kombajna ogleda se u uskim zahvatima. Kombajn sa uskim zahvatom, tip 1 GŠ–68S, je modifikacija kombajna 1 GŠ–68 i konstruisan je specifično za uslove rada u rudnicima uljnih škriljaca. Sa ovim tipom kombajna opremljena su otkopna radilišta u jamama Sompa, Tammiku i Kohtla. U primeni su dva tipa hidrauličke podgrade: otkopna i popustljiva uz stari rad. Krovinom se upravlja zarušavanjem i primenom popustljive podgrade. Zarušavanje krovine je potpuno.

Srednji dnevni proizvodni kapacitet širokog čela je 1063 t, smenska produktivnost otkopnog radilišta 40,4 t/radn. Eksploatacioni gubici uljnog škriljca su veliki i iznose 45 do 49%, što ograničava područje primene ove tehnologije otkopavanja. Ovako veliki gubici su rezultat ostavljanja gornjeg dela sloja uljnog škriljca van otkopavanja.



Sl. 3 — Otkopavanje širokim čelom jednog dela sloja uljnog škriljca sa zarušavanjem krovine
1 — transportna traka KLZ—500; 2 — grabuljasti utovarivač; 3 — popustljiva podgrada Sputnik; 4 — otkopna podgrada GSUM—6; 5 — grabuljasti transporter SP—202; 6 — kombajni 1GŠ—68S; 7 — punkt za razvođenje — snabdevanje električnom energijom; 8 — pumpna stanica SNU —5 m; 9 — energetski transformator TSŠVP—400.

Selektivno otkopavanje širokim čelom celog sloja uljnog škriljca sa delimičnim ručnim trakastim zasipavanjem starog rada

Otkopavanje je kombinovano primenom podsekačice i bušačko—minerskih radova. Karakteristika ove metode je veliki obim manuelnog rada. Naime, i utovar izminiranog uljnog škriljca i izrada trakastih potpornih stubova se vrše ručno. Trakasti stubovi, kao i njihovo rastojanje moraju imati takve dimenzije da mogu bezbedno da prihvate krovinu i njom upravljaju. Jalovina se ručno izdvaja iz uljnog škriljca i zatim koristi za izradu trakastih stubova, odnosno zasipnih zidova u otkopanom prostoru. Specifična masa škriljaca, koja se otkopava po ovom sistemu, iznosi u celom basenu 5,4%. Selektivno otkopavanje se primenjuje u tri stare jame Kiviyli, Sompo i Im. S.M. Kirova, koje nemaju pogone za separaciju i obogaćivanje. Zbog velikog obima manuelnog rada predviđa se da se opisana tehnologija sledećih godina zameni mehanizovanim postupcima.

U otkopnoj jedinici otkopava se dvokrilno, odnosno tzv. „sparenim" otkopima i delimičnim zasipavanjem. Dužina jednog krila kreće se u granicama od 70 do 90 m.

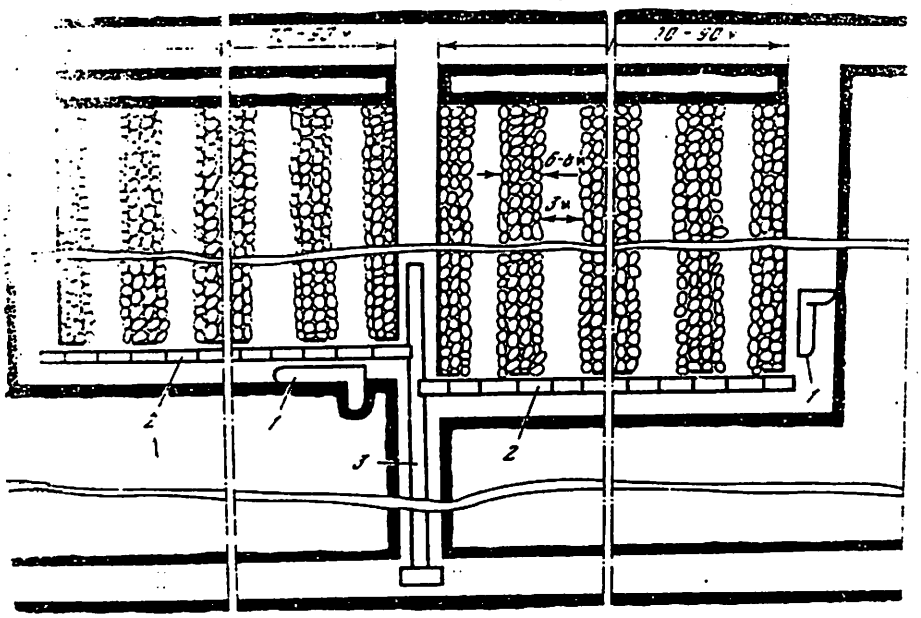
Pripremni radovi izvode se bušačko—minerskim radovima sa utovarom izminirane rudne mase utovarivačima 1.PNB2 direktno u vagonete ili u transportere. Obim eksploatacije uljnog škriljca iz pripremnih radova iznosi iznad 10% od ukupne podzemne eksploatacije u basenu.

Specifični obim pripremnih radova na 1000 t eksploatacije uljnog škriljca u Estonskom ležištu iznosi 7,2 m, a u Lenjingradskom 25 m. Srednje mesečno napredovanje pri izradi pripremnih radova u Estonskom ležištu iznosi 112,6 m, a u Lenjingradskom ležištu 211 m.

b. Nova tehnologija otkopavanja

U starim sistemima otkopavanja uljnih škriljaca ograničene su mogućnosti za povećanje kapaciteta proizvodnje na otkopnim radilištima. Dalje povećanje produktivnosti rada u rudnicima uljnih škriljaca i smanjenje eksploatacionih gubitaka moguće je samo pri osnovnim promenama tehnologije otkopnih radova, a prvenstveno primenom kompleksne mehanizacije kod otkopnih radova i lančano—ciklične organizacije u eksploataciji.

Analiza različitih varijanti tehnologije otkopnih radova u rudnicima uljnih škriljaca i eksperimentalna i analitička istraživanja omogućili su da se odaberu osnovne varijante tehničkih i tehnoloških rešenja.



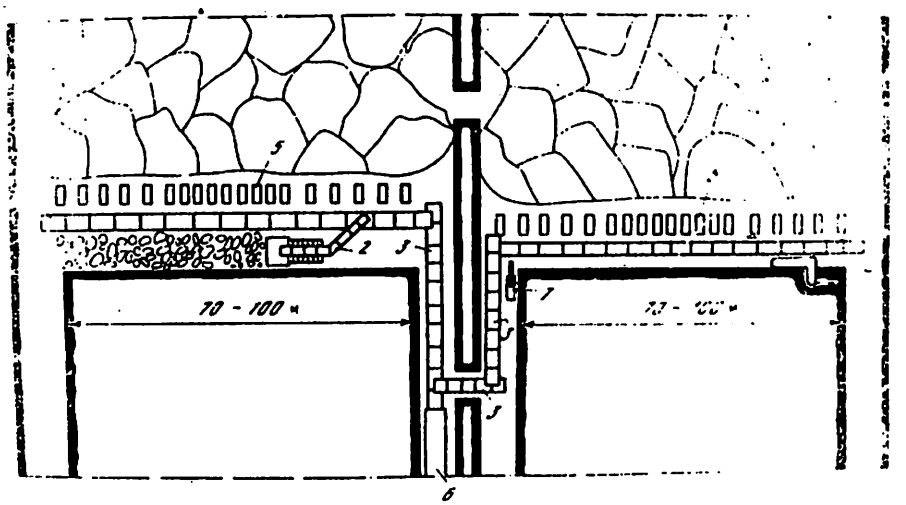
Sl. 4 – Selektvno otkopavanje širokim čelom sa trakastim zasipom
1 – podsekačica Ural 33; 2 – grabuljasti transporter SP–63; 3 – transportna traka KLZ–500.

U ovom poglavlju prikazuju se 4 metode otkopavanja

Otkopavanje mehanizovanim širokim čelom sa zarušavanjem krovine

Tehnologijom otkopavanja predviđa se dvokrilno otkopavanje sa sekcijama dugačkim 70–100 m sa ostavljanjem središnjeg potpornog stuba i zarušavanjem u oba krila. Ovaj stub je upravan na pružanje otkopnih radilišta. Sloj uljnog škriljca otkopava se u celoj moćnosti podsecanjem i miniranjem.

Tehnologija otkopavanja sa mehanizovanim širokim čelom razrađena je prvenstveno za uslove



Sl. 5 – Otkopavanje mehanizovanim širokim čelom
1 – grabuljasti transporter SP–202; 2 – utovarivač 1PNB–2; 3 – grabuljasti utovarivač; 4 – podsekačica Ural 33; 5 – sekcija podgrade KGPK–350; 6 – trnsportna traka KLZ–500; 7 – bušaći uređaj BUA–3S

u jamama Lenjingradskog ležišta, gde moćnost sloja ne prelazi 1,9 m. Primenjuju se dva tipa podgrade: hidraulična podgrada KGPK–350 sa nosivošću 3,5 MN/m širokog čela, kao osnovna podgrada i hidraulični stupci GSUM–6, kao pomoćna podgrada. Nova tehnologija otkopavanja ima više prednosti u poređenju sa kombinovanom tehnologijom otkopavanja po komornoj metodi i šriokim čelom. Osnovne prednosti ogledaju se u skraćenju raznih proizvodnih procesa. Obim pripremnih radova je 1,5 puta manji, otkopni gubici uljnog škriljca su 1,5 do 2 puta niži, udvostručena dužina širokog čela sa radom u 2 krila (2 x 100 m) obezbeđuje proizvodnju od 1000 t/dan, a smenska produktivnost radnika je 40 t, odnosno 1,5 puta veća.

Otkopni prostor na širokom čelu je širok, što prouzrokuje velike otkopne pritiske, opterećuje podgradu i otežava kontinuirano upravljanje krovinom i zarušavanje starog rada. Podgrada mora biti masivna i imati veliku nosivost. U novim jamama Estonskog ležišta ujnih škrilaca predviđena je primena pojačane kompleksne hidraulične podgrade.

Ciklus bušačko–minerskih radova je dug i složen; međutim, on obezbeđuje zahtevanu masu izminiranog škriljca. Jedno od rešenja je uvođenje mehanizovanog punjenja minskih bušotina.

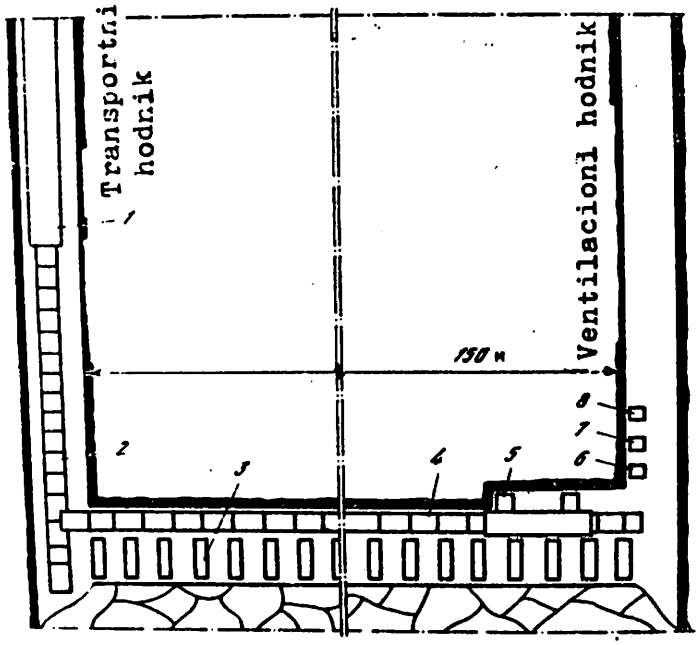
Središnji stub uljnog škriljca, koji deli otkopna polja na dva krila mora biti dovoljno jak i stabilan, kako bi se transport škriljaca iz otkopa mogao odvijati nesmetano.

Otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom celog sloja sa zarušavanjem krovine

Druga varijanta tehnologije eksploatacije uljnog škriljca širokim čelom – primenom kombajna predstavlja usavršeni sistem otkopavanja širokim čelom jednog dela sloja uljnog škriljca (sl. 6). Napredak se ogleda, u prvom redu, u primeni kompleksne mehanizacije, tj. sekciji hidraulične podgrade. Otkopava se bez primene bušačko–minerskih radova. Stari otkopani prostor se potpuno zarušava.

Rezači na kombajnu konstruisani su specijalno za rezanje uljnog škriljca. Oni imaju male gabarite, sa tzv. uskim zahvatom. U zavisnosti od geološko –rudarskih uslova može se otkopavati ceo sloj ili samo jedan njegov deo. Kombajni su opremljeni motorom snage 400 kW.

Za prihvatanje i sigurno upravljanje teško–rušećom krovinom treba da se primeni ojačana mehanizovana podgrada, izrađena na bazi podgrade tipa M–130 i UKP, koja ima nosivost od 3,5 do 4,5 MN/m (0,9 do 1,2 MN/m^2) pri otkopavanju sloja uljnog škriljca moćnosti 3,2 m. Napravljene analize pokazuju da kompleksno mehanizovano otkopavanje širokim čelom, primenom jakih kombajna sa uskim zahvatom i ojačane mehanizovane



Sl. 6 – Otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom celog sloja
1 – transportna traka KLZ–500; 2 – grabuljasti utovarivač; 3 – sekcije podgrade KGP–380; 4 – grabuljasti transporter KM–81–02BM; 5 – kombajn RKU–20 (2KŠZM); 6 – punkt za razvod – snabdevanje električnom energijom; 7 – pumpna stanica SNU–5; 8 – energetski transformator.

podgrade, omogućava povećanje kapaciteta proizvodnje u Estonskim rudnicima uljnih škriljaca do 2000 t/dan, a u rudnicima Lenjingradskog ležišta do 1250 t/dan. Smenska produktivnost radnika iznosi 55 odnosno 37 t. Eksploatacioni gubici uljnih škriljaca pri otkopavanju ovom metodom su dva puta niži od gubitaka pri komornom otkopavanju.

Glavni nedostatak metoda otkopavanja kombajnom odnosi se na dobijanje velikog procenta sitnih klasa od 0 do 25 mm. Taj procenat može biti i do 70%. Najveći uticaj na to ima konstrukcija rezača. Potrebno je primeniti rezače koji daju krupni odlom. Ugradnjom rezača prema karakteristikama uljnog škriljca i obogaćivanjem sitnijih klasa, može se postići bolje iskorišćenje uljnog škriljca i manji gubici.

Otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom u dva pojasa sa zarušavanjem krovine

Otkopavanje pojasa se obavlja kombajnima bez primene bušačko–minerskih radova. Upravljanje krovinom postiže se potpunim zarušavanjem.

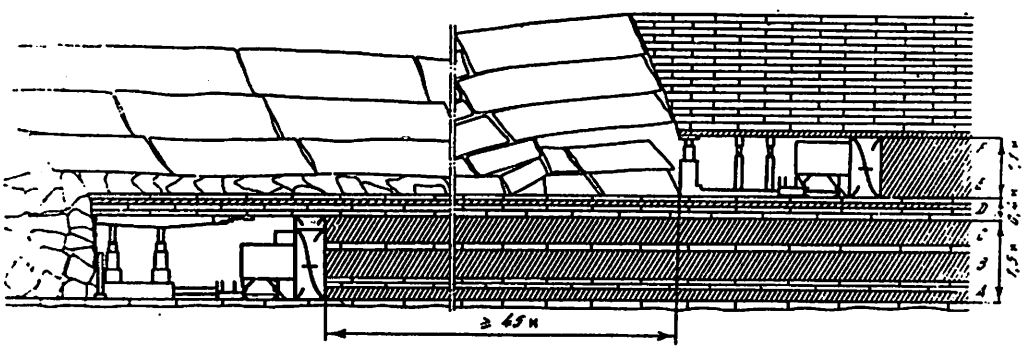
zovanu podgradu tipa KMT(KM–87–UMP) sa aktivnim štitom.

Eksploatacioni gubici uljnog škriljca su smanjeni približno za 2 puta, odnosno na 10 do 15%. U konkretnom slučaju, neotkopavanjem središnjeg jalovog proslojka i njegovim ostavljanjem u otkopanom prostoru, obim izvađene stene iz jame se smanjuje za 4 puta u poređenju sa primenom otkopavanja celog sloja. Smanjenje izvoza jalovine iz rudnika oslobađa izvozne kapacitete i omogućava povećanje kapaciteta proizvodnje uljnog škriljca u jami i prerade na površini. Istovremeno se povećava produktivnost po radniku u smeni, koja je u ovom primeru iznosila 45 t po radniku.

Područje primene otkopavanja u pojasevima ograničeno je na određenu moćnost sloja. Konstrukcija, odnosno gabariti kombajna treba da su prilagođeni uslovima eksploatacije.

Otkopavanje širokim čelom impulsnim kompleksima sa strugovima

Sloj ili deo sloja otkopava se primenom specijalnih strugova sa impulsnim pogonom. Smat-



Sl. 7 – Otkopavanje kompleksno–mehanizovanim širokim čelom. Poprečni presek kroz oba pojasa.

Ukupna moćnost sloja uljnog škriljca sa prosojcima iznosi 3,0 m. Gornji pojas ima moćnost 1,1 n, središnji jalovi proslojak 0,4 m i donji pojas 1,5 n. Jalovi proslojak čini pod pri otkopavanju ornjeg pojasa, a krov pri otkopavanju donjeg ojasa. On se ne otkopava, već zarušava pri tkopavanju donjeg pojasa uljnog škriljca.

U gornjem pojasu primenjuje se komplet eđaja, koji se sastoji iz kombajna RKU–10 GŠ–68S), popustljive podgrade Sputnik i otkop- podgrade GVT–4. U donjem pojasu treba imeniti kombajn RKU–16(1GŠ–68S) i mehaniра se da je ovaj način otkopavanja najprogresivniji. U perspektivi se predviđa primena daljinskog upravljanja uređajima sa strugovima za selektivno otkopavanje u pojasevima bez stalnog prisustva ljudi u otkopima. Eksperimentalni – probni radovi sa impulsnim strugovima su pokazali da oni mogu uspešno da razore i izdrobe složeni sloj uljnog škriljca. Pri tom oni mogu da obezbede zahtevani asortiman i strukturnu kartu zdrobljenog škriljca, i to po kvalitetu i kvantitetu, koji odgovara asortimanu dobijenom primenom bušačko–minerskih radova. Procenat klasa od 0 do 25 mm, uključujući tu i usitnjavanje koje nastaje pri utovaru i transpor-

tu uljnog škriljca, ne prekoračuje vrednost od 25 do 30% u ukupnoj masi škriljca. Pri radu impulsnih strugova koriste se visokofrekventni udari sa niskim kapacitetom energije. Raspored rezača na strugu daje krupni odlom pri rezanju. Pri tome se uspešno koristi slojevita struktura uljnog škriljca. Sve to doprinosi dobijanju željene granulacije uljnog škriljca, njegovom efikasnom razaranju i visokoj produktivnosti eksploatacije u otkopima. Mali gabariti impulsnih radnih organa na bazi struga omogućavaju otkopavanje velikog dela sloja.

Proračuni i proizvodna ispitivanja u podzemnim rudnicima uljnih škriljaca pokazali su da su za visoku produktivnost potrebni rezni organi sa energijom impulsa na radilištu od 6 do 10 MJ. Proračunati kapacitet energije za razaranje uljnog škriljca pri debljini strugaljke–rezača od 20 do 25 cm i moćnosti sloja škriljca od 0,9 do 1,8 m iznosi 2 do 3 MJ/m^3 Primena tehnologije otkopavanja u pojasevima pomoću kompleksa strugova u rudnicima uljnih škriljaca Estonije omogućila je dobijanje kvaliteta škriljca povoljnijeg za obogaćivanje. Pored toga, značajan deo rezervi uljnog škriljca, razvrstanih kao vanbilansne, primenom struga u eksploataciji, mogu biti prevedene u eksploatacione. Primena strugova u uslovima rudnika Lenjingradskog ležišta omogućava potpuno otkopavanje slojeva moćnosti 1,6 do 1,9 m, kao i slojeva manje moćnosti.

Radovi na osvajanju impulsne tehnike i tehnologije otkopavanja nalaze se u stadijumu daljih naučno–probnih istraživanja i daljeg usavršavanja konstrukcijskih rešenja.

Zaključak

Za određivanje područja i obima primene svake od perspektivnih tehnologija eksploatacije uljnih škriljaca, neophodna je kompleksna tehničko–ekonomska analiza i prognoza razvoja, koja obuhvata ne samo pitanja rudarskih radova, već i probleme očuvanja prirode. Prema nivou produktivnosti rada i postojanju rezervi za njegovo povećanje, kao i prema nivou pripremljenosti za eksploataciju, varijante tehnologije otkopavanja mogu da se klasifikuju u tri grupe na sledeći način:

– mehanizovano široko čelo sa primenom bušačko–minerskih radova
– kompleksno–mehanizovano široko čelo sa otkopavanjem pomoću kombajna i
– kompleksno–mehanizovano široko čelo sa otkopavanjem agregatima sa impulsnim strugovima.

Maksimalni efekat pri projektovanju novih i proširenju i rekonstrukciji postojećih rudnika uljnih škriljaca na osnovu novih tehnologija otkopavanja može se postići ako se razmotri sistem rudničkih radova, transporta, izvoza i obogaćenja. Nova tehnička rešenja u otkopavanju i upravljanju krovinom uslovljavaju sprovođenje odgovarajuće optimizacije osnovnih parametara tehnologije eksploatacije.

Nova tehnologija otkopavanja karakteristična je po visokom stepenu mehanizacije proizvodnog procesa, boljem iskorišćenju rezervi uljnog škriljca u ležištu, određenom poboljšanju granulometrijskog sastava i kvalitetu zdrobljene rudne mase i dobijanju pogodnijeg škriljca za obogaćivanje. Ova tehnologija otkopavanja zahteva promenu broja i kvalifikacione strukture radnika i njihovo veće učešće na održavanju i remontu uređaja i opreme. Promena vrste i obima rudničkih radova u eksploatacionim poljima dovodi do promene njihovog uticaja na prirodnu sredinu, tako da se i to mora analizirati. Nova tehnologija otkopavanja zahteva i novu organizaciju osnovnog i pomoćnog unutrašnjeg transporta, prilagođenu potrebama visokomehanizovanih procesa otkopavanja i promenama u granulometrijskom sastavu. Uporedo s tim mora se izvršiti revizija tehnoloških šema sortiranja, separacije i obogaćivanja uljnog škriljca.

Razmatranje i analiza svih navedenih stadijuma proizvodnih procesa mora da se dovede u vezu sa konkretnim geološko–rudarskim uslovima u ležištu. To mora biti zasnovano na naučno–istraživačkom radu, eksperimentima u proizvodnim uslovima i na primeni ekonomsko–matematičkih modela. Analiza i prognoza uticaja sistema nove tehnologije i tehnike na efikasnost eksploatacije uljnih škriljaca treba da se obradi korišćenjem ekonomsko–matematičkih modela, kako bi se postigla veća pouzdanost prognoza.

c. Ekonomsko–matematički modeli tehnologije otkopavanja

Tradicionalni izvor informacija za prognoziranje razvoja tehnologije eksploatacije su analiza stanja proizvodnje i rezultati eksperimentalnih radova. Rezultati ovakvih analiza imaju pouzdanost samo za kratkoročne prognoze. Obim eksperimenata je takođe u većini slučajeva ograničen, jer

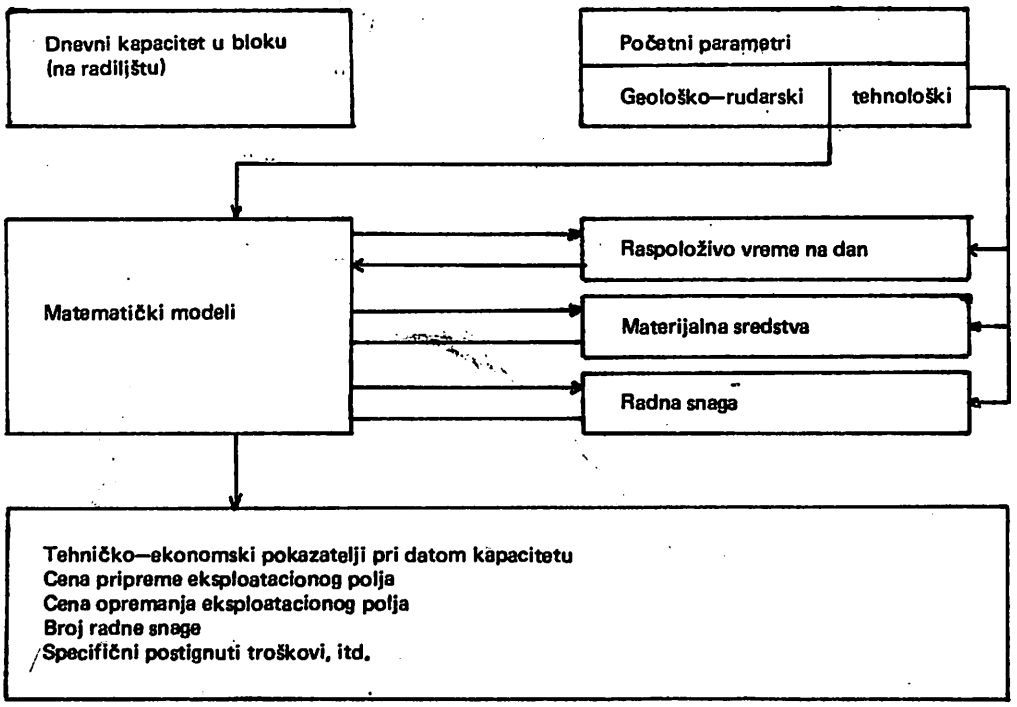
su ograničeni isti uslovi za njihovo izvođenje. Primena ekstrapolacije, bazirana na podacima sadašnjih stanja i eksperimenata, za tendenciju razvoja tehnologije i tehnike, a za prognozu perspektive razvoja u sledećih 10 do 15 godina, može dovesti do grubih grešaka. Proizvodni sistem, koji funkcioniše u optimalnim ili suboptimalnim režimima, u konkretnim geološko–rudarskim i tehničko–ekonomskim uslovima u stvari se modelira za neadekvatne uslove.

Prognozna ocena novih tehnoloških i tehničkih rešenja prema novim geološko–rudarskim uslovima istražuje se pomoću ekonomsko–matematičkih modeliranja. Najjednostavniji i najčešće primenjeni ekonomsko–matematički modeli tehnologije su proračuni različitih varijanti tehnologije sa datim konkretnim parametrima i stanjem opreme. Takvi proračuni imaju prednost nad ručnim, to je očigledno. Tačnost tog postupka, koji nazivamo „metoda varijanata", kako pokazuju odgovarajuće analize, u većini slučajeva je pouzdana. Metoda varijanata može da se realizuje na elektronskom računaru; međutim, pri manjem broju izlaznih poda taka efikasnost tog načina je niska.

Pri razradi i pripremi ekonomsko–tehničkih modela tehnologije otkopavanja u rudnicima uljnih škriljaca kao osnova uzima se druga metoda prema kojoj se sastavljaju osnove modela: raspoloživo vreme, rashodi za materijal i radnu snagu, produktivnost otkopne opreme i njihova cena itd. Sve je povezano sistemom jednačina. U suštini, te jednačine predstavljaju funkcionalnu zavisnost između različitih karakteristika i parametara proizvodnje. U nizu slučajeva razrađene su regresivne zavisnosti. Modeli opisuju proces eksploatacije na nivou eksploatacione jedinice – polja.

Osnovni pokazatelji koji karakterišu proizvodnu moć širokog čela, dvokrilnog širokog čela ili komornog bloka u rudniku ugljenog škriljca čini kapacitet eksploatacionog polja. Taj pokazatelj je preko broja proizvodnih jedinica povezan i sa proizvodnim kapacitetom jame – rudnika. Kapacitet eksploatacionog polja, izražen u tonama rudne mase na dan, daje osnovni podatak tehničko–ekonomskoj funkciji.

Modeli, podešeni za istraživanje dinamike tehničko–ekonomskih pokazatelja komornog sistema otkopavanja i različitih varijanata kompleksnomehanizovanog otkopavanja, bez obzira na razliku, imaju principijelnu strukturu prikazanu na sledećoj šemi. Proračuni su bazirani na unošenju geološko –rudarskih (otkopna moćnost sloja, toplota sago-



Sl. 8 – Struktura ekonomsko–matematičkog modela otkopavanja

revanja itd.) i tehnoloških (dužina stuba, dužina otkopa–radilišta itd.) parametara. Pri tome se osnovni tehnološki parametri mogu menjati u odnosu na ranije ustanovljene vrednosti. Osnovni podatak – argument modela je kapacitet eksploatacionog polja, koji se može menjati samo u određenim granicama. Utvrđeni kapacitet i ograničeno raspoloživo vreme određuju neophodnu produktivnost otkopne opreme. Modelima treba odrediti koncentraciju rudarskih radova.

Komentar

Geološko–rudarski uslovi eksploatacije u ležištima uljnih škriljaca Pribaltičkog basena su raznovrsni, a u izvesnim slučajevima teški. Zbog toga svuda ne postoje mogućnosti za uvođenje pune mehanizacije svih proizvodnih procesa. Novom tehnologijom otkopavanja, korišćenjem ekonomsko–matematičkih modela postignuta su znatna povećanja produktivnosti i potpunije iskorišćenje rezervi uljnog škriljca iz ležišta. Primenjena tehnologija otkopavanja omogućila je otkopavanje tankih slojeva uljnih škriljaca i slojeva škriljaca sa umecima i proslojcima.

Literatura

1. Haspert, J., 1981: Mechanized oil shale cutting. – World Mining, Jun.

2. Leach, J. H., 1975: Analysis of method for underground mining of oil shale. – Mining Congress Journal, May.

3. Rajaram, V., Kaupilla, A. T., Bolmer, L. R., 1976: Oil shale mining and the environment. – Mining Engineers, April.

4. Veselinović, V. 1986: Masovno podzemno mehaničko otkopavanje i drobljenje uljnih škriljaca primenom specijalnih neprekidnih kopačica i drobilica. – Tehnika, Rudarstvo, geologija i metalurgija.

5. Rejnsaly, Ja. E., Kal'juvee, G. E., Fraj-man, B. Ja., 1983: Ekonomiko–matematičeskie modeli prognozirovanija razvitija dobyči gorjučih slancev – Nauka.

SUMMARY

Methods of Oil Shale Underground Mining Tested in Production Conditions

In first part of the article – Oil shale mining in Pribaltic basin in USSR – the following in discussed:

– Chamber mining system of oil shale, whole seam
– Combined mining system: chamber–longwall with lane pillare leaving and with roof caving
– Selective longwall mining of oil shale, whole seam with partial manual strip packing of gob
– Mechanized longwall mining with roof caving
– Complex – mechanized longwall mining of whole seam with roof caving
– Complex–mechanized longwall mining in two panel with roof caving
– Longwall mining with impulse complex of ploughs and
– Economical–mathematical model of mining technology

ZUSAMMENFASSUNG

Methode vom Abbau under Tage der Ölschiefer in Produktionsverhältnissen geprüft

Im erstem Teil des Artikel – Abbau der Olschiefer im Nebenbaltischen Becken der Sowjetunion – sind dargestellt: die alte Abbau–Technologie und die neue Abbau–Systemen.

Die alte Abbau–Technologie umfasst den Kammerbau des ganzen Ölschieferflözes, weiter das System vom Kammer–Strebbau mit zurücklassen der Bandpfeiler und mit Zubruchwerfen und dem Streb–Abbau ein Teil des Flözes der Ölschiefer mit Zubruchwerfen des Hangenden.

Die neue Abbautechnologie umfasst den Abbau mit mechanisiertem Streb mit Zubruchwerfen des Hangenden, weiter den Abbau mit vielsletigem mechanisiertem Streb das ganzen Flözes und den Abbau mit Streb in zwei Abbauabschnitten mit Zubruchwerfen des Hangenden, sowie den Abbau mit Streb mit Impulskomplexen mit Hobel.

РЕЗЮМЕ

Методы добычи битуминозных сланцев, которые проверени в производственных условиях

В первой части доклада – Выемка битуминозных сланцев в Прибалтийском бассейне СССР-а – представлени: традиционная технология выемки и новые системы добычи.

Традиционная технология выемки состоится из камерной системы выемки пласта битуминозного сланца по всей мощности, комбинированной системой выемки камерами и лавами с оставлением целиков и обрушением кровли, и выемкой одного участка пласта битуминозного сланца лавами с обрушением кровли.

Новая технология выемки состоится из выемки с механизированной лавой и обрушением кровли, выемки с комплексно-механизированной лавой пласта по всей мощности, выемки с лавой с двумя полосами и обрушением кровли и выемки лавами с использованием импульсных комплексов со стругами.

Autor: prof.dr.inž. Vesimir Veselinović, Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu
Recenzent: dr inž. Đ.Marunić, Beograd
Članak primljen 6.2.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 553.9.001.3
Originalni naučni rad
– primenjeno–istraživački

NOVA GENETSKO–INDUSTRIJSKA KLASIFIKACIJA UGLJEVA SREDNJEG I VISOKOG RANGA

(sa 3 slike)

Marko Ercegovac – Mira Mitrović – Radivoje Cvetičanin

Pitanje klasifikacije čvrstih fosilnih goriva, a posebno ugljeva, je veoma značajno i njemu se danas pridaje posebna pažnja, jer je ugalj značajan faktor u energetici svake zemlje. Iz tog razloga zemlje sa ekonomski značajnim rezervama uglja čine značajne napore kako bi se bliže definisao njegov kvalitet i utvrdile mogućnosti racionalnog iskorišćavanja.

I pored toga što su saznanja o genezi i hemijsko–tehnološkim karakteristikama ugljeva danas na vrlo visokom naučnom i stručnom nivou, problem njihove klasifikacije na međunarodnom nivou je veoma aktuelan. U pojedinim međunarodnim podelama ugljevi su klasifikovani prema različitim genetskim i hemijsko–tehnološkim parametrima. Njihov izbor i rangiranje po značaju bili su neujednačeni, što je bio i osnovni razlog za izradu jedistvenog međunarodnog klasifikacionog sistema kamenih ugljeva.

Danas se intenzivno radi na problemu usaglašavanja svih relevantnih parametara po važnosti u različitim međunarodnim komisijama i komitetima za ugalj (ICCP, ISO, Komitet za ugalj EEK, Komisija za geologiju SEV-a i dr.). Naša zemlja je takođe uključena u izradu genetsko–industrijske klasifikacije ugljeva nižeg i srednjeg ranga (mrki i kameni) prema opšte prihvaćenim kriterijumima.

Komitet za ugalj evropske ekonomske komisije Ujedinjenih nacija (Ženeva) u okviru svojih aktivnosti iz problematike korišćenja i pripreme uglja u toku poslednjih nekoliko godina (1979–1988) intenzivno je radio na novoj međunarodnoj industrijskoj klasifikaciji ugljeva različitog ranga.

Napori ovog Komiteta usmereni su na izradu nove klasifikacije ugljeva srednjeg i visokog ranga sa što manjim brojem parametara, na osnovu kojih bi se potpunije sagledale njihove genetske i hemijsko–tehnološke karakteristike, kao i mogućnosti racionalnog korišćenja u industriji.

Želimo posebno da istaknemo da je neophodno da se pristupi sistematskim istraživanjima ove vrste koja bi omogućila da se u što skorije vreme izradi jugoslovenska klasifikacija ugljeva niskog i srednjeg ranga, utoliko pre što je postojeća klasifikacija naših ugljeva nepotpuna.

U teorijskom razmatranju ovih problema, posebno u razradi metodologije istraživanja, polazi se od postojećih klasifikacionih sistema i kriterijuma za klasifikaciju kamenih ugljeva, jer su oni najbolje proučeni. Neka iskustva treba primenjivati i na mrke ugljeve, ali u svakom slučaju treba voditi računa o svim specifičnostima koje proizilaze iz

petrografskog i hemijskog sastava, kao i stepena karbonifikacije ugljeva.

U članku se posebno razmatra metodologija rada na klasifikaciji kamenih ugljeva sa teorijskog i praktičnog stanovišta u cilju uspostavljanja relevantnih parametara na osnovu kojih će se ugljevita materija moći najcelishodnije definisati.

DOSADAŠNJE KLASIFIKACIJE UGLJA

Genetska klasifikacija uglja

Raniji istraživači koji su se bavili geologijom kaustobiolita, a posebno ugljeva, nastojali su da ugljeve klasifikuju prema njihovim genetskim ili prirodnim karakteristikama i da takva klasifikacija pruži osnovna saznanja o njihovoj hemijskoj prirodi i postanku. U genetskim klasifikacijama osnovu čini ishodišni materijal i njegove geohemijske promene u različitim fazama karbonifikacije (od treseta do grafita). Posebna pažnja poklanjana je sredinama akumulacije i uslovima transformacije organske supstance različitog porekla. Najbolje korelacije postignute su između tipa organske materije i sredina sedimentacije, što je omogućilo jasno razlikovanje i izolovanje humusnih i sapropelnih ugljeva, između kojih se nalaze liptobioliti kao prelazni tip uglja.

Treba istaći da i danas, kada se radi na izradi jedne opšte industrijske klasifikacije ugljeva, moraju biti uzeti u obzir i neki genetski faktori (tip uglja, facija). To znači da genetska klasifikacija uglja, iako je neki smatraju strogo naučnom, treba da posluži kao osnova za izradu industrijeks klasifikacije.

Prvu poznatu klasifikaciju uglja dao je nemački paleobotaničar H.Potonie [1]. U okviru ugljeva on izdvaja tri osnovne klase prema ishodišnom biljnom materijalu: humite, sapropelite i biolite (liptobiolite). Ova osnovna šema podele zadržava se u skoro svim kasnijim sistemima klasifikacije, sa manjim ili većim izmenama i dopunama. Od tog vremena pa do 1960. godine u sovjetskoj i američkoj literaturi, kao i u evropskoj, objavljene su mnoge genetske klasifikacije ugljeva sa velikim brojem parametara tako da se međusobno teško mogu korelisati.

U genetskoj klasifikaciji [2] izdvojene su dve grupe prema ishodišnom materijalu u okviru kojih se razlikuju 4 klase. Autor ne izdvaja posebnu grupu liptobiolita, već samo klasu liptobiolita u okviru grupe humolita. U tablici 1 prikazana je genetska klasifikacija, koja je kasnije dopunjena [3] novim elementima koji se odnose na uslove preobražaja organske supstance.

Genetska klasifikacija [4] je, takođe, veoma interesantna i dosta precizno odražava savremena znanja o postanku i hemijskom sastavu ugljeva. Prema toj klasifikaciji, sva čvrsta fosilna goriva po ishodišnom biljnom materijalu dele se u četiri klase: I–sapropeliti, II–čisti humusni ugljevi, III–pomešani sapropelno–humusni ugljevi i IV–pomešani humusno–sapropelni ugljevi. Svaka od ovih klasa ugljeva, prema stepenu karbonifikacije („hemijska starost ugljeva"), deli se na tri potklase: stadijum treseta, mrkih i kamenih ugljeva. U njoj se daju i neki parametri kojima se preciznije definiše hemijska priroda pojedinih potklasa uglja, a koji mogu poslužiti za uočavanje postojećih razlika u stadijumima dijagenetskih i katagenetskih

Genetska klasifikacija uglja [2]

Tablica 1

Po poreklu materijala	Po uslovima nagomilavanja i razlaganja organske supstance	
	KLASA I (HUMITI)	– ligno celulozni + kutinski elementi i smole
GRUPA I – HUMOLITI (nastali od viših biljaka)	KLASA II (LIPTOBIOLITI)	– kutikule + smole
	KLASA III (PRAVI SAPROPELITI)	– alge i drugi planktonski organizmi
GRUPA II – SAPROPELITI (nastali od nižih biljaka i životinjskog planktona)	KLASA IV (SAPROKOLITI)	– koloidna bestrukturna masa; alge se ne uočavaju u matriksu

promena. S obzirom na njen značaj daju se osnovne karakteristike ugljene materije po izdvojenim klasama.

KLASA I – *Sapropeliti:* ugljevi sa 10% vodonika koji su nastali od masnih materija nižih biljaka i mikroorganizama; oni su bez smole, voskova i huminskih kiselina. U hemijskoj strukturi sadrže masne kiseline i njihove anhidrite, kao i različite složene polimere. Ne sadrže fenole, asfaltne i siliko–gelne smole. Pri karbonizaciji na niskoj temperaturi daju oko 80% katrana.

KLASA II – *Humusni ugljevi:* ugljevi nastali od viših biljaka sa bojom koja se kreće od smeđe do crne, bez sjaja ili sa visokim sjajem; sa ili bez vidljive drvenaste strukture. Sadrže voskove, smole, huminske kiseline i ugljovodonike; daju primarni katran koji sadrži asfaltne smole i mnogo fenola (35–50%).

U okviru humusnih ugljeva izdvajaju se različiti stadijumi:

– h u m u s n i t r e s e t. – Svetlomrka rastresita masa koja se sastoji od huminskih kiselina, voskova, smola i biljnih ostataka bogatih celulozom i ligninom

– m r k i u g a l j. – Svetla–tamnomrka masa, ponekad sjajna i sa školjkastim prelomom. Odlikuje se kiselim karakterom bitumena i humusnih kiselina. Prelaz od mat ka sjajnim mrkim ugljevima okarakterisan je opadanjem karboksilnih grupa; sadržaj fenolnih hidroksida se ne menja (8–10 %).

– k a m e n i u g a l j i a n t r a c i t. – Sa povećanjem ranga povećava se intenzitet sjajnosti. Odlikuje se visokim sadržajem ugljenika (preko 80%) i fenolnih hidroksida (7–9%).

KLASA III – *Sapropelno–humusni ugljevi:* kod ugljeva iz ove klase preovlađuje sapropelna materija, dok je humusna komponenta zastupljena sa 30–50%. Humusni deo je predstavljen huminskim kiselinama ili njihovim produktima dekarboksilacije. Od ovih ugljeva, na nižem stepenu karbonifikacije, dobija se polukoks i katran sa malo smole, asfaltena i fenola (5–18%). Na stadijumu kamenih ugljeva ovaj tip uglja pokazuje i koksne osobine. Geneza ovih „pomešanih" ugljeva započinje na stadijumu treseta, stvaranjem močvarnih sapropela (nerazložena biljna materija u sapropelno–humusnoj masi koja sadrži masne kiseline i njihove soli). Na stadijumu mrkih i kamenih ugljeva pokazuje sve karakteristike sapropelnih i humusnih ugljeva.

KLASA IV – *Humusno–sapropelni ugljevi:* u ovu klasu svrstavaju se ugljevi nastali od pomešanog materijala u kome preovlađuju ostaci viših biljaka. U takvim ugljevima, kao i u prethodnom tipu uglja, mogu se javiti i ostaci alga, pored spora polena i kutikula. Što se tiče petrografskih i hemijskih karakteristika ove klase ugljeva, one se nalaze, kao i u prethodnom slučaju, između sapropelita i humusnih ugljeva. Pored visokog sadržaja huminskih kiselina ili njihovih produkata dekarboksilacije u njima se javljaju smole, voskovi i ugljovodonici. Daju prašinast polukoks i katran sa dosta fenola (18–30%), asfaltena i smola. Ugalj ne pokazuje dobre koksujuće osobine. U procesima karbonifikacije ovaj ugalj pokazuje više sličnosti sa humusnim mrkim i kamenim ugljevima.

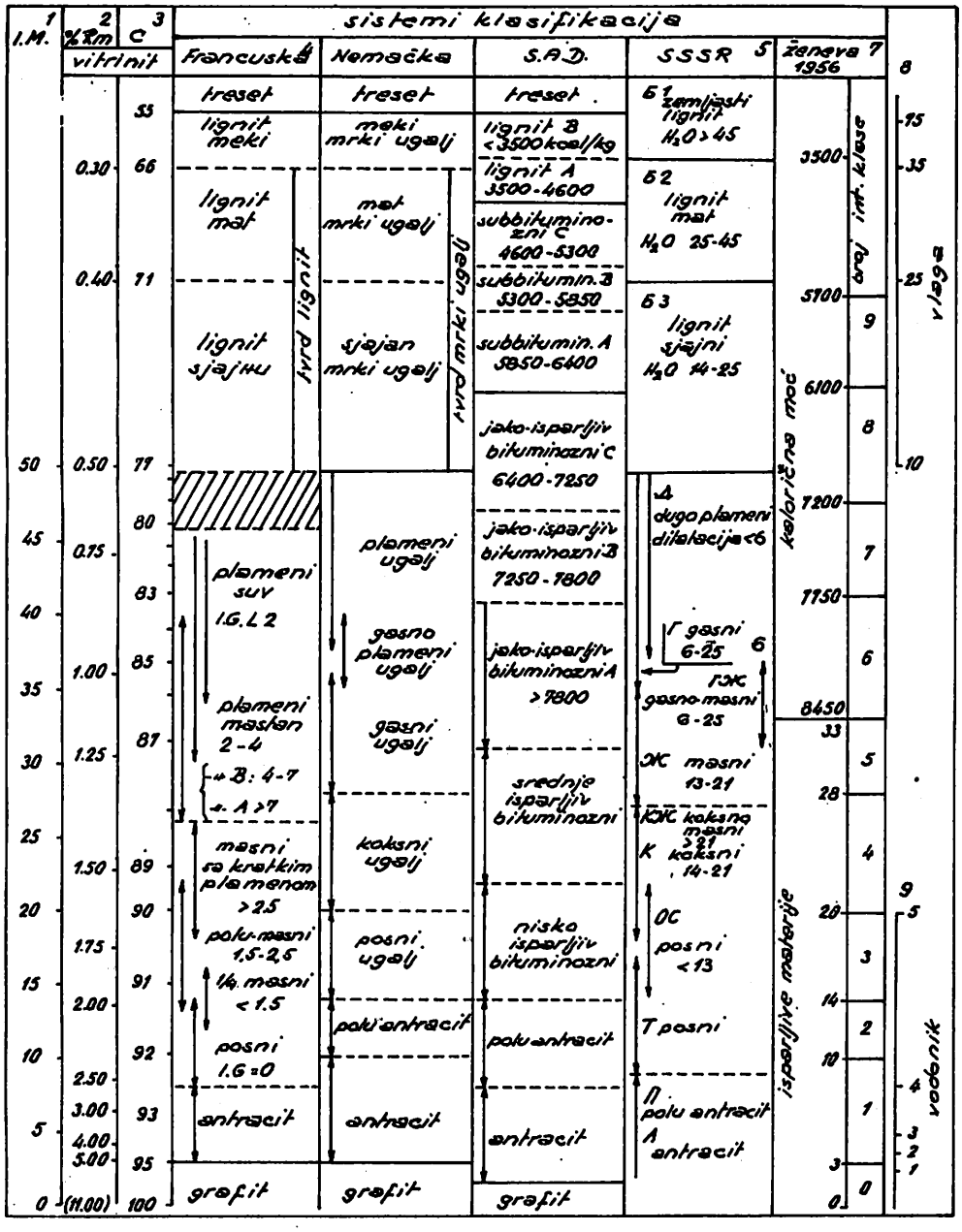
S obzirom na karakter ovog rada nisu razmatrane i neke druge genetske klasifikacije ugljeva jer su one u osnovi dosta slične.

Hemijsko–tehnološka i industrijska klasifikacija uglja

I pored činjenice da u svetu postoji veći broj industrijskih klasifikacija kamenih ugljeva, može se konstatovati da skoro ni jedna od njih ne daje istovremeno odgovor na pitanje o njihovom postanku i hemijskoj prirodi ili fizičko–hemijskim karakteristikama. Osnovni razlog postojanja ovakvih klasifikacija leži u tome što nisu utvrđeni jedinstveni parametri na osnovu kojih bi se pratile sve osobine uglja i koji bi odražavali jedinstvo između uslova postanka, ranga i kvaliteta. U mnogim zemljama Evrope, SAD, Australiji, Japanu i dr. primenjuju se različite nacionalne klasifikacije koje se u osnovnim crtama međusobno mogu porediti. Te klasifikacije se, uglavnom, zasnivaju na sadržaju isparljivih materija i na termičkim testovima karbonizacije (osobine koksa). U mnogim klasifikacijama korišćen je, takođe, sadržaj vlage i pepela, kao i vrednosti za toplotu sagorevanja. U njima se nalaze i podaci iz elementarnih analiza.

U klasifikacijama uglja zemalja zapadne Evrope (posebno Engleske, Belgije, Francuske, SR Nemačke), SSSR-a, Poljske i drugih zemalja glavni parametri su: isparljive materije (bez vlage i pepela), refleksija vitrinata (rang), sadržaj ugljenika (bez vlage i pepela), vlaga i toplota sagorevanja (kcal/kg – kJ/kg).

Na sl. 1 prikazana je komparativna šema klasifikacije ugljeva različitog ranga prema različitim autorima [5–12].



Sl. 1 — Komparativna šema klasifikacije ugljeva različitog ranga.
Napomena: 1. isparljive materije (bez vlage i pepela); 2. refleksija huminit/vitrinit (6,7,9,12); 3. ugljenik (bez vlage i pepela) (12); 4–5. standardi navedenih zemalja; 8. vlaga (11).

Kod komparativne klasifikacije ugljeva, koja je sačinjena prema isparljivim materijama, refleksije vitrinita i sadržaja ugljenika (sl. 1), uočava se problem granice između mrkih i kamenih ugljeva (koja je definisana refleksijom vitrinita od 0,50% Rm), kao i granica u okviru pojedinih vrsta kamenih ugljeva. Još uvek se upotrebljava termin lignit za označavanje kategorije mekih mrkih ugljeva i to u klasifikaciji Francuske, SSSR-a i SAD (samo delimično); za označavanje mrkih ugljeva koristi se i termin „subbituminous". Problemi terminologije biće razmatrani u svetlu novih para-

metara koji bliže definišu razlike između ugljeva niskog i srednjeg ranga, a što će se posebno razmatrati.

Radi ilustracije, u tablici 2 daje se klasifikacija kamenih ugljeva Kuzbasa, prema standardima GOST–8162–56, koja u stvari predstavlja dopunjenu klasifikaciju kamenih ugljeva Donbasa [14]. kodnim brojevima 0,2–60 (< 0,30– > 4,50 % Rr). Ugljevi SSSR-a svrstani su u 15 grupa prema hemijskim i tehnološkim pokazateljima. U okviru mrkih ugljeva izdvajaju se tri grupe: O_1, O_2 i O_3 (kodiranje je izvršeno prema sadržaju vlage – W^{af}_{max}); kod kamenih 9 grupa prema sadržaju isparljivih materija – V_{daf}, a kod antracita 3 grupe.

Industrijska klasifikacija kamenih ugljeva u SSSR-u [13, 14]

Tablica 2

Tip uglja	Marka	Grupa	Isp. mat. %	Y, mm	Ostatak uglja bez isparljivih materija
PLAMENI	D	–	37	–	Gradi prah, slepljuje se i slabo koksuje
GASNI	G	G_6	37	6–16	Gradi prah, slepljuje se i slabo koksuje
GASNOMASNI	GŽ	–	37–30	6–25	–
MASNI	Ž	1Ž26 2Ž26	33 33	26 26	–
KOKSNOMASNI	KŽ	KŽ14 KŽ6	25–30 25–30	14–23 6–13	–
KOKSNI	K	K–13 K–10	25 17–25	13–25 10–12	–
KOKSNI II	K_2	–	17–25	6– 9	–
POSNI	OC	–	17	6– 9	–
SLABO KOKSUJUĆI	CC	1 CC 2 CC	37–25 17–25	– –	Gradi prah, slepljuje se, slabo koksuje
POLUANTRACIT	T	–	17	–	Gradi prah, slepljuje se, slabo koksuje

Napomena: Brojevi kojima se označavaju grupe ukazuju na donju granicu koksovanja uglja koji se izražava debljinom plastičnog sloja Y(u mm). Kod Y = 6 mm i koksujućim ostatkom uglja bez isparljivih materija ugljevi pripadaju grupama G6 i KŽ6 i markama GŽ, K_2 i OS.

Koksujući i slabokoksujući ugljevi G, GŽ, Ž, KŽ, K, K_2 dele se na tehnološke grupe prema sadržaju isparljivih materija (V^{daf} %) i debljini plastičnog sloja (Y, mm). Kao dopunski parametar za dalju podelu koksnih ugljeva koristi se Roga indeks (RI). U toku 1984. godine u SSSR-u se uvodi klasifikacija uglja prema genetskim i tehnološkim parametrima (GOST 25543–82; 13). Tipovi uglja po rangu izdvojeni su prema refleksiji vitrinita (mrki–ispod 0,6% Rr; kameni – 0,40–2,39 % Rr i antracit–preko 2,39 % Rr). Izdvojeno je 17 klasa ugljeva prema veličini Rr sa

Međunarodna klasifikacija uglja (Ženeva, 1956; 5)

Kako industrijske klasifikacije uglja pojedinih zemalja nisu mogle biti u potpunosti korišćene za ocenu kvaliteta, naročito kada je ugalj bio tretiran kao sirovina uvoza ili izvoza, pristupilo se izradi međunarodnog sistema kalsifikacije. Tako je Komitet za ugalj Evropske ekonomske komisije pri Ujedinjenim nacijama (Ženeva, 1956) sačinio poznatu međunarodnu klasifikaciju kamenih ugljeva. Prema toj klasifikaciji u kamene ugljeve svrstani su svi ugljevi sa toplotom sagorevanja preko 7.500

kcal/kg, odnosno 23.860 kJ/kg (na gorivo sa vlagom, ali bez pepela). Ova klasifikacija pored svih svojih nedostataka primenjuje se i danas u mnogim zemljama sveta.

Međunarodna klasifikacija kamenih ugljeva kodirana je trocifrenim brojem, koji se nalazi u izdvojenom delu tablice. Kodni broj određuje tehničke, uglavnom koksujuće osobine ispitivanog uglja (sl. 2).

Prvi kodni broj na apscisi predstavlja klasu od 0 do 9, u zavisnosti od sadržaja isparljivih mateirja (IM). Klase od 0 do 5 su izdvojene za ugljeve do 33% isparljivih materija, a klase od 5 do 9 prema kaloričnim vrednostima (bv i p) i to za sve ugljeve preko 33% IM.

Drugi kodni broj označava grupu (0–3) na ordinati u zavisnosti od sposobnosti uglja za spicanje–bakovanje (Roga indeks u internacionalnoj klasifikaciji) i nadimanje (Swelling index). Roga indeks i sveling indeks mogu se koristiti alternativno.

Treći kodni broj, takođe na ordinati desno, označava podgrupu (0–5) u zavisnosti od testa dilatacije ili indeksa Gray–King.

U ovom sistemu klasifikacije izostavljeni su parametri koji određuju petrografski sastav uglja i stepen karbonifikacije na osnovu refleksije vitrinita. Isparljive materije koje se ovde koriste za izdvajanje klasa ne mogu se više uzimati kao isključivi parametar za određivanje ranga uglja (prema standardima ICCP, ISO i EEK). Ova klasifikacija ne daje podatke o svim mogućnostima korišćenja nekog uglja. Njena isključiva namena je da ukaže na mogućnost nekog uglja za koksovanje.

Iz tog razloga se u proteklih deset godina čine novi napori da se ona usavrši i da refleksija vitrinita bude osnovni parametar za određivanje ranga uglja.

Numerička klasifikacija nosi opasnost uvođenja suviše složenih i komplikovanih kodova. Ona mora biti izgrađena na principu upotrebe opštih termina koji slede jedan logičan algoritam i koji će biti razumljivi u celom svetu. Parametri za klasifikaciju moraju biti tako složeni da se nalaze jedan pored drugog, posebno ako nemaju i značaj (na primer swelling index i Roga indeks na jednoj i Dilatometar test i Gray-King tip koksa, na drugoj strani). Rezultati ovih testova se ne mogu međusobno dobro porediti.

Ova klasifikacija ne obuhvata ugljeve različitog stepena karbonifikacije (od treseta do antracita). U

grupe uglja prema sposobnosti koksovanja			kodni broj										podgrupe uglja prema koksujućim osobinama		
broj grupe	alternativni parametar												treći broj koda	parametri	
	indeks švelovanja	Roga indeks												dilatacija %	tip koksa
3	>4	>45					435	535	635				5	>140	>G8
								Vc							
						334	434	534	634				4	>50-140	G5-G8
						VA	VB								
						333	433	533	633	733			3	>0-50	G1-G4
									VD						
						332 a / 332 b	432	532	632	732	832		2	≤0	E-G
2	2½-4	>20-45				323	423	523	623	723	823		3	->0-50	G1-G4
									VIA						
						322	422	522	622	722	822		2	≤0	E-G
						IV									
						321	421	521	621	721	821		1	samo kontrakcija	B-D
									VIB						
1	1-2	>5-20			212	312	412	512	612	712	812		2	≤0	E-G
					211	311	411	511	611	711	811		1	samo kontrakcija	B-D
						III			VII						
0	0-½	0-5		100 IA/IB	200 II	300	400	500	600	700	800	900	0	bez omekšavanja	A
klase uglja	prvi broj koda		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	isp. materije u % po klasama: kl. 6: 33-41%, kl. 7: 33-44%, kl. 8: 35-50%, kl. 9: 42-50%	ugalj sa 10% pepela; ukoliko je veći sadržaj pepela, ugalj se mora čistiti.	
	isparljive materije % (b.v.p.)		0-3	>3-10 / >3-6.5 / >6.5-10	>10-14	>14-20 / >14-16 / >16-20	>20-28	>28-33	>33						
	toplotna moć		-	-	-	-	-	-	>7750	>7200-7750	>6100-7200	>5700-6100			

Sl. 2 – Internacionalna klasifikacija kamenih ugljeva (Ženeva, 1956).

njoj nije jasno obeležena granica između mekih mrkih (lignita) i čvrstih mat i sjajnih mrkih ugljeva. Rang ugljeva se ne može dovoljno precizno odrediti samo na osnovu isparljivih materija (čak iako je njihov sadržaj manji od 33%) bez podataka o refleksiji huminit/vitrinit. Sadržaj isparljivih materija nije uvek u funkciji zrelosti uglja već zavisi i od petrografskog sastava uglja. Ugljevi istog ranga, na primer sa 1,0% Rm vitrinita, mogu imati različit sadržaj isparljivih materija, čak i dvostruko veći (20–40 %), što je uslovljeno varijacijama maceralnog sastava (povećan sadržaj liptinita); visoki sadržaj inertinita, na primer, drastično smanjuje sadržaj isparljivih materija u kom slučaju podaci o rangu tog uglja nisu tačni (posebno kada se radi o ugljevima sa visokim sadržajem inertinita kao što su ugljevi Gondvane–Afrika, Australije, Indije i dr.).

Od maceralnog sastava uglja direktno zavisi sadržaj vodonika, kao i osobine nadimanja. Ukoliko se povećava sadržaj liptinita (egzinit), iznad uobičajenih vrednosti (preko 30%), istovremeno se značajnije povećava sadržaj isparljivih materija i vodonika. Takvi ugljevi imaju i relativno viši indeks bubrenja (Swelling index). To nesumnjivo ukazuje na značaj petrografskog sastava uglja, jer se macerali i asocijacije macerala (mikrolitotipovi) odlikuju različitim hemijskim sastavom, fizičkim i hemijskim osobinama, što se direktno odražava na kvalitet koksa u procesima karbonizacije.

Treba posebno istaći da je veliki nedostatak ove klasifikacije i u tome što ona klasifikuje samo ugljeve sa sadržajem pepela do 10 %. Ukoliko je on veći tada se ugljevi moraju čistiti. Iz tog se može zaključiti da ovakva klasifikacija ne uzima u obzir sadržaj pepela rovnog uglja i njegove mogućnosti oplemenjivanja.

Kritike upućene klasifikaciji ugljeva iz Ženeve 1956. godine uticale su da u Komitetu za ugalj Ekonomske komisije za Evropu pri Ujedinjenim nacijama u Ženevi (ECE), uz saradnju Međunarodnog komiteta za petrologiju uglja (ICCP), počnu novi međunarodni projekti klasifikacije uglja, o čemu će biti posebno govora.

Novi predlog za klasifikaciju kamenih ugljeva u SSSR-u

Novi predlog za genetsko–industrijsku klasifikaciju kamenih ugljeva SSSR-a [15,16] je veoma interesantan i može se reći dosta jednostavan. On u sebi delimično obuhvata i ugljeve ispod 0,5% Rm vitrinita. U ovoj sintetskoj klasifikaciji SSSR-a tip uglja se određuje prema tri osnovna parametra i to: refleksiji huminit/vitrinit (% Rm), na osnovu koje je izdvojeno 16 kategorija; sadržaju inertinita u % (od 20–60 %), prema kome je izdvojeno 5 grupa i prema Roga indeksu, na osnovu koga je izdvojeno 5 kategorija (sl. 3).

Ova klasifikacija ima za cilj da sagleda mogućnost upotrebe i ugljeva nižeg stepena karbonifikacije u mešavinama za proizvodnju metalurškog koksa, jer se u skoroj budućnosti očekuje drastično smanjivanje geoloških. rezervi pravih koksnih ugljeva u svetu. Očekuje se da će u budućnosti, posebno u SSSR-u, Čehoslovačkoj i Poljskoj mešavine uglja biti pretežno sačinjene od ugljeva sa veoma raznovrsnim maceralnim sastavom i sa visokim sadržajem inertinita. U takvim mešavinama naći će se i ugljevi sa niskim stepenom karbonifikacije.

To znači da se ocena mogućnosti primene nekog uglja, bez obzira na rang, neće moći doneti bez poznavanja njegovog maceralnog sastava, odnosno sastava mešavine uglja i njihovog ranga, što je u stvari i odlučujuće za upotrebu ugljeva uopšte. Iz tog razloga maceralni sastav i refleksija huminit /vitrinit, kao kriterijumi karbonifikacije, treba da budu glavni parametri nove klasifikacije, kako je to i predložio SSSR na EEK u Ženevi (1983). Međutim, ta dva parametra, iako znatno utiču na tehnološke osobine većine ugljeva, nisu dovoljni za određivanje koksnih karakteristika ugljeva. Dešava se da različiti ugljevi sa istim maceralnim sastavom i istim stepenom refleksije vitrinita daju koks različitog kvaliteta. Zbog toga se moraju koristiti i tehnološki ili hemijski parametri koji su i do sada primenjivani u procesima karbonizacije kamenih ugljeva.

U kodnom sistemu klasifikacije SSSR-a redosled je sledeći: broj klase, broj grupe i broj podgrupe. Na primer, kodni broj 722 znači da ugalj pripada klasi 7 sa refleksijom od 1,50–1,74 % Rm; da sadrži inertinit između 20–35% (2) i da ima Roga indeks između 20–45 (2).

MEĐUNARODNI SISTEM KODIRANJA UGLJEVA SREDNJEG I VISOKOG RANGA

U okviru Komiteta za ugalj Ekonomske komisije za Evropu (UNESCO, Ženeva) predložen je i usvojen novi međunarodni sistem kodiranja ugljeva srednjeg i visokog ranga (ECE/Coal/113,51 i

broj grupe	inertinit %	podgrupa	Roga indeks
5	66	1	5-20
		0	0-5
4	51-65	2	20-45
		1	5-20
		0	0-5
3	36-50	3	45-65
		2	20-45
		1	5-20
		0	0-5
2	20-35	4	65
		3	45-65
		2	20-45
		1	5-20
		0	0-5
1	20	4	65
		3	45-65
		2	20-45
		1	5-20
		0	0-5

1B	2B	3B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1A	2A	3A	4A
0-0.3	0.3-0.39	0.4-0.49	0.5-0.64	0.65-0.84	0.85-0.99	1.0-1.14	1.15-1.29	1.30-1.49	1.50-1.74	1.75-2.	2.05-2.49	2.50-3.49	3.50-4.49	4.50-6.00	6.00
refleksija vitrinita (%)															

Sl. 3 — Predlog za genetsko—industrijsku klasifikaciju kamenih ugljeva [15].

E/1988/36—E/ECE/1170, D, 43, 17). Novim sistemom klasifikacije kamenih ugljeva zamenjuje se poznata klasifikacija iz 1956. godine, [5]. Ovakav sistem klasifikacije može se primeniti za sve ugljeve različite geološke starosti i geneze zbog čega je posebno značajan sa aspekta geološko—ekonomske ocene resursa i rezervi, eksploatacije i mogućnosti korišćenja.

U novom sistemu klasifikacije figuriraju tri osnovna parametra. To su *rang* (prema stepenu karbonifikacije), *tip* (prema analizi macerala) i *kvalitet* (prema vrsti i sadržaju mineralnih materija).

Prema stepenu karbonifikacije, odnosno rangu, izdvajaju se tri osnovne kategorije:

— *ugljevi nižeg ranga* (mrki ugalj) — sa gornjom toplotom sagorevanja ispod 24 MJ/kg (bez vlage i pepela) i refleksijom vitrinita (Rr) manjom od 0,6%

— *ugljevi srednjeg ranga* (kameni ugalj) — sa gornjom toplotom sagorevanja preko 24 MJ/kg (bez vlage i pepela) i refleksijom vitrinita (Rr) koja je veća od 0,6%

— *ugljevi višeg ranga* (antracit).

Za pomenutu klasifikaciju uglja predložena je upotreba različitih parametara koji se prema svom značaju mogu svrstati u tri grupe: osnovni, dijagnostički i dopunski parametri. Osnovni parametri se odnose na fizičko—hemijsku strukturu i sastav uglja, a dijagnostički parametri se nalaze u funkciji osnovnih parametara i njima se definišu tehnološke karakteristike uglja. Dopunski ili dodatni parametri ne zavise od tehnoloških karakteristika uglja i oni mogu poslužiti za utvrđivanje i drugih mogućnosti upotrebe uglja (sem za koksovanje).

U prihvaćenom sistemu klasifikacije koriste se sledeći parametri sa različitom namenom:

Kodiranje osnovnih parametara međunarodne klasifikacije uglja [17]

Tablica 3

	Srednja reflek-sija Vitrinita %		Karakteristike reflektograma SD /praznina		Maceralni sastav,zapr. % 4=Inertinit; 5=Liptinit				"Swelling" broj		Isparljive materije % /bez vlage i pepela		Pepeo % (bez vlage)		Ukupan sum-por % (bez vlage)		Gornja toplota sagorevanja MJ/kg /bez vlage i pepela/	
Broj	1;2		3		4		5		6		7;8		9;10		11;12		13;14	
Kod.br.	o2	o.2o-o.29	0	≤o.1 bez pr.	0	o-<1o	o	izuzet	o	o- 1/2	48	≥ 48	oo	o-< 1	oo	o.o-<o.1	21	< 22
	o3	o.3o-o.39	1	>o.1≤ o.2 pr.	1	1o-<2o	1	o-<5	1	1-11/2	46	46-<48	o1	o-< 2	o1	o.1-<o.2	22	22-< 23
	o4	o.4o-o.49	2	>o.2 pr.	2	2o-<3o	2	5-<1o	2	2-21/2	44	44-<46	o2	2-< 3	o2	o.2-<o.3	23	23-< 24
	o5	o.5o-o.59	3	1 pr.	3	3o-<4o	3	1o-<15	3	3-31/2	42	42-<44	o3	3-< 4	o3	o.3-<o.4	24	24-< 25
	o6	o.6o-o.69	4		4	4o-<5o	4	15-<2o	4	4-41/2	4o	4o-<42	o4	4-< 5	o4	o.4-<o.5	25	25-< 26
	o7	o.7o-o.79	5	2 pr.	5	5o-<6o	5	2o-<25	5	5-51/2	38	38-<4o	o5	5-< 6	o5	o.5-<o.6	26	26-< 27
	o8	o.8o-o.89		>2 pr.	6	6o-<7o	6	25-<3o	6	6-61/2	36	36-<38	o6	6-< 7	o6	o.6-<o.7	27	27-< 28
	o9	o.9o-o.99			7	7o-<8o	7	3o-<35	7	7-71/2	34	34-<36	o7	7-< 8	o7	o.7-<o.8	28	28-< 29
	1o	1.oo-1.o9			8	8o-<9o	8	35-<4o	8	8-81/2	32	32-<34	o8	8-< 9	o8	o.8-<o.9	29	29-< 3o
	11	1.1o-1.19			9	≥9o	9	≥4o	9	9-91/2	3o	3o-<32	o9	9-<1o	o9	o.9-<1.o	3o	3o-< 31
	12	1.2o-1.29									28	28-<3o	1o	1o-<11	1o	1.o-<1.1	31	31-< 32
	13	1.3o-1.39									26	26-<28	11	11-<12	12	1.1-<1.2	32	32-< 33
	14	1.4o-1.49									24	24-<26	12	12-<13	12	1.2-<1.3	33	33-< 34
	15	1.5o-1.59									22	22-<24	13	13-<14	13	1.3-<1.4	34	34-< 35
	16	1.6o-1.69									2o	2o-<22	14	14-<15	14	1.4-<1.5	35	35-< 36
	17	1.7o-1.79									18	18-<2o	15	15-<16	15	1.5-<1.6	36	36-< 37
	18	1.8o-1.89									16	16-<18	16	16-<17	16	1.6-<1.7	37	37-< 38
	19	1.9o-1.99									14	14-<16	17	17-<18	17	1.7-<1.8	38	38-< 39
	2o	2.oo-2.o9									12	12-<14	18	18-<19	18	1.8-<1.9	39	≥ 39
	21	2.1o-2.19									1o	1o-<12	19	19-<2o	19	1.9-<2.o		
	22	2.2o-2.29									o9	9-<1o	2o	2o-<21	2o	2.o-<2.1		
	23	2.3o-2.39									o8	8-< 9			21	2.1-<2.2		
	24	2.4o-2.49									o7	7-< 8			22	2.2-<2.3		
	25	2.5o-2.59									o6	6-< 7			23	2.3-<2.4		
	26	2.6o-2.69									o5	5-< 6			24	2.4-<2.5		
	27	2.7o-2.79									o4	4-< 5			25	2.5-<2.6		
	28	2.8o-2.89									o3	3-< 4			26	2.6-<2.7		
	29	2.9o-2.99									o2	2-< 3			27	2.7-<2.8		
	3o	3.oo-3.o9									o1	1-< 2			28	2.8-<2.9		

a. srednja refleksija vitrinita (% Rr)	2 cifre
b. karakteristike reflektograma	1 cifra
c. maceralni sastav	2 cifre
d. indeks bubrenja (Swelling number)	1 cifra
e. isparljive materije (bez vlage i pepela, %)	2 cifre
f. sadržaj pepela (bez vlage, %)	2 cifre
g. ukupni sadržaj sumpora (bez vlage, %)	2 cifre
h. gornja toplota sagorevanja (bez vlage i pepela, MJ/kg)	2 cifre

Kodiranje osnovnih parametara prikazano je u tablici 3.

Iz tablice 3 mogu se navesti neki primeri kodiranja ugljeva za različite namene. Ugljevi sa dobrim koksujućim osobinama mogu da imaju sledeći kodni broj:* **12 1 12 8 28 07 07 35;** ugljevi za sagorevanje u termoelektranama imaju kodni broj **10 4 23 1 32 12 09 35;** ugljevi za gasifikaciju definisani su kodnim brojem **17 3 30 1 16 18 14 36,** a ugljevi pogodni za hidrogenizaciju imaju kodni broj **08 0 03 3 36 07 08 34.**

Pojedine zemlje smatraju da pored osnovnih treba koristiti i druge dodatne parametre kako bi se ugljena materija šire definisala, a klasifikacija omogućila sagledavanje i drugih mogućnosti primene ugljeva u industriji. To, u svakom slučaju, opterećuje sistem podele pa ih je potrebno kasnije sistematizovati po značaju. Predloženi dodatni parametri su: dilatacija, sadržaj fosfora, sadržaj sumpora (različiti oblici, ukupni + piritni), sadržaj pepela (bez vlage) i hemijska analiza pepela (pri 815°C), sadržaj vlage (bez vlage), tačka topljivosti pepela, elementarna analiza (C, H, O, N), indeks drobljivosti, granulometrijska analiza, isparljive materije (bez vlage), gornja kalorična vrednost (bez vlage), donja kalorična vrednost (bez vlage).

ZAKLJUČNI OSVRT

Postojeće klasifikacije ugljeva srednjeg i visokog ranga nisu sadržavale sve potrebne parametre za sagledavanje mogućnosti adekvatnog korišćenja uglja u industriji. To znači da nisu u njima dovoljno objedinjeni parametri kojima se definiše petrografski sastav, stepen karbonifikacije i kvalitet. Na inicijativu Evropske ekonomske komisije i uz saradnju sa Međunarodnim komitetom za ugalj (ICCP), sačinjena je 1988. godine nova genetsko – industrijska klasifikacija ugljeva srednjeg i visokog ranga koja na najcelishodniji način definiše ugljenu supstancu različitog postanka i kvaliteta. Iz tog razloga ona će naćisvoju praktičnu primenu u svetu pri geološkoj i hemijsko–tehnološkoj valorizaciji ovih ugljeva. U skladu sa ovom klasifikacijom potrebno je da se usaglase i svi naši standardi koji se odnose na ugljeve srednjeg i visokog ranga.

* ili sa drugim sličnim kombinacijama parametara iz tablice 3. Ovo se odnosi i za kodne brojeve kojima se definišu i druge mogućnosti konverzije uglja (hidrogenizacija, gasifikacija i dr.).

Literatura

1. Potonie H., 1920: Die Enstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt, G. Aufl., Bornträger, 233 p., Berlin.
2. Žemčužnikov Ju. A., 1935: K voprosu o klasifikacii buryh uglej, Him. tverd. topl., N° 10, Moskva.
3. Žemčužnikov Ju. A., Ginzburg A., 1960: Osnovy petrologii uglej, izd. AN SSSR, 399 s, Moskva.
4. Stadnikov G. L. 1937: Proishoždenie uglej i nefti, izd. AN SSSR, 611 s, Moskva.
5. International Classification of Hard Coals by Type (1956). Nations Unies, Secretariat de la CEE, Geneve, 1956.
6. Stach's Textbook of Coal Petrology, Berlin–Stuttgart, 1975.
7. Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie, 2 Ausg. 1963.
8. Alpern, B., 1981: Pour une classification synthetique universelle des combustibles solides. Bull. Centres Rech. Explor. Prof. Elf–Aquitaine, 5,2,271–290, Pau.
9. Alpern B., 1979: Essai de classification des combustibles fossiles solides. Publ.techn. Charb. de France, 3. 195–210.
10. Mc Cartney J., Teichmüller M., 1972: Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component. Fuel, 51, Jan. 64–68.
11. Krevelen D. E. Van Schuyer, J., 1957: Coal Science. Elsevier, 352 p., Amsterdam.
12. Kötter K., 1960: Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung, Brennst. – Chemie 41, 263–272.
13. Ugol'nye basejny i mestoroždenija stran členov SEV i SFRJ. – Stalna komisija za geologiju SEV-a, Moskva, 1984.
14. Kamneva A. I., 1974: Himija gorjučih iskopaemyh. – „Himija", Moskva.

15. Eremin I., Košina M., 1976: New classification of hard coals. Doc. ICCP, March, 1976, Newcastle.

16. Plehanov V., Egorov K., Baibekov K., 1975: On the unified industrial classification of soviet coals. – Coke Chem, USSR, 10, 8–10, 9–11.

17. International codification system for medium and high rank coals., Economic Commission for Europe (ECE/Coal/115) Geneva, United Nations, New York, 1988.

SUMMARY

New Genetic–Industrial Classification of Medium and High Rank Coals

The existing medium and high rank coals classifications do not include all necessary parameters required for gaining an insight into possibilities for adequate coal utilization in industry. This means that the parameters defining the petrographic composition, degree of carbonization and grade have not been sufficiently united in them. On the initiative of European Economic Commission and in cooperation with the International Coal Committee (ICCP), a new genetic–industrial classification of medium and high rank coals was developed in 1988, that most suitably defines coal substance of different origin and grade. For this reason, this classification will find practical application worldwide in geological and chemico–technological evaluation of such coals.

ZUSAMMENFASSUNG

Die neue genetisch–industrielle Klassifizierung der Kohle mittleren und hohen Rang

Die bestehende Klassifizierung der Kohle mittleren und hohen Rang haben nicht alle nötige Parameter für ermessen der übereinstimmende Nutzung in der Industrie enthalten. Dass heisst dass in diesem ausreichend nicht alle Parameteren difiniert sind mit welchen man die petrografische Zusammenstellung, die karbonifikation und die Güte vereinigt. Auf die Initiative der wirtschaftliche ökonomische Kommission Europe und mit der Mitarbeit dem Internationalen Kohlenkomitet (ICCP) gebildet im 1988. jahre und der neuen Klasifikation der mittleren und hohen Rang, dass am nützlichster Art die Kohlensupstanz verschiedener Anwendung und Güte definiert. Aus diesem Grund sie wird ihre praktische Anwendung in der Welt in geologischer und hemisch–technologischer Veredlung dieser Kohlen finden.

РЕЗЮМЕ

Новая генетическо-промышленная классификация углей среднего и высокого качества

Существующие классификации углей среднего и высокого качества не содержат все необходимые параметры для замечания возможности соответственного использования углей в промышленности. Это значит, что в тех классификациях не участвуют все параметры, которые определяют петрографический состав, степень углефикации и качество. На предприимчивание Эвропейской экономической комиссии и при сотрудничестве с Международным комитетом за уголь, выработана 1988 года новая генетическо-промышленная классификация углей среднего и высокого качества, которая целесообразно определяет угольное вещество различного происхождения и качества. По причине этого, она наидет свое практическое применение в мире при геологическом и химическо-технологическом использованию этих углей.

Autori: prof. dr Marko Ercegovac i prof. dr Radivoje Cvetičanin, Rudarsko–geološki fakultet, Beograd i dipl.inž. Mira Mitrović, Beograd
Recenzent: akademik dr N.Pantić, Rudarsko–geološki fakultet, Beograd
Članak primljen 7.3.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622.693.25:662.613
Stručni rad

IZBOR LOKACIJE ZA DEPONIJU PEPELA I ŠLJAKE TERMOELEKTRANE VISKOZA,LOZNICA

(sa 4 slike)

Dinko Knežević—Milan Vlajić

Uvod

Deponija pepela i šljake za korisnika — termoelektranu predstavlja:

— u tehnološkom smislu, objekat koji ima vitalan značaj za rad termoelektrane
— u tehničkom pogledu, kompleksan građevinski objekat koji se izgrađuje sve vreme eksploatacije uz potrebu preduzimanja odgovarajućih tehničkih mera i nekoliko godina po dovršetku eksploatacije
— u ekonomskom smislu, to je objekat koji u svim uslovima odnosi novac, odnosno poskupljuje krajnji proizvod — električnu energiju.

U skladu sa ovim, interes je termoelektrane da deponija bude locirana što bliže, da obezbedi apsolutnu sigurnost za stalan smeštaj pepela i dužinu deponovanja minimalno 15—20 godina, da eksploatacija bude tehnički što prostija, što sve uslovljava najmanja ulaganja kako u početnoj fazi formiranja deponije tako i tokom njene eksploatacije.

Za grad i stanovništvo, u čijoj se okolini nalazi, deponija predstavlja:

— (najčešće) ruglo u estetskom pogledu
— potencijalnu opasnost usled klizanja deponovanog materijala
— potencijalni izvor zagađenja vazduha sitnim česticama pepela i bunarske vode raznim rastvornim hemijskim supstancama.

Dakle, u skladu sa ovim oprečnim mišljenjima o deponiji potrebno je razmotriti i odabrati najpovoljniju lokaciju. Problem postaje još kompleksniji kada je termoelektrana locirana u širem centru grada, a celo područje je visoko urbanizovano i gusto naseljeno.

Upravo svi ovde navedeni uslovi postoje kod izbora lokacije za formiranje deponije pepela i šljake iz industrijske termoelektrane SOUR Viskoza.

Termoelektrana SOUR Viskoza, čija je snaga 55 MW, kao gorivo troši lingit iz Banovićkog ugljenog basena. Godišnje se u vidu pepela i šljake izdvoji oko 120.000 tona neorganske jalove supstance.

Proces otpepeljavanja, transporta i deponovanja vrši se hidraulički. Sadašnja deponija je locirana u blizini termoelektrane. Radi se o privremenom, tehnički neuređenom prostoru na kojem se deponovanje vrši već desetak godina uz mnogo improvizacije i bez jasne koncepcije formiranja uređene deponije.

Generalnim urbanističkim planom grada Loznice područje koje zauzima sadašnja deponija predviđeno je za druge, manje. Istovremeno je predviđeno dislociranje nove trajne deponije van granice GUP-a. Kao potencijalne, predložene su tri lokacije — Bojića Ada, Jazišta i Antonići.

Osnovne karakteristike pepela i šljake

Pepeo i šljaka predstavljaju veoma fino usitnjeni materijal (tablica 1) sastavljen uglavnom od silicijum dioksida i kalcijum oksida (tablica 2). Interakcijom pepela i vode dolazi do hemijske reakcije vezivanja vode. Proces vezivanja zavisi kako od sastava pepela tako i od zasićenosti vode jonima Ca i Mg, kao i od učešća minerala cementa. Ispitivanjima je pokazano da na ubrzanje procesa vezivanja veoma povoljno deluje rad sa povratnom vodom.

Granulometrijski sastav

Tablica 1

Klasa krupnoće, mm	Masa, %	Masa kumulativno, %	
		odsev	prosev
+ 0,208	1,35	1,35	100,00
– 0,208 + 0,147	4,06	5,41	98,65
– 0,147 + 0,104	5,70	19,11	94,59
– 0,104 + 0,074	8,26	19,37	88,89
– 0,074 + 0,053	12,32	31,69	80,63
– 0,053 + 0,037	8,46	40,15	68,31
– 0,037 + 0	59,85	100,00	59,85
Suma	100,00	–	–

Hemijski sastav

Tablica 2

Komponenta	Učešće, %
SiO_2	33,79 – 41,43
Al_2O_3	14,41 – 18,23
Fe_2O_3	7,42 – 8,91
MnO	0,09 – 0,12
MgO	2,07 – 2,40
CaO	23,98 – 32,94
Na_2O	0,22 – 0,29
K_2O	0,63 – 0,90
TiO_2	0,40 – 0,46
SO_3	0,28 – 2,10

Deponovana masa očvršćava u vremenskom intervalu od 3 do 15 dana čineći veoma stabilnu stensku masu. Naknadnim kvašenjem i potapanjem u vodu ne dolazi do razgradnje stene, već ona ostaje stabilna i vezana.

Ovo je veoma povoljna osobina sa aspekta obezbeđenja statičke stabilnosti nasipa i deponije. Istovremeno, ovakvo ponašanje pepela u kontaktu sa vodom određuje i principe deponovanja koje mora biti u potpunosti podređeno obezbeđenju uslova za formiranje stenske mase.

Ovakve osobine pepela su glavni razlog da je i postojeća hidraulički neuređena deponija veoma stabilan objekat formiran sa uglom nagiba kosine od oko 45° čak i sa delovima deponije koji stoje pod negativnim nagibom.

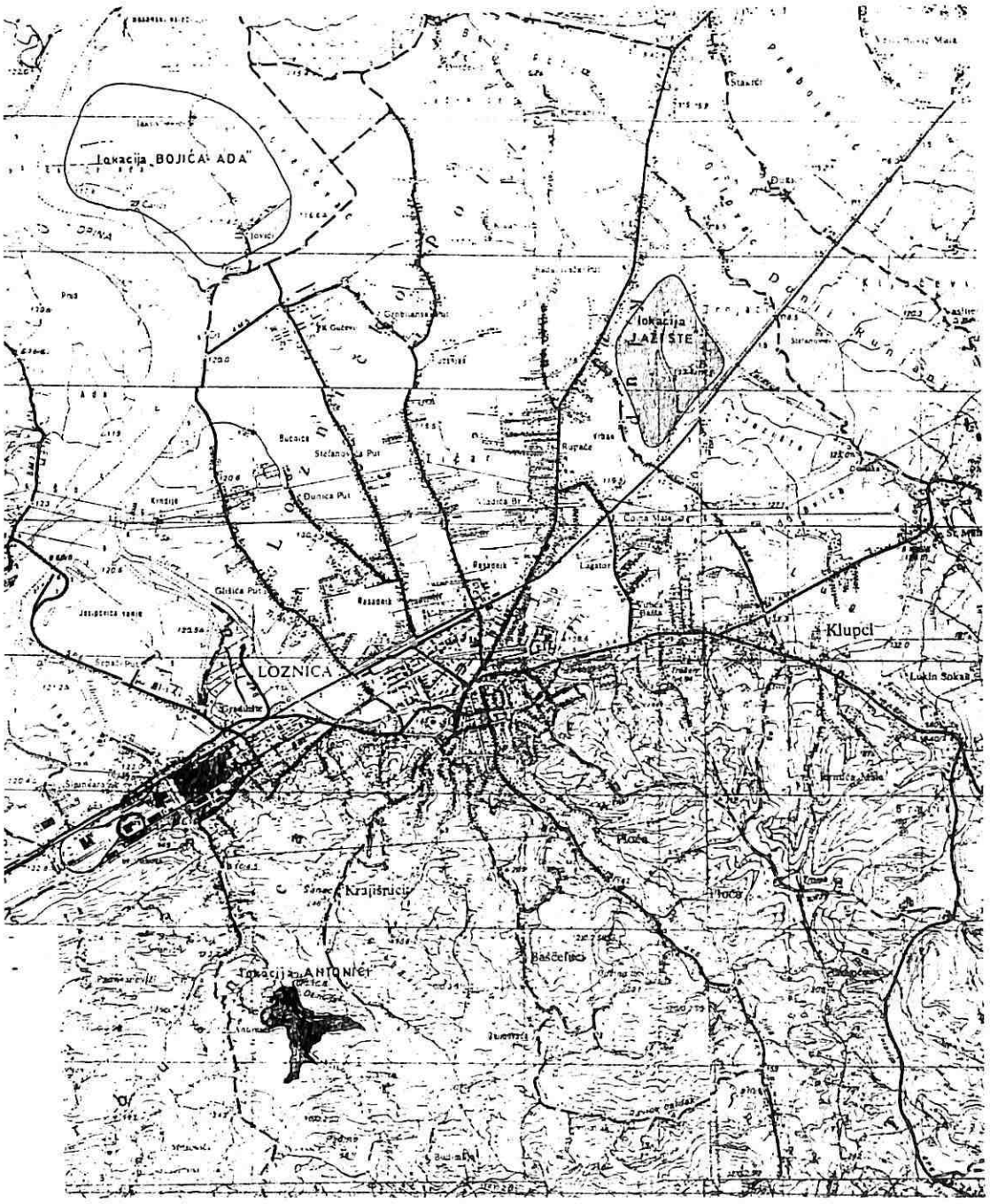
Prikaz lokacije Bojića Ada

Bojića Ada se nalazi neposredno uz desnu obalu reke Drine. U geološkom pogledu, područje ade je izgrađeno od peskovito–šljunkovitog materijala. U hidrogeološkom pogledu, materijal koji sačinjava adu ima izvanredno visoku vodopropustljivost, nivo podzemnih voda je vrlo visok i ostvaruje se bliska uzajamna veza između površinskog vodotoka reke Drine i podzemnih voda. U vreme visokih voda Drina prihranjuje podzemlje ade, a u doba niskih voda Drina ima drenažnu ulogu.

U području Bojića Ade nije izrađen nasip uz reku Drinu za zaštitu zaleđa od poplava, tako da se ovo područje redovno plavi. Sa stanovišta termoelektrane, bitno je istaći veoma značajnu udaljenost deponije koja, transportnom linijom cevovoda, iznosi oko 7000 metara. Da bi se na terenu Bojića Ada formirala deponija sa minimalnim negativnim uticajem na okolinu, neophodno je celokupni teren koji bi deponija zauzela obložiti vodonepropusnom plastičnom folijom koja sprečava kontakt voda iz deponije i podzemnih voda. Da bi se sprečilo zagađenje Drine prelivnom vodom iz taložnog jezera, neophodno je zatvoriti ciklus industrijske vode tako da se prelivna voda vraća u elektranu i koristi u narednim transportnim ciklusima.

Problem aerozagađenja okolnog područja može se rešiti promenom tehnologije deponovanja koja podrazumeva korišćenje povratne vode i spigotsko istakanje hidromešavine. Veliki problem pri formiranju ove deponije čini visok nivo podzemne vode i površinsko plavljenje terena. Da bi se deponija uopšte mogla formirati, nužno je da se izgradi odbrambeni nasip uz Drinu radi sprečavanja plavljenja terena, a da bi se podzemne vode održavale na nivou koji je za 0,5–1,0 m ispod nivoa originalnog terena, nužno je formiranje hidrauličke zavese pomoću bunara.

Bunari bi bili snabdeveni pumpama i imali bi zadatak da održavaju zadani nivo podzemnih voda u području deponije. Sve predviđene mere zaštite deponije od uticaja Drine i podzemnih voda, te zaštita okoline i voda u okolini od negativnog

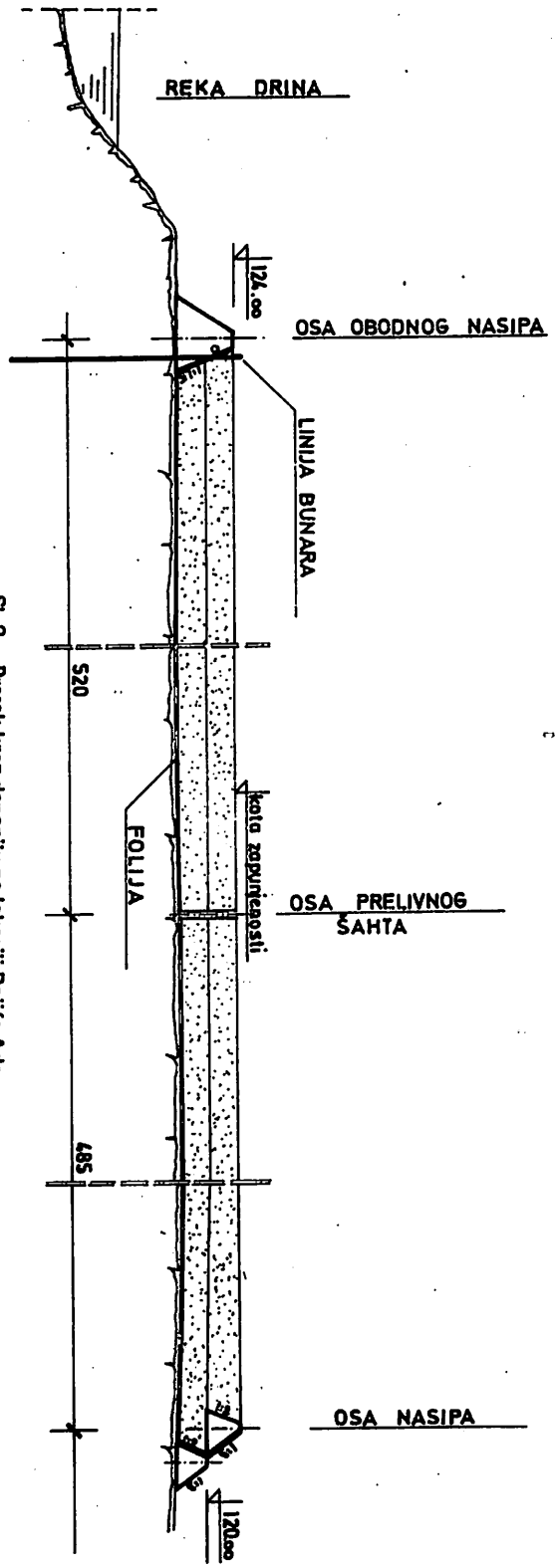


Sl. 1 – Situaciona karta

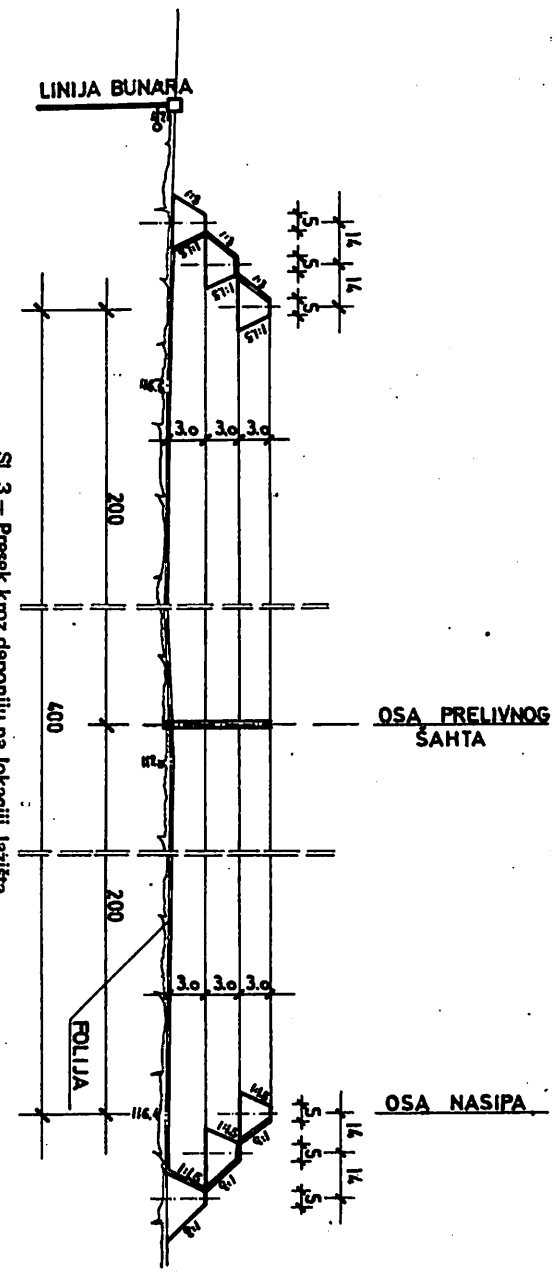
uticaja deponije, kao i dugi transport hidromešavine i povratne vode čine ovu lokaciju investicijski veoma skupom. Istovremeno, neophodnost stalnog rada velikog broja bunara čini da su i eksploatacioni troškovi (radna snaga, energija, potrošni delovi) izrazito visoki.

Prikaz lokacije Jazišta

Druga od potencijalnih lokacija nazvana Jazišta smeštena je severoistočno od termoelektrane. Udaljenost od termoelektrane merena transportnom linijom je oko 6500 m.



Sl. 2 – Presek kroz deponiju na lokaciji Bojića Ada.



Sl. 3 – Presek kroz deponiju na lokaciji Jazišta.

U geološkom i hidrogeološkom pogledu, ova lokacija je veoma slična lokaciji Bojića Ada. Izvesnu razliku čini činjenica da se na području Jazišta povremeno pojavljuju glineni proslojci koji uslovljavaju postojanje stalnog zabarenog područja — Ivove bare. I na ovoj lokaciji nivo podzemnih voda je visok, a glavno prihranjivanje podzemlja i njegovo dreniranje direktno je uslovljeno stanjem reke Drine uprkos njene udaljenosti od oko 3000 m. Udaljenost reke Drine umnogome olakšava odbranu deponije.

Formiranje deponije na lokaciji Jazišta nije uslovljeno izradom zaštitnog drinskog nasipa, a odbrana od visokog nivoa podzemnih voda je lakša nego na lokaciji Bojića Ada.

Ugradnja bunara je neophodna, ali je njihov broj manji, a međusobna udaljenost praktično maksimalna za uspostavljanje tzv. hidrauličke zavese.

Transport kroz centar grada Loznice je uslovio neophodnost ukopavanja cevovoda, odnosno njihovo postavljanje u plitko ukopani betonski kanal. Dug podzemni transport i predviđene kompleksne mere zaštite okoline i voda uslovili su da formiranje deponije na ovoj lokaciji čini značajan investicioni poduhvat. Troškovi eksploatacije bi bili takođe značajni, ali nešto niži od troškova deponovanja na Bojića Adi.

Prikaz lokacije Antonići

Treća lokacija Antonići nalazi se na obroncima Gučeva. Teren predviđen za deponiju čine dve planinske doline kroz koje protiču potoci (kroz jednu stalno, a kroz drugu povremeno). Dolinske strane su skoro simetrične i imaju promenljiv nagib po visini (od 7–12° u gornjim delovima do 25–35° pri dnu). Područje izgrađuju kredni i kvartarni sedimenti. Kredni sedimenti su predstavljeni peščarima, konglomeratima, glincima i moćnim sekvencama krečnjaka.

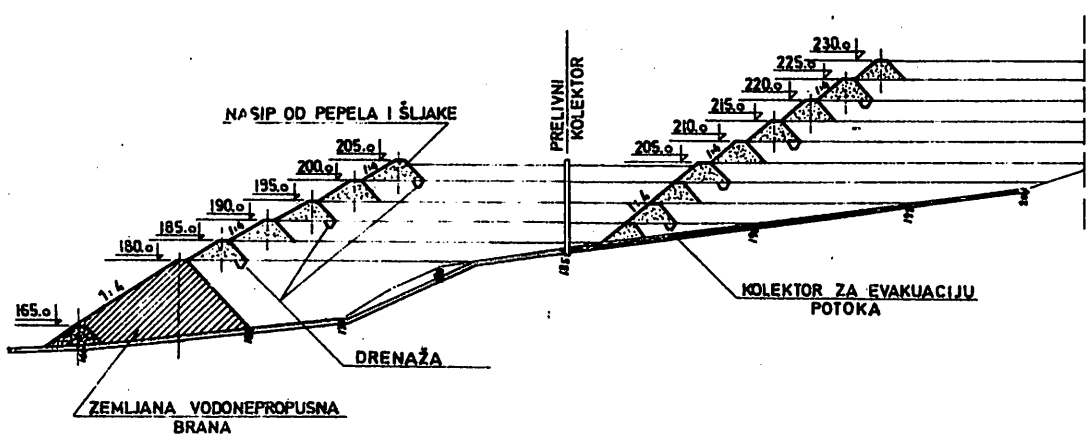
Kvartarni sedimenti su predstavljeni deluvijalnim glinama, peskovitim glinama i glinama sa drobinom peščara, konglomerata i ređe krečnjaka. Područje Antonića karakteriše i pojava aktivnih klizišta (nastalih poslednjih godina) u nepošumljenim delovima.

Lokacija Antonići je najbliža termoelektrani (oko 2000 m) i ne zauzima ziratno zemljište.

Transport povratne vode je gravitacijski čime se, u odnosu na ostale dve lokacije, značajno umanjuju troškovi i pojednostavljuje tehnologija rada.

Teren ima slabu vodopropustljivost tako da nije potrebna posebna obrada terena i njegovo oblaganje vodonepropusnim folijama.

Kroz dolinu protiču potoci koje je neophodno kaptirati pre deponije i nezagađene izvesti iz područja koje deponija zauzima. Za zaštitu deponije od slivnih voda predviđena je izrada obodnog kanala.



Sl. 4 — Podužni presek deponije na lokaciji Antonići.

Poređenje lokacija

Da bi se odlučilo koja lokacija je najpovoljnija za formiranje deponije potrebno je sve tri lokacije proanalizirati sa tehničkog, ekonomskog, urbanističkog i ekološkog aspekta.

Sa tehničkog aspekta, moguće je formiranje deponija na svim predloženim lokacijama. Izvesna prednost se može dati lokaciji Antonići, s obzirom da se formira u planinskom terenu gde je slaba vodopropustljivost. Od Jazišta i Bojića Ade tehnički je nešto povoljnija lokacija Jazišta, jer je prostija zaštita deponije od površinskih i podzemnih voda.

Važan tehnički element je transport hidromešavine i povratne vode. Za sve tri lokacije je karakteristično da traže rekonstrukciju bager–stanice. Transport do Antonića je najkraći, a povratna voda se može transportovati gravitacijski. Druge dve lokacije su udaljene i transport povratne vode mora biti prinudan. Sa aspekta transporta područje Antonića je najpovoljnije.

Dakle, s tehničkog aspekta, lokacija Antonića najviše odgovara.

S ekonomskog aspekta je situacija jasna, jer je formiranje deponije upola jeftinije na lokaciji Antonići u odnosu na druge dve lokacije.

S urbanističkog aspekta, treba konstatovati da se sve tri lokacije nalaze van granica GUP-a Loznice. Međutim, perspektivni razvoj Loznice odvija se u pravcu Jazišta, tako da je ova lokacija u tom pogledu nepodesna. Lokacija Bojića Ada se nalazi u području GUP-a označenom kao „rezervna severna radna zona" što znači da ni lociranje deponije u ovom području nije poželjno. Sa urbanističkog stanovišta nema prepreka da se deponija locira u Antonićima.

Sa ekološke strane gledišta, deponija na lokaciji Antonići je smeštena u slabo naseljenom području čime se uticaj na zagađenje stanovništva česticama pepela ili zagađenje vode može zanemariti. Međutim, ne sme se zanemariti da se Antonići nalaze iznad grada i Viskoze tako da bi svaka eventualna havarija direktno ugrozila i fabrike i stanovništvo. Na sreću, veoma povoljne karakteristike pepela, izražene kroz formiranje stabilne stene u kontaktu sa vodom, omogućuju izgradnju sigurne deponije uz preduzimanje uobičajenih ineženjersko–tehničkih mera.

Lokacija Bojića Ada s ekološkog aspekta može imati negativno dejstvo na podzemne vode i time zagađenje vode Drine. Eventualna havarija bi sigurno dovela do zagađenja reke. S obzirom da je Bojića Ada u odnosu na Loznicu nizvodno, to je negativni ekološki uticaj na grad Loznicu manje izražen u odnosu na mesta i gradove nizvodno od Loznice.

Lokacija Jazišta je smeštena unutar naseljenog mesta i ekološki ugrožava to područje. Eventualna havarija bi ugrozila deo grada, ali bi širi uticaj bio daleko manji nego kod prethodnih dveju lokacija.

Dakle, u normalnim radnim uslovima ekološki je najpovoljnija lokacija Antonići, ali u akcedentnim situacijama (posmatrano sa šireg područja, a ne samo sa područja grada Loznice) najmanji negativni uticaj može se očekivati lociranjem deponije na lokaciji Jazišta.

Zaključak

Posmatranjem predloženih lokacija sa tehničkog, ekonomskog, urbanističkog i ekološkog stanovišta može se zaključiti da je najpovoljnije mesto za lociranje deponije pepela i šljake na lokaciji Antonići. Pri ovome je bitno preduzeti sve tehničko–tehnološke mere kako bi se negativni uticaj deponije u akcedentnim stanjima eliminisao.

Literatura

1. Studija izbora najpovoljnije lokacije za deponovanje pepela i šljake iz termoelektrane SOUR „Viskoza", Rudarski institut, 1988, Beograd.

2. Knežević D., 1988: Deponovanje pepela u vidu guste hidromešavine. – Elektroprivreda 3–4, Beograd

3. Votruba L., 1984: Odkaliště, České vysoke učeni technicke, Prag.

SUMMARY

Selection of the Location for Thermal Power Generating Plant Viskoza – Loznica Ash and Slag Disposal Area

The paper considers the problem of selecting the location of the ash and slag disposal area of the industrial electric power generating plant Viskoza, Loznica. A special expert commission suggested three locations in the broader urban area. Two locations are in the plains flooded town area, 6.5 to 7.0 km far from the power plant, and one in the hilly, lesser inhabited part, about 2.0 km far. The advantages and shortcomings of each location were considered from the technical, economic, urbanistic and ecological aspects. A specific analysis was made of disposal area impact on the closer and broader surroundings in accidental situations. The hilly area nearest to the power generating plant was selected for the new disposal area on the basis of above analysis.

ZUSAMMENFASSUNG

Standortauswahl für die Aschenhalde und Schlackenhalde des Thermokraftwerkes Viskoza, Loznica

Im Artikel wird das Problem der Standortsauswahl für die Ascen–und Schlacken–Halde am Beispiel des industriellen Thermokraftwerkes Viskoza, Loznica erötert.

Besondere Fachmannskommission hat drei Standorten im weiterem Stadsbereich vorgeschlagen. Zwei Standorte sind im ebenem überschwemmtem teil der Stadt, mit einer Entfernung von 6,5 – 7,0 km vom Kratwerk, und eine ist im gebirgiben schwächer bevölkertem Teil in der Entfernung von cca 2,0 km. Die Vorteile und Mängel aller diesen Standorte sind tretiert aus technischem, ekonomischem, urbanistischem und ekologischem Gesichtspunkt. Extra ist analisiert der Einfluss der Halde zur engere und weitere Umgebung bei akzedenter Situation. Auf Grund aller Analysen der neue Halde ist ein gebirgiges Bereich zur neuen Halde die am nächsten zum Kraftwerk ist gewählt.

РЕЗЮМЕ

Выбор местности для складирования золы и шлака ТЭС Вискоза, Лозница

В статье расматривается проблема выбора местности для складирования золы и шлака на примере промышленной ТЭС Вискоза, Лозница. Отдельная комиссия специалистов предлагала три местности, находящиеся на широй территории города. Две из местности находятся в равнинной заплавленной части города, дальность которых от ТЭС составляет 6,5–7,0 км, а одна местность находится в холмистой, менее населенной части, дальность которой от ТЭС составляет около 2 км. Преимущества и недостатки всакой из этих местностой расматривается с технической, экономической, урбанистической и экологической точки зрения. Отдельно анализировано влияние отвала на окрестность в хаварийних ситуациях. На основе всех анализ, как новый отвал выбрана холмистая область, дальность которой от ТЭС найменьшая.

Autori: dipl.inž. Dinko Knežević i Milan Vlajić, građ. tehn., Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. Lj.Košutić, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 27.2.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622.332 „Gacko": 543
Prethodna saopštenja

UTICAJ NEKIH MINERALNIH MATERIJA NA HEMIJSKE OSOBINE UGLJA GATAČKOG BASENA

Andrijana Bužalo

Uvod

Pojedine elektrane koriste ugljeve koji u procesu sagorevanja zbog hemijskog sastava pepela imaju određene uticaje na rad kotla.

Ispitivanje uzoraka, koji sagorevanjem formiraju naslage na cevima u kotlovskom ložištu naročito oko gorionika, pa se time otežava rad, veoma je važno. Posledica formiranja naslaga je smanjenje trajanja rada kotla, a što je veoma bitno i smanjenje emitovanih toplotnih efekata koji su neophodni za rad elektrana.

Pri sagorevanju čvrstog goriva na grejnim površinama kotla se obrazuju naslage pepela. One u znatnoj meri mogu da umanje temperaturu u kotlu, jer predstavljaju otpor pri prenosu toplote od proizvoda sagorevanja na grejne površine, a istovremeno menjaju i karakteristike prijemnika toplote.

Zato često dolazi do teškoća koje za posledicu imaju ograničavanje snage, kao i vremena rada što direktno utiče na pogonsku spremnost elektrane.

Rešenje ovog problema ima veliki značaj kako u pogledu sigurnosti energetskih objekata tako i u pogledu ekonomičnosti.

Formiranje naslaga je složeni proces koji uslovljavaju razni postojeći uticaji, koji se mogu podeliti u dve grupe:

— jedni, koji su vezani za fizičko—hemijske karakteristike goriva, sa naročitim osvrtom na njegov mineralni deo

— drugi su vezani za sam proces sagorevanja, uključujući toplotne karakteristike ložišta.

U daljem izlaganju biće prikazani uticaji fizičko—hemijskih osobina uglja iz ležišta Gacko na procese sagorevanja.

Karakteristike kvaliteta uglja Gatačkog basena

Gatački ugljeni basen po svom prostranstvu zahvata celo Gatačko polje gde preko mezozojskih i delom paleogenih tvorevina leži njegova ugljonosna serija. Tu su prisutni, uglavnom, glivnovito—laporoviti sedimenti slatkovodnog karaktera sa slojevima lignita. Kvalitet uglja po pojedinim ugljenim slojevima se razlikuje relativno malo, što se može zaključiti i za kvalitet ugljene materije u slojevima. Zajednička karakteristika im je prisustvo sivih trošnih laporaca, od krečnjačkih lapora do laporovitih krečnjaka.

Ovakav kvalitet uglja ima znatan uticaj na proces sagorevanja. Smanjenje toplotnog efekta ovog goriva uslovljeno je prisustvom visokog sadržaja ugljen dioksida, što proizilazi iz eksperimentalno dobijenih podataka, da pepeli ugljeva Gatačkog basena imaju visok sadržaj kalcijum oksida.

Rezultati laboratorijskih ispitivanja i način njihove obrade

Ovde će biti izloženi rezultati laboratorijskih ispitivanja nekoliko uzoraka uglja iz Gatačkog basena koji omogućavaju dobijanje potpunije slike o njegovom ponašanju pri sagorevanju. Na osnovu

ovih rezultata mogu se izvesti zaključci za vođenje procesa, kao i izmene u postojećim postrojenjima, kako bi se ublažili negativni efekti ponašanja mineralne mase goriva.

Prema strukturi, naslage pepela od sagorelog uglja po hemijskom sastavu mogu biti alumosilikatne, alkalno i zemnoalkalno vezane, sulfatne, fosfatne ili neke druge.

Prikaz hemijskih analiza pepela nekih uzoraka uglja iz Gatačkog basena, izvršenih u Rudarskom institutu – Beograd, dat je u tablici 1.

Tablica 1

Komponenta	Sadržaj, %		
	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3
SiO_2	11,94	7,02	5,28
Fe_2O_3	0,63	2,45	1,33
Al_2O_3	3,05	1,61	2,64
CaO	72,87	77,82	81,40
MgO	1,93	1,96	1,25
SO_3	8,78	8,51	7,86
P_2O_5	0,20	0,08	0,08
TiO_2	,0,17	0,14	0,04
Na_2O	0,07	0,04	0,03
K_2O	0,28	0,21	0,04
Ukupno	99,92	99,84	99,95

Kod sva tri uzorka uočava se visok sadržaj CaO, koji uslovljava i visok % karbonatnog CO_2, uglavnom znatno veći od 2%, sračunato na ukupnu vlagu. Taj podatak povlači obavezno korigovanje svih onih veličina koje su dobijene primenom JUS–a za ocenu kvaliteta ugljeva. Korekcije su primenjene za dobijeni sadržaj ugljenika, isparljivih, sagorljivih materija i dobijene gornje toplotne vrednosti.

Napominje se da je sadržaj karbonatnog CO_2 u uglju određivan gasno–volumetrijskom analizom

Pored prikazanih hemijskih analiza pepela od uglja, navedeni uzorci uglja Gacko obrađivani su na način dat u postojećim jugoslovenskim standardima, po kojima tehnička analiza uglja obuhvata određivanje: grube vlage, analitičke vlage, sadržaja pepela, sagorljivih materija u uzorku, isparljivih materija, neisparljivog ugljenika (C fix), koksnog ostatka, ukupnog, vezanog i sagorljivog sumpora i toplotne moći goriva. Pored tehničke analize pomenutih uzoraka uglja, vršena je i njihova elementarna analiza, koja obuhvata određivanje C, H, N i O.

Pregled navedenih analiza, takođe vršenih u Rudarskom institutu – Beograd, dat je u tablicama 2, 3 i 4.

Visok sadržaj ugljen dioksida upućuje na neophodnost vršenja korekcije prvenstveno na dobijene vrednosti sadržaja ugljenika, a po sledećoj formuli:

$$C^a_{kor.} = C^a - 0{,}273\, CO^a_2$$

gde je:

C^a – sadržaj dobijenog C u analitičkom uzorku, %

CO^a_2 – sadržaj CO_2 – karbonatnog u analitičkom uzorku, %.

Korekcija vrednosti za isparljive materije obračunava se po formuli:

$$I^a_{kor.} = I^a - CO^a_2 + CO^a_2 + CO^a_{2k}$$

gde je CO^a_{2k} sadržaj karbonatnog CO_2 u analitičkom uzorku koksa, koji je zanemarljiv pod uslovima koksovanja, te se gornji obrazac svodi na:

$$I^a_{kor.} = I^a - CO^a_2$$

Gornja toplotna moć, određivana u kalorimetarskoj bombi, koriguje se po formuli:

$$H^a_{g\,kor.} = Hg^a - 40{,}6\, CO^a_2$$

gde je Hg^a gornja toplotna vrednost analitičkog uzorka u kJ/kg.

Dobijene vrednosti sadržaja pepela koriguju se u odnosu na sadržaj S u uzorku, čije količine u ispitivanim uzorcima uglja Gacko ne utiču mnogo na stvarni sadržaj pepela, te se ove korekcije mogu zanemariti.

Sve pomenute korekcije zbog prisustva karbonatnog CO_2 utiču i na ostale parametre koji čine tehničku analizu uglja, a to su još:

– % sagorljivog u analitičkom uzorku ($SAG^a_{kor.}$)

$$SAG^a_{kor.} = 100 - P^a - V_{AA} - CO^a_2$$

gde je V_{AA} = analitička vlaga u uzorku

$$- C^a_{fix\ kor.} = CAG^a_{kor.} - I^a_{kor.} - S^a_{sag.}$$

UZORAK 1

Tehnička analiza

Tablica 2

	Sa dostavnom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	40,93	7,03		
Pepeo, %	17,83	29,07	30,19	
Sumpor ukupni, %	0,74	1,17	1,26	
Sumpor u pepelu, %	0,63	0,99	1,06	
Sumpor sagorljiv, %	0,11	0,18	0,20	0,29
Koks, %	31,28	49,24	52,96	32,62
C–fix, %	13,45	21,17	22,77	32,62
Isparljivo, %	27,79	43,73	47,04	67,38
Sagorljivo, %	41,24	64,90	69,81	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/kg	8673	13648	14683	21034
donja, kJ/kg	7314	12824	13971	20017
CO_2, %	8,03	12,64	13,60	

Elementarna analiza

Ugljenik ukupni, %	24,02	37,80	40,65	58,23
Vodonik, %	2,04	3,21	3,45	4,94
Sumpor sagorljiv, %	0,11	0,18	0,20	0,29
Azot i kiseonik, %	15,07	23,71	25,51	36,54

UZORAK 2

Tehnička analiza

Tablica 3

	Sa dostavnom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	41,79	11,00		
Pepeo, %	16,75	25,61	38,78	
Sumpor ukupni, %	0,62	0,95	1,07	
Sumpor u pepelu, %	0,57	0,87	0,98	
Sumpor sagorljiv, %	0,05	0,08	0,09	0,13
Koks, %	29,95	45,79	51,45	31,83
C–fix, %	13,20	20,18	22,67	31,83
Isparljivo, %	28,26	43,21	48,55	68,17
Sagorljivo, %	41,46	63,39	71,22	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/mg	8558	13088	14704	20645
donja, kJ/kg	7176	12187	13980	19627
CO_2, %	8,06	12,33	13,85	

Elementarna analiza

Ugljenik ukupni, %	23,51	35,94	40,38	56,70
Vodonik, %	2,05	3,13	3,52	4,94
Sumpor sagorljiv %	0,05	0,08	0,09	0,13
Azot i kiseonik, %	15,85	24,24	27,23	38,23

UZORAK 3

Tehnička analiza

Tablica 4

	Sa dostavnom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlge i pepela
Vlaga, %	40,23	8,78		
Pepeo, %	18,63	28,43	31,17	
Sumpor ukupni, %	0,66	1,00	1,10	
Sumpor u pepelu, %	0,58	0,89	0,97	
Sumpor sagorljiv, %	0,08	0,11	0,13	0,19
Koks, %	30,84	47,07	51,60	29,68
C—fix, %	12,21	18,64	20,43	29,68
Isparljivo, %	28,93	44,15	48,40	70,32
Sagorljivo, %	41,14	62,79	68,83	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/kg	8202	12522	13724	19937
donja, kJ/kg	6870	11698	13041	18945
CO_2, %	9,86	15,06	16,51	

Elementarna analiza

Ugljenik ukupni, %	23,64	36,08	39,56	57,47
Vodonik, %	1,98	3,03	3,32	4,83
Sumpor sagorljiv, %	0,08	0,11	0,13	0,19
Azot i kiseonik, %	15,44	23,57	25,82	37,51

odnosno

$$C^a_{fix\ kor.} = SAG^a_{kor.} - I^a_{kor.}$$

jer se $S^a_{sag.}$ može zanemariti

— koksni ostatak koriguje se po formuli:

$$K^a_{kor.} = C^a_{fix\ kor.} + P^a + \frac{CO^a_{2\ k} \cdot K}{100}$$

odnosno

$$K^a_{kor.} = C^a_{fix\ kor.} + P^a$$

zbog zanemarljivog sadržaja $CO^a_2 K$

Posle izvršenih svih navedenih korekcija dobijena je umnogome izmenjena slika tehničke i elementarne analize ispitivanih uzoraka, prikazana u tablicama 2a, 3a i 4a.

Kako se iz izloženog uočava da su sve korekcije vršene na vrednosti za analitički uzorak, pri preračunavanju svih dobijenih veličina sa uzorka sa analitičkom vlagom na uzorak sa dostavnom vlagom, korišćen je koeficijent:

$K = 100 - Vu/100 - V_{AA}$

gde je Vu – ukupna vlaga

Za preračunavanje dobijenih veličina sa uzorka sa analitičkom vlagom na uzorak bez vlage koristio se koeficijent:

$K = 100/100 - V_{AA}$

a na uzorak bez vlage i pepela – koeficijent:

$K = 100/100 - V_{AA} - Pa - CO_2^a$

UZORAK 1

Tehnička analiza

Tablica 2a

	Sa dostavnom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	40,93	7,03		
Pepeo, %	17,83	28,07	30,19	
Sumpor ukupni, %	0,74	1,17	1,26	
Sumpor u pepelu, %	0,63	0,99	1,06	
Sumpor sagorljiv, %	0,11	0,18	0,20	0,36
Koks, %	31,28	49,24	52,96	40,51
C–fix, %	13,45	21,17	22,77	40,51
Isparljivo, %	19,75	31,09	33,44	59,49
Sagorljivo, %	33,20	52,26	56,21	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/kg	7310	11501	12372	22010
donja, kJ/kg	5949	10676	11660	20745
CO_2, %	8,03	12,64	13,60	

Elementarna analiza

Ugljenik ukupni, %	17,46	27,48	29,56	52,59
Vodonik, %	2,04	3,21	3,45	6,14
Sumpor sagorljiv, %	0,11	0,18	0,20	0,36
Azot i kiseonik, %	13,59	21,39	23,00	40,91

UZORAK 2

Tehnička analiza

Tablica 3a

	Sa dostavom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	41,79	11,00		
Pepeo, %	16,75	25,61	28,78	
Sumpor ukupni, %	0,62	0,95	1,07	
Sumpor u pepelu, %	0,57	0,87	0,98	
Sumpor sagorljiv, %	0,05	0,08	0,09	0,16
Koks, %	29,95	45,79	51,45	39,52
C–fix, %	13,20	20,18	22,67	39,52

Isparljivo, %	20,20	30,88	34,70	60,48
Sagorljivo, %	33,40	51,06	57,37	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/kg	7188	10990	12346	21520
donja, kJ/kg	5807	10090	11622	20255
CO_2, %	8,06	12,33	13,85	
Elementarna analiza				
Ugljenik ukupni, %	21,30	32,57	36,60	63,80
Vodonik, %	2,05	3 13	3,52	6,13
Sumpor sagorljiv, %	0,05	0,08	0,09	0,16
Azot i kiseonik, %	10,00	15,28	17,16	29,90

UZORAK 3

Tehnička analiza

Tablica 4a

	Sa dostavnom vlagom	Sa vlagom u analitič. uzorku	Bez vlage	Bez vlage i pepela
Vlaga, %	40,23	8,78		
Pepeo, %	18,63	28,43	31,17	
Sumpor ukupni, %	0,66	1,00	1,10	
Sumpor u pepelu, %	0,58	0,89	0,97	
Sumpor sagorljiv, %	0,08	0,11	0,13	0,25
Koks, %	30,84	47,07	51,60	39,05
C–fix, %	12,21	18,64	20,43	39,05
Isparljivo, %	19,06	29,09	31,89	60,95
Sagorljivo, %	31,27	47,73	52,32	100,00
TOPLOTA SAGOREVANJA GORIVA				
gornja, kJ/kg	6527	9964	10923	20879
donja, kJ/kg	5196	9140	10241	19573
CO_2, %	9,86	15,06	16,51	
Elementarna analiza				
Ugljenik ukupni, %	20,95	31,97	35,05	66,99
Vodonik, %	1,98	3,03	3,32	6,35
Sumpor sagorljiv, %	0,08	0,11	0,13	0,25
Azot i kiseonik, %	8,26	12,62	13,82	26,41

Zaključak

Kompletna laboratorijska ispitivanja uzoraka uglja Gatačkog basena pokazala su u kolikoj meri utiču mineralne materije na ocenu kvaliteta takvog goriva. Visok sadržaj kalcijum oksida u pepelu uslovljava i znatan % karbonatnog ugljendioksida, zbog čega je bilo neophodno da se koriguju neki osnovni parametri tehničke i elementarne analize goriva.

Jedna od karakteristika, bitnih za ocenu kvaliteta uglja na koju utiče visok sadržaj CO_2 je njegova toplotna moć. Ispitivani uzorci, koji u pepelu sadrže više od 70% CaO, odnosno više od 8% karbonatnog CO_2, sračunatog na ukupnu vlagu

goriva, imaju toplotnu moć umanjenu za više od 1200 kJ/kg (takođe sračunatu na ukupnu vlagu).

Osim toplotne moći, i ostale karakteristike takvog uglja (% ukupnog C, % isparljivog, kao i % fiksnog C) morale su biti korigovane. Posledica svega toga, kao i obrazovanja naslaga u ložištima u kojima se koristi ovakvo gorivo, je smanjenje celokupne energetske efikasnosti elektrana.

Literatura

1. Kuznecov, H. Y., 1973: Teplovoj rasčet kotel'nih agregatov.

2. Abdeeva A.A., Beloselskij B. S., Krasnov M.M., 1973: Kontrol' topliva na elektrostancijah. – „Energija", Moskva.

SUMMARY

Influence of Some Mineral Materials on Gacko Basin Coal Chemical Properties

Consideration of the results of chemical analyses of the ash of fuels such as are the Gacko Basin coals indicated the necessity of solving the problems related to the process of combustion of such fuel with a high limestone content, since the coal ash mineralogical composition is an essential factor of deposits formation in the boiler furnace of the power plant. In addition, correction of basic parameters for coals with a high CO_2 content, as the tested Gacko coal samples are, has as a consequence a fully different assessment of such fuel grade compared with the expected one, particularly regarding its heating value.

ZUSAMMENFASSUNG

Einfluss einiger Mineralstoffe zur chemischen Eigenschaften der Kohle von der Becken Gacko

Ermessen der Ergebnissen von chemischer Analysen der Asche vom Brennstoff, so wie die Kohle in dem Becken von Gacko ist, weist auf die Notwendigkeit zur Lösung der Problemen die mit dem Prozess der Verbrennung solches Brennstoffes verbindet sind, dass eine hohe kalkinhalt hat, weil der mineralogische Zusammensatz der Asche von der Kohle ein wesentlicher Faktor bei dem bilden des Ansatzes im Kessellager der Energieanlage ist. Ausser diesem hat die Korrektur der Grundparameteren bei der Kohle mit hohem CO_2–Gehalt, so wie die erprobten Kohlenproben in Gacko sind, zur Folge ganz andere Beurteilung vom Qualität solcher Brennstoffe von dem erwartenem, aber vorzugsweise ihren Heizwert.

РЕЗЮМЕ

Влияние некоторых минеральных веществ на химические характеристики угля Гатачкого бассейна

Обзор результатов химических анализ золы из топлива, в том числе и углей Гатачкого бассейна, указывает на необходимость решения проблем связанных с процессом сжигания топлива с высоким содержанием извести, потому что минералогический состав золы угля представляет собой существенный фактор в формировании отложений в котельных топках энергетических блоков. Кроме того, коррекция основных параметров для углей с высоким содержанием CO_2, каковые образцы исследованного угля Гацко, дала как последствие совсем иную оценку качества такового топлива по отношение на ожидаему, а прежасходно его теплоемкость.

Autor: Andrijana Bužalo, dipl.hem., Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: A. Lazarević, dipl.hem., Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 27.2.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622.81 : 536.468
Originalni naučni rad
– Primenjeno–istraživački

ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA SAMOZAPALJIVIH I EKSPLOZIVNIH OSOBINA PRAŠINE U RUDNICIMA UGLJA SR SRBIJE SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM

(sa 13 slika)

A l e k s a n d a r Ć u r č i ć

U v o d

Posle katastrofe u rudniku Rembas–jama Strmosten utvrđeno je da je ugljena prašina jedan od faktora eksplozije u kojoj je stradalo 33 rudara.

Republička zajednica nauke Srbije finansira ovu temu za period 1986–1990. god. Prvi deo teme, koji je obrađen, predstavlja zasebnu celinu i njeni parametri koristiće se za izradu II dela, koji se odnosi na utvrđivanje intenziteta izdvajanja prašine i predlog mera zaštite.

Prikaz rezultata po godinama dat je u zasebnim izveštajima – knjigama i svaka knjiga ima i sadržaj ostalih knjiga tako da se može pratiti kontinuitet istraživanja po godinama počev od 1986. godine.

U prvoj istraživačkoj godini (1986) izrađene su dve knjige i to:

I k n j i g a koja sadrži:

– cilj i značaj istraživanja
– literaturne podatke o uticajnim parametrima na eksplozivnost prašine
– izabranu metodologiju istraživanja parametara zapaljivosti i eksplozivnosti prašine, koja je primenjena za sva ležišta i rudnike uglja sa podzemnom eksploatacijom u SR Srbiji.

II k n j i g a sadrži podatke o rezultatima istraživanja parametara samozapaljivosti i eksplozivnosti prašine za rudnik Rembas (jame: Strmosten, Jelovac, Senjski rudnik), Aleksinac – jama Morava – Južni revir i Jasenovac.

Istraživanja u drugoj istraživačkoj godini (1987) obrađena su u III k n j i z i koja sadrži:

– istraživanje eksplozivnih i samozapaljivih karakteristika prašine iz uglja i nataložene prašine za rudnike: Soko – jama Čitluk, Ibarske rudnike – jama Jarando – spušteni deo i rudnik Lubnicu.

Istraživanja u trećoj istraživačkoj godini (1988) obrađena su u IV k n j i z i, koja sadrži:

– istraživanja eksplozivnih i samozapaljivih karakteristika prašine iz uglja i prirodno nataloženih prašina za: Ibarske rudnike – jama Ušće, Aleksinac – jama Morava – Severni revir i Despotovac – jama Nova Manasija.

Od svih rezultata istraživanja za svaku jamu ili ležište odabrali smo samo po jedan uzorak prašine

dobijen iz uglja u laboratoriji i po jedan prirodno nataloženе prašine i njih prikazujemo u ovom izvodu.

Prikazani su rezultati onih uzoraka koji su imali najveću eksplozivnu karakteristiku. Za iste uzorke prikazani su i ostali parametri koji utiču na eksplozivnost i samozapaljivost prašine na vrućim površinama.

Rezultati istraživanja

Odabiranje uzoraka prašine koji su ispitivani u autoklavu vršilo se na bazi skraćenih hemijskih analiza sa sledećim parametrima: vlaga, pepeo, C_{fix}, koks, isparljive i sagorljive materije.

Izvršeno je ispitivanje 90 uzoraka, a u tablici 1 prikazani su rezultati onih uzoraka koji su pokazali najveću eksplozivnost (prašine pripremljene laboratorijski iz uglja i prirodno nataloženе prašine uzorkovane u jami).

Disperzni sastav prirodno nataloženе prašine (uzorci iz jame)

Uzorci nataloženе ugljene prašine uzimani su ručno sa stropa, bokova i podgrade jamskih prostorija prema šemi na kojoj su bila obeležena mesta za uzimanje uzoraka. Mesta su odabrana tako da reprezentuju stanje zaprašenosti duž svih jamskih prostorija u kojima se nalazi ugljena prašina. Uzorci su uzimani na površini najmanje 30 cm, po celom obimu prostorije.

Uzorci su skidani sa podgradyi bokova metlicom širokom 20 cm na lopaticu od lima ili plastike čije su dimenzije 30 x 30 cm i stavljani u plastične kese.

Hemijske karakteristike uglja iz ugljenog sloja sa vlagom i pepelom u analitičkom uzorku — Tablica 1

Rudnik	Pogon – jama	Oznaka uzorka	Naziv						Uzorak prašine
			vlaga	pepeo	koks	C fix	isparljive	sagorljive	
			učešće, %						
REMBAS – ZASTAVA	Strmosten	1: VH – 2 – R – 15 4: NP – VV – 8	17,76	12,38	43,89	31,51	38,35	69,86	iz uglja natalož.
	Jelovac	2: R – 30 1: NP – VH – 8	20,67	6 20	43,24	37,04	36,09	73,13	iz uglja natalož.
	Senjski rudnik	3: P – 33 4: NP – 22	12,75	7,37	48,42	41,05	38,83	79,88	iz uglja natalož.
ALEKSINAC	Morava Južni revir	3:K – 370 8: NP – OH – 37	5,88	8,07	54,56	46,49	39,56	86,05	iz uglja natalož.
KREPOLJIN	Jasenovac	2: O – 34 – R – O 10: NP – N – 3	16,04	7,90	41,78	33 88	42,18	76,06	iz uglja natalož.
SOKO	Čitluk	11: 141/14 kompozit	22,29 22,16	8,66 24,92	40,39 52,64	31,73 22,72	37,32 35,20	69,05 57,92	iz uglja natalož.
IBARSKI RUDNICI	Jarando Spušteni deo	5: rukom odabran 10 – 11/2	1,03 2,64	13,48 28,06	65,42 67,10	51,94 39,04	33,55 30,26	85,49 69,30	iz uglja natalož.
LUBNICA	Osojno	B – 5 iz bušotine	14,64	17,63	43,61	26,98	41,75	63,73	iz uglja natalož.
		Uzorak je iz bušotine – dubinsko bušenje							
IBARSKI RUDNICI	Ušće	U – 4 P – 10	1,85	26,05	75,25	49,61	31,83	72,28	iz uglja natalož.
ALEKSINAC	Morava Severni revir	U – U 6 U – P 7	17,46	11,01	47,33	38,24	47,94	73,45	iz uglja natalož.
DESPOTOVAC	Nova Manasija	U – 4.1 U – 3 P	33,65	13,91	36 21	24,60	55,06	54,74	iz uglja natalož.

Uzorci su u laboratoriji prosejavani kroz sito čiji je otvor 0,5 mm; zrna iznad 5 mm su odbačena.

Na svim uzorcima određen je disperzni sastav sitovom analizom, suvim odsejavanjem sitima sa brojevima od 0,025–0,071 μ prema JUS-u L.J9.C10).

Izvršeno je ispitivanje na 42 uzorka, a u tablici 2 prikazani su samo rezultati za 10 uzoraka.

Rezultati ispitivanja svih uzoraka nataložene prašine pokazali su da se uglavnom taloži fina prašina sposobna za eksploziju.

Temperatura paljenja označava minimalnu temperaturu izvora paljenja, koja može da kod momentalnog dodira upali smešu prašina–vazduh.

Princip ispitivanja sastoji se u tome, da se odredi najniža temperatura pri kojoj se pali smeša prašina–vazduh, odnosno od koje temperature treba računati da postoji opasnost od paljenja ugljene prašine. Prašina kod koje je temperatura, određivana na ovaj način, bila iznad 850°C smatra se bezopasnom u pogledu paljenja smeše prašina–vazduh.

Istraživanja su izvršena na 98 uzoraka. U tablici 3 prikazali smo 10 karakterističnih uzoraka.

Disperzni sastav nataložene prašine – prirodni uzorak iz normalnog tehnološkog procesa

Tablica 2

Rudnik	Pogon–jama	Oznaka uzorka	Veličina zrna, m						Ocena
			– 0,5 – 0,0200	– 0,200 – 0,090	– 0,090 – 0,071	– 0,071 – 0,063	– 0,063	– 0,071	
			učešće, %						
REMBAS – ZASTAVA	Strmosten	4:NP–VV–8	6 99	11,90	4,80	4,91	71,40	76,31	fina praš.
	Jelovac Senjski rudnik	1:NP–VH–8	6 80	5,40	2,90	1,5	83,40	87,80	fina praš.
		4:NP–H–22	3,10	15,40	25,10	42,50	13 90	56,40	gruba praš.
ALEKSINAC	Severni revir	8:NP–OH–37	2,10	3,52	1,34	0,34	92,70	93,04	fina praš.
KREPOLJIN	Jasenovac	10: NP–N–3							
SOKO	Čitluk	kompozit prašine	10,51	8,58	3 44	1,39	76,08	77,83	fina praš.
IBARSKI RUDNICI	Jarando spušteni deo	10: 11/2	4,1	4,6	1,8	1,4	86,2	87,1	fina praš.
LUBNICA	Osojno	Uzorci su iz jezgra dubinskog bušenja							
IBARSKI RUDNICI	Ušće	P–10	–	–	2,90	52,10	45,00	97,10	fina praš.
ALEKSINAC	Severni revir	U – 7 P	,3,32	4,72	1,73	0,99	89,24	90,23	fina praš.
DESPOTOVAC	Nova Manasija	1	13,16	8,15	4,97	3,24	1,23	69,25	prašina

Temperatura paljenja smeše prašina–vazduh

Za određivanje temperature paljenja smeše prašina–vazduh koristili smo aparaturu Godberg–Grenwald-a, koja se danas smatra standardnom za ova ispitivanja.

Rezultati ispitivanja uglja pokazali su da se najlakše pali smeša prašina–vazduh kod lignitskih ugljeva. Tačka paljenja kreće se u granicama od 420 do 470°C – lako zapaljive, mrkih ugljeva od 490 do 670°C – srednje zapaljive prašine i kamenih od 650 do 690°C – teško zapaljive prašine.

Istraživanje temperature tinjanja nataložene ugljene prašine

Opasnost od razvijanja požara, nastalog usled samozapaljenja prašine na vrućim površinama, proističe iz razloga što se nataložena prašina u toplotnim uslovima javlja kao delimično toplotni izolator, sprečavajući odvođenje toplote akumulirane na vrućim površinama.

Zbog porasta temperature u nataloženom sloju prašine i nedovoljnog odvođenja toplote dolazi do njenog akumuliranja, što dovodi do pojačanja oksidacije.

granicama od 240 do 320°C za kratko vreme od 5'5"–25'30" za sve vrste ugljeva.

Istraživanje eksplozivnih karakteristika

Istraživanja su vršena prema metodologiji koju smo predložili JUS-u za usvajanje u okviru standarda. Ispitivanja se vrše u eksplozionoj komori sa zapreminom od 40 litara. U unutrašnjem delu komore nalazi se uređaj za paljenje i vrtložna mlaznica, koja se aktivira elektromagnetnim ventilom, za stvaranje smeše prašina–vazduh.

Temperatura paljenja oblaka prašine iz uglja i prirodno nataložene prašine

Tablica 3

Rudnik	Jama	Uzorak	Pali se na t°C	Ne pali se na t°C	Napomena
REMBAS–ZASTAVA	Strmosten	1: VH–2–R–15	560	550	uzorak iz uglja
		4: NP–VV–8	600	590	natalož. prašina
	Jelovac	2: R–30	505	955	uzorak iz uglja
		1: NP–VH–8	610	600	natalož. prašina
	Senjski rudnik	3: P–33	490	480	uzorak iz uglja
		4: NP-22	570	560	natalož. prašina
ALEKSINAC	Morava–Južni revir	3: K–370	690	680	uzorak iz uglja
		8: NP–OH–37	720	710	natalož. prašina
KREPOLJIN	Jasenovac	2: O–34–R–O	620	610	uzorak iz uglja
		10: NP–N–3	640	630	natalož. prašina
SOKO	Čitluk	11: 141/14	610	600	uzorak iz uglja
		kompozit praš.	620	610	natalož. prašina
IBARSKI RUDNICI	Jarando–spušteni deo	5 rukom odabran	690	690	uzorak iz uglja
		10–11/2	690	680	natalož. prašina
LUBNICA	Osojno	B – 5 iz bušotine	410	400	prašina iz uglja
		Uzorak iz bušotina – jezgro – ležište nije otvoreno			
IBARSKI RUDNICI	Ušće	U – 4	650	640	prašina iz uglja
		P – 10	750	740	natalož. prašina
ALEKSINAC	Morava–Severni revir	U – U 6	520	510	prašina iz uglja
		U – 7 P	530	520	natalož. prašina
DESPOTOVAC	Nova Manasija	U – 4.1	470	460	prašina iz uglja
		U – 3 P	790	780	natalož. prašina

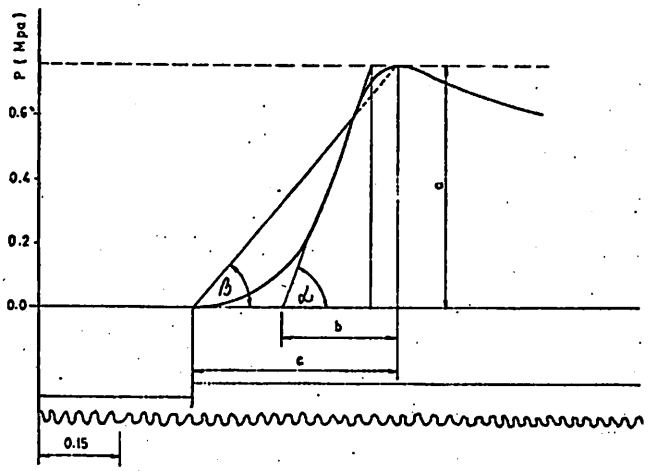
Istraživanje temperature tinjanja nataložene prašine izvršili smo na 87 uzoraka, a u tablici 4 prikazali smo 11 karakterističnih uzoraka sa podacima o vremenu i temperaturi paljenja.

Prašine naših ugljeva lako se pale na vrućim površinama i temperatura paljenja kreće se u

Nastala smeša prašina–vazduh pali se hemijskim upaljačem, koji sagorevanjem oslobađa oko 5 kJ.

Područje ispitivanja je od 70 do 1500 g/m^3. Pomoću kvarcnog prijemnika pritiska i elektronskog uređaja vrši se snimanje toka eksplozije. Na sl.

1 prikazana je kriva eksplozionog natpritiska koja se koristi za obračun parametara eksplozije i to: P_{max} = maksimalni eksplozioni natpritisak (MPa)



Sl. 1 – Kriva eksplozionog natpritiska

Temperatura tinjanja nataložene prašine iz uglja i prirodno nataložene

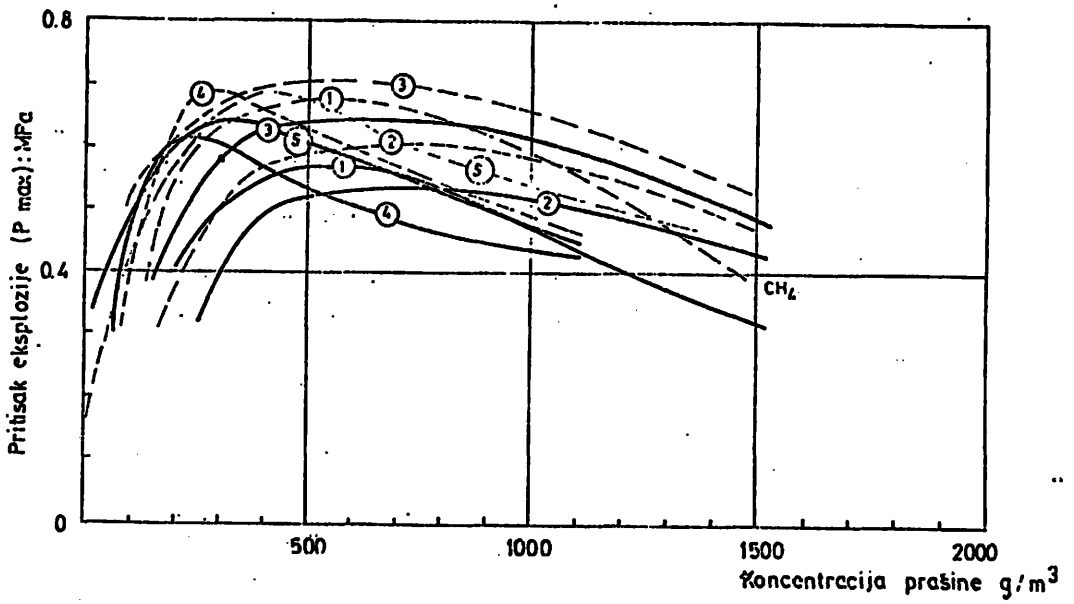
Tablica 4

Rudnik	Jama	Uzorak	Pali se na t°C	Ne pali se na t°C	Napomena
1	2	3	4	5	6
	Strmosten	1: VH–2–R–15	280	6'10"	uzorak iz uglja
		4: NP–VV–8	290	15'20"	nataložena prašina
RUDNIK REMBAS	Jelovac	2: R–30	270	8'10"	uzorak iz uglja
		1: NP–VH–8	290	11'50"	nataložena prašina
	Senjski rudnik	3: P–33	250	8'20"	uzorak iz uglja
		4: NP–22	260	11'10"	nataložena prašina
ALEKSINAC	Morava–Severni revir	3: K–370	250	12'15"	uzorak iz uglja
		8: NP–OH–37	240	17'10"	nataložena prašina
KREPOLJIN	Jasenovac	2: O–34–R–O	280	7'20"	uzorak iz uglja
		10: NP–N–3	270	16'10"	nataložena prašina
SOKO	Čitluk	11: 141/14	250	11'5"	uzorak iz uglja
		Kompozit	280	5'30"	nataložena prašina
IBARSKI RUDNICI	Jarando–spušteni deo	5 – rukom odabran	320	25'30"	uzorak iz uglja
		10 – 11/2	310	7'20"	nataložena prašina
LUBNICA	Osojno	B – 5 iz bušotine	220	32'10"	uzorak iz uglja
		Uzorak iz ležišta – jezgro			nataložena prašina
IBARSKI RUDNICI	Ušće	U – 4	280	11'40"	uzorak iz uglja
		P – 10	270	9'15"	nataložena prašina
ALEKSINAC	Morava–Severni deo	U – U 6	270	7'40'	uzorak iz uglja
		U – P 7	260	5'5"	nataložena prašina
DESPOTOVAC	Nova Manasija	U – 4.1.	265	16'5"	uzorak iz uglja
		U – 3 P	310	7'40"	nataložena prašina

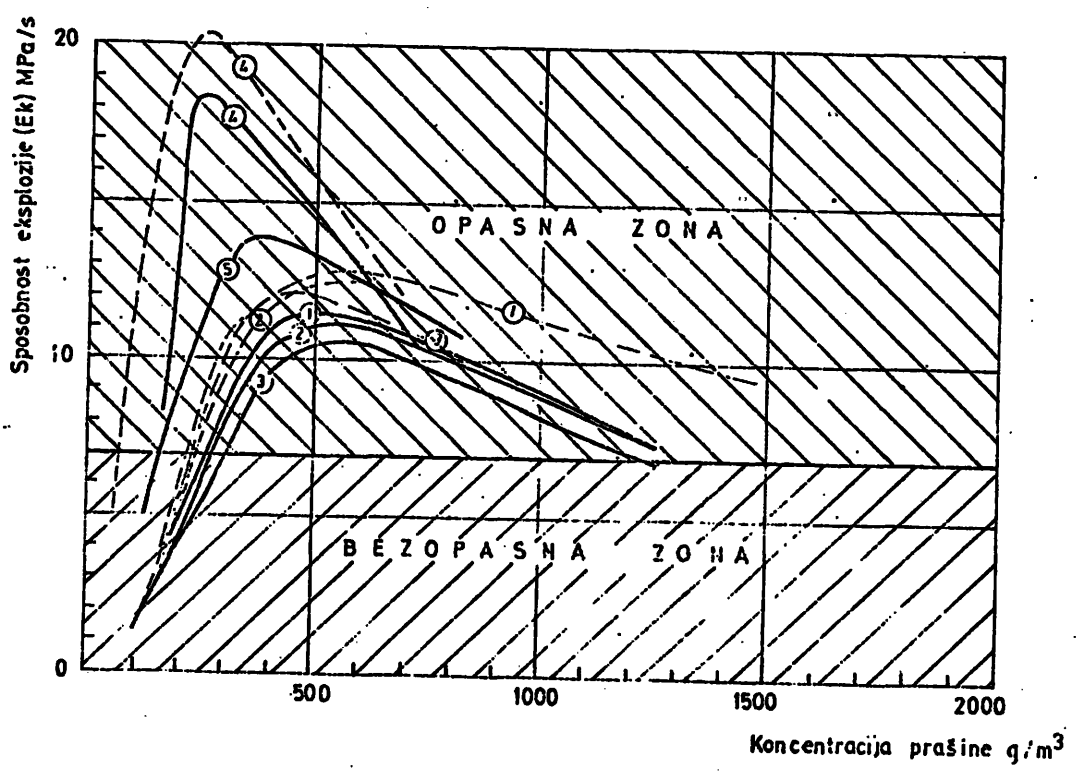
EKSPLOZIVNOST PRAŠINE PRIPREMLJENE IZ UGLJA U LABORATORIJI

Legenda:
——— bez metana
——— sa metanom

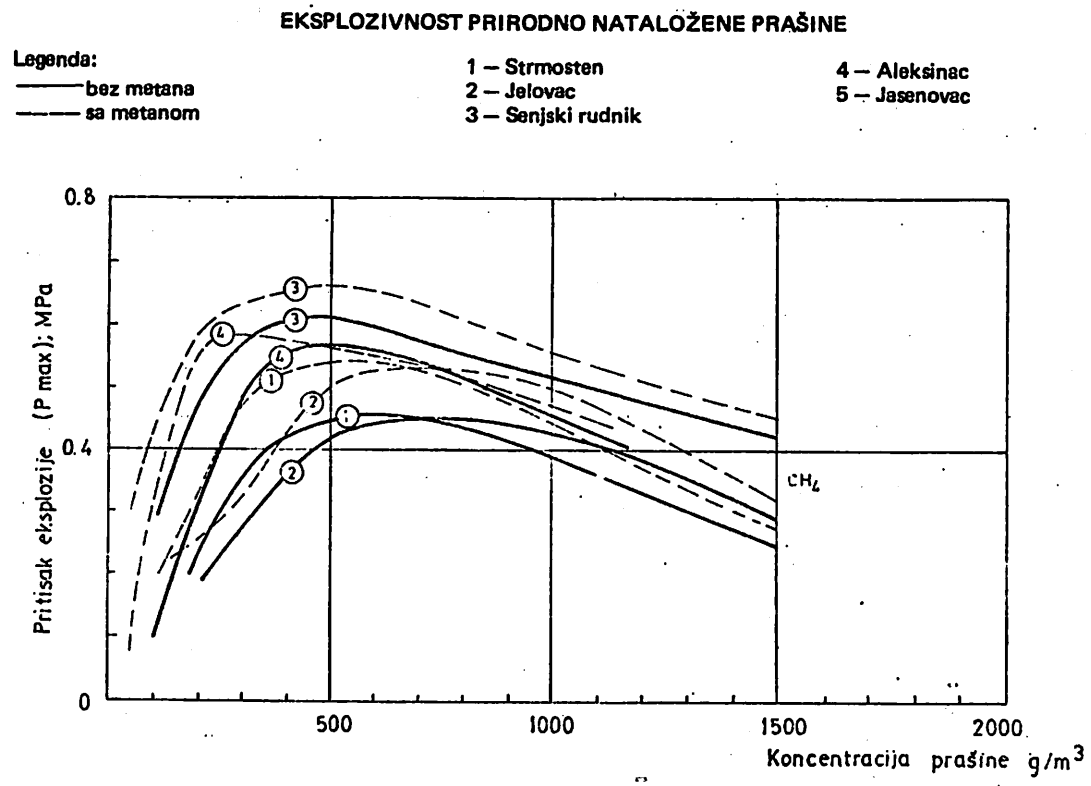
1 — Strmosten
2 — Jelovac
3 — Senjski rudnik
4 — Aleksinac — Južni revir
5 — Jasenovac



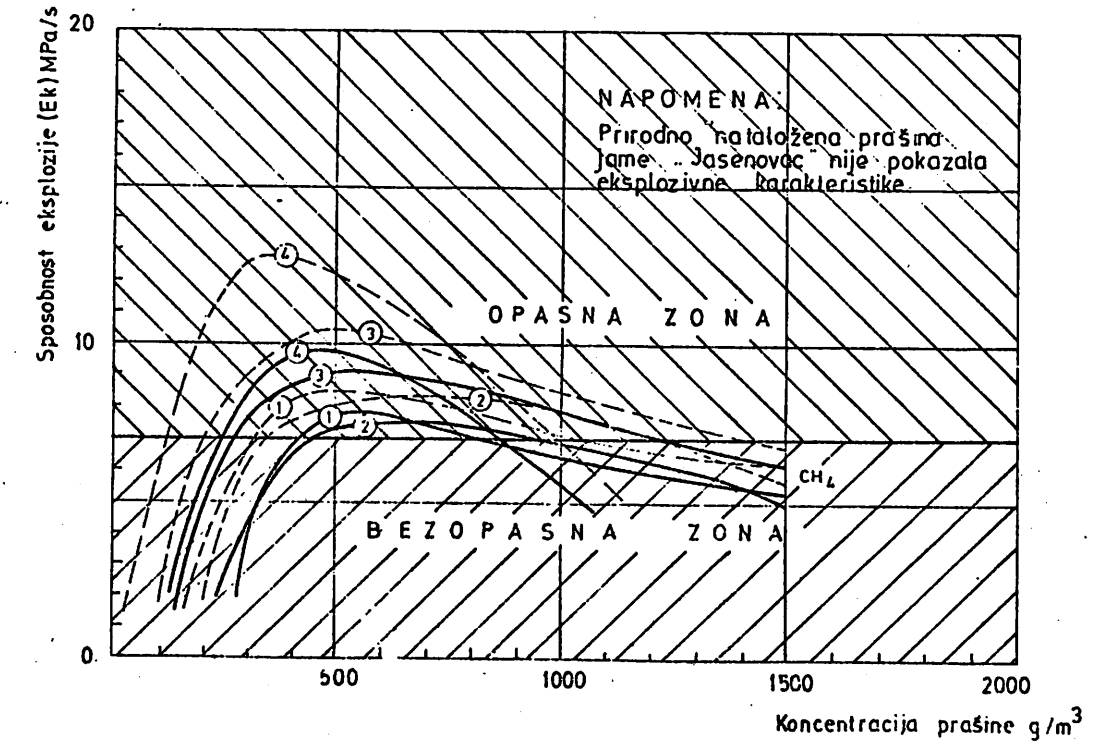
Sl. 2 — Maksimalni pritisak eksplozije (P_{max}) u zavisnosti od koncentracije prašine (g/m^3)



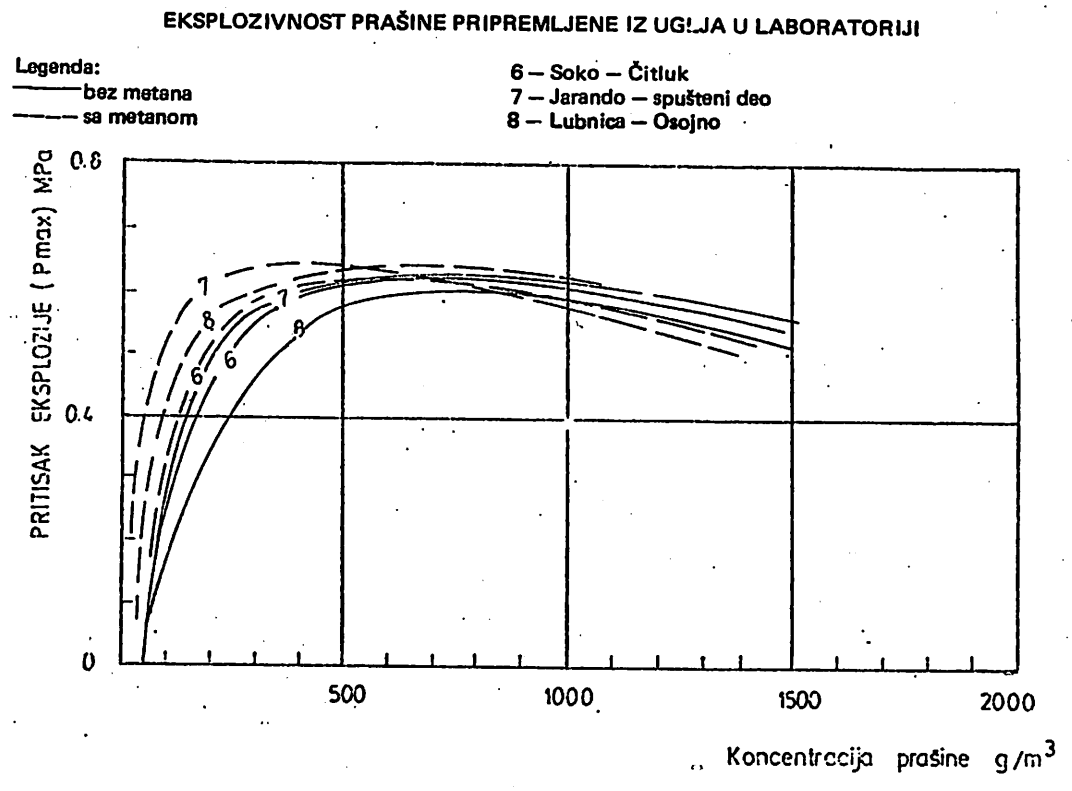
Sl. 3 — Maksimalna brzina porasta pritiska ($E_{k\,max}$) u zavisnosti od koncentracije prašine



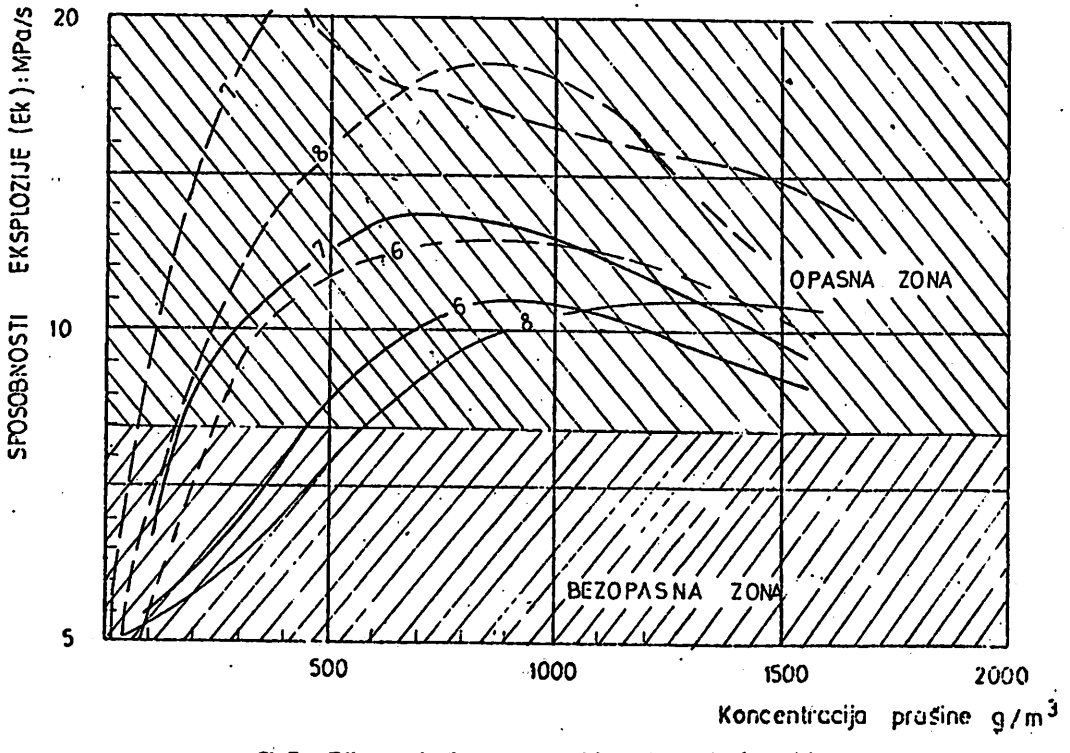
Sl. 4 – Maksimalni pritisak eksplozije (P_{max}) u zavisnosti od koncentracije prašine (q/m^3)



Sl. 5 – Maksimalna brzina porasta pritiska ($E_{k\ max}$) u zavisnosti od koncentracije prašine



Sl. 6 – Dijagram maksimalnog porasta pritiska eksplozije (MPa)

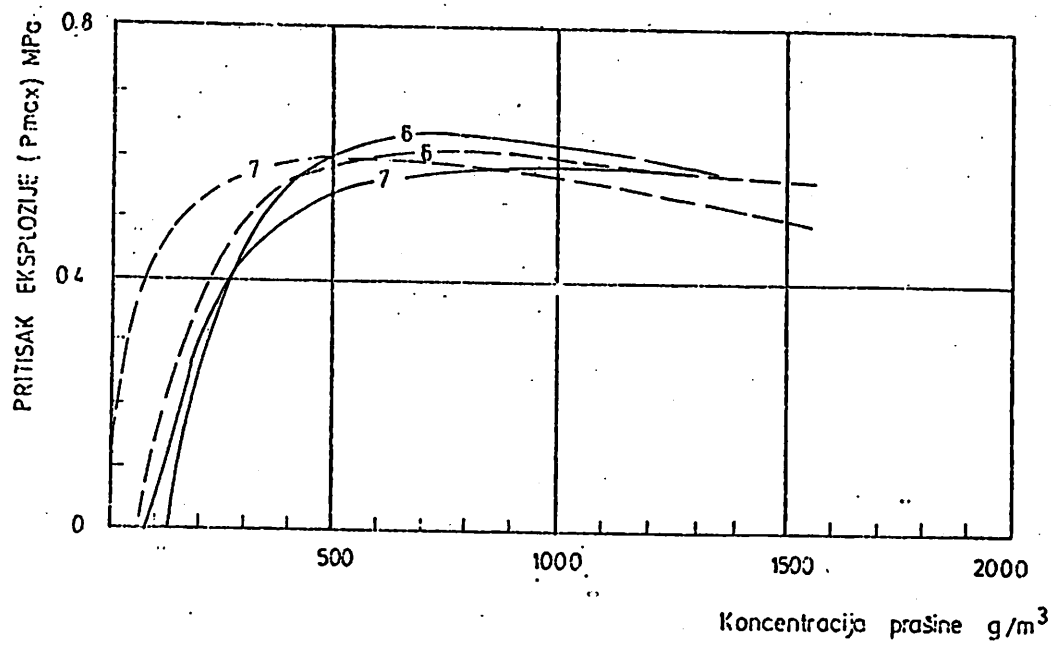


Sl. 7 – Dijagram brzine porasta pritiska eksplozije (MPa/s)

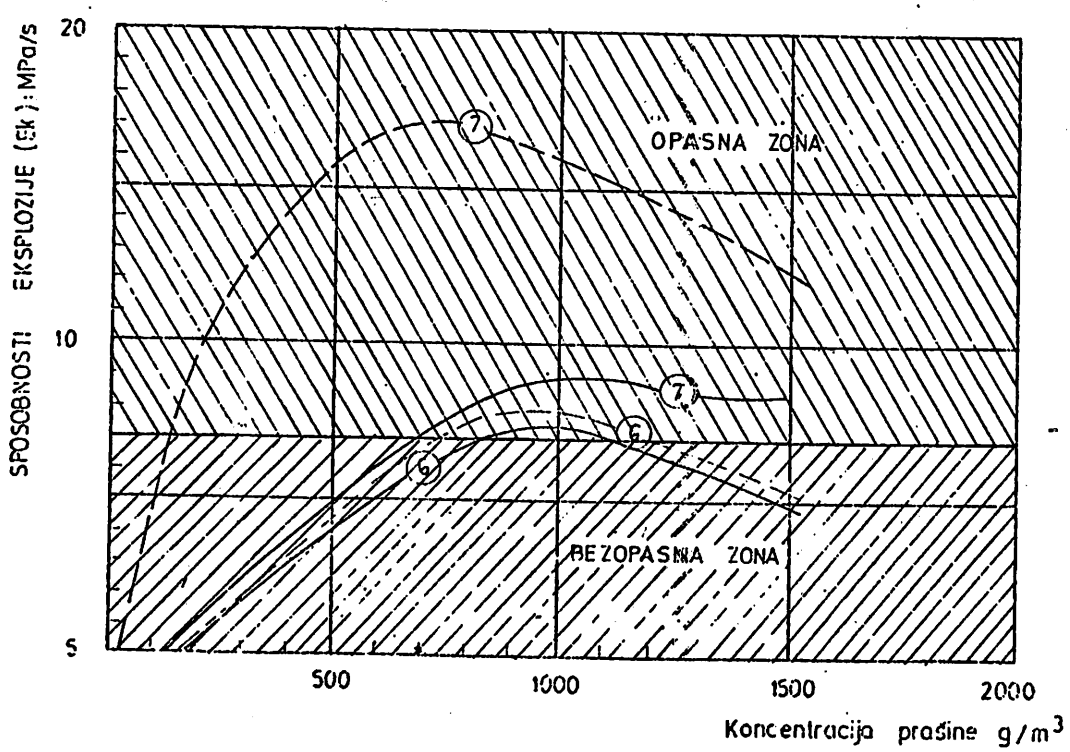
EKSPLOZIVNOST PRIRODNO NATALOŽENE PRAŠINE

Legenda:
——— bez metana
– – – sa metanom

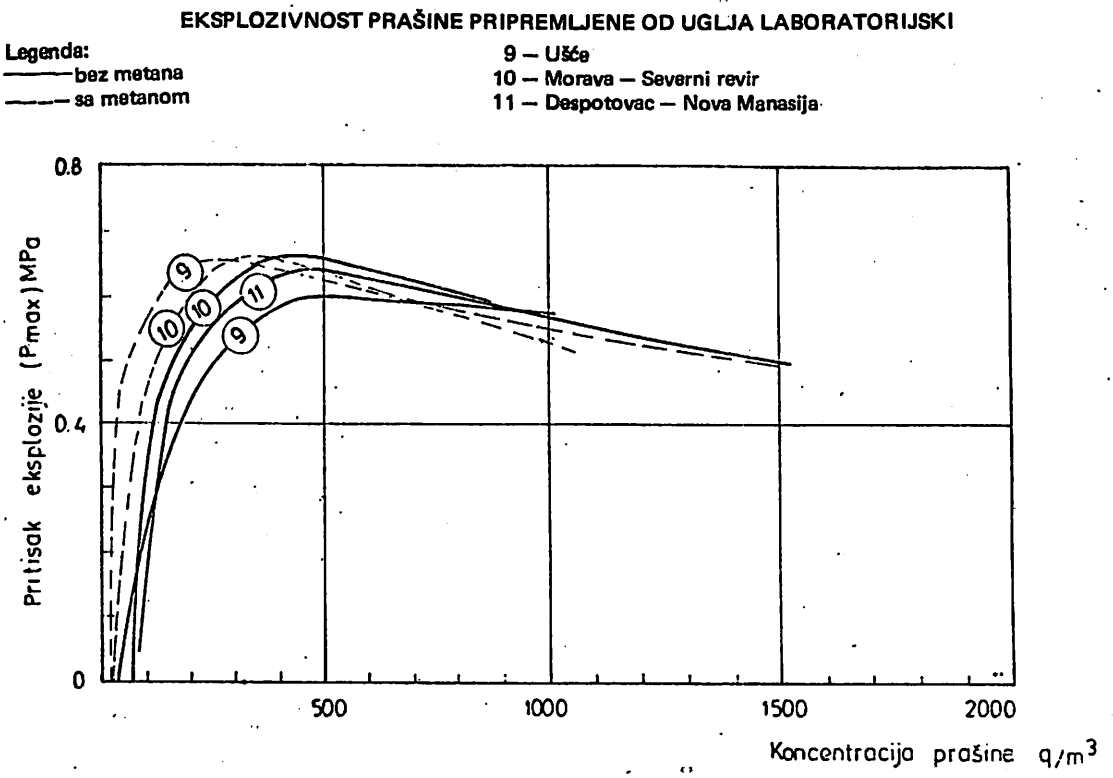
5 – Soko – Čitluk
6 – Jarando – spušteni deo



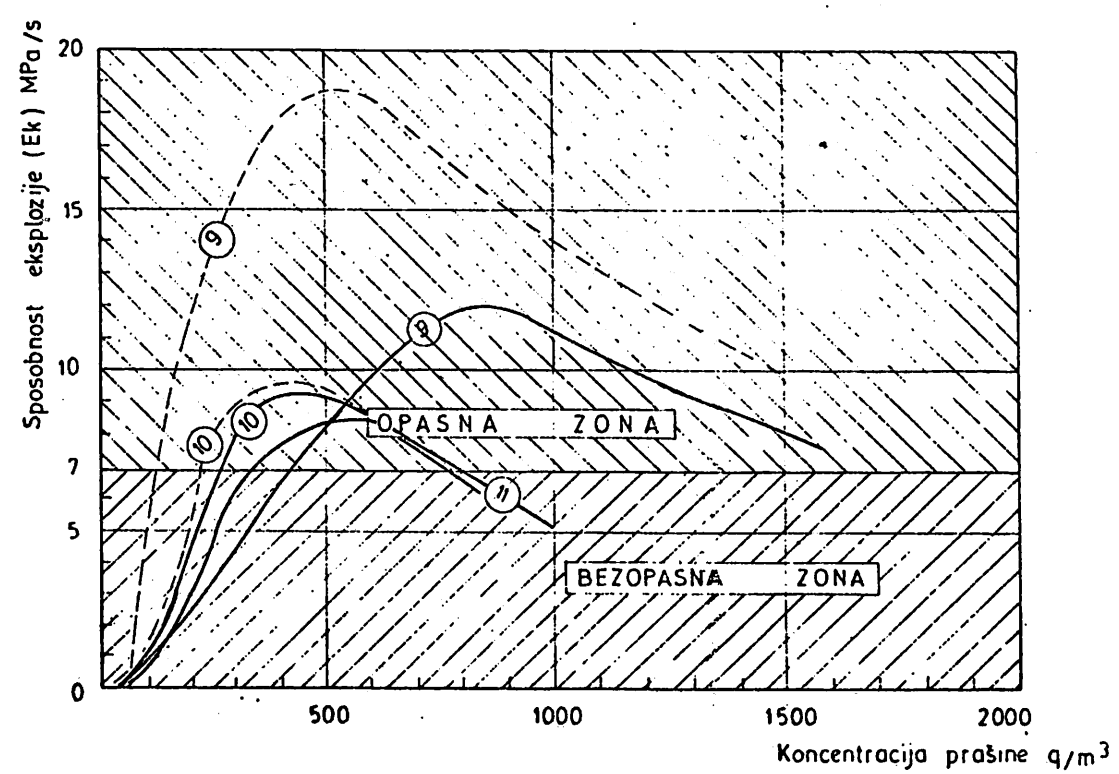
Sl. 8 – Dijagram maksimalnog porasta pritiska eksplozije (MPa)



Sl. 9 – Dijagram brzine porasta pritiska eksplozije (MPa/s)



Sl. 10 — Dijagram maksimalnog porasta pritiska eksplozije

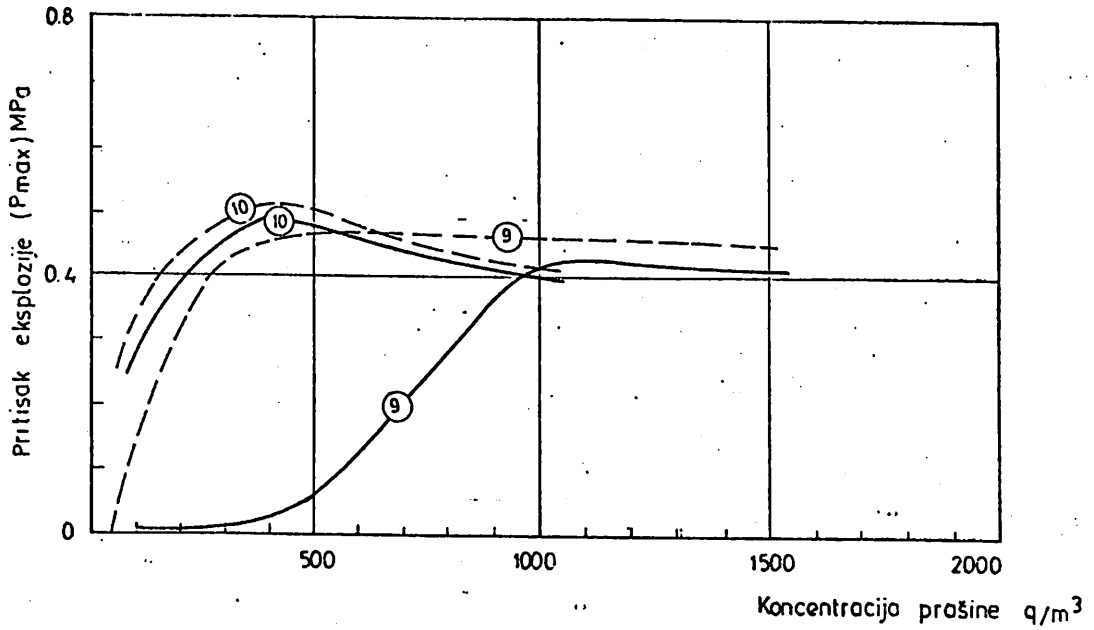


Sl. 11 — Dijagram brzine porasta pritiska eksplozije

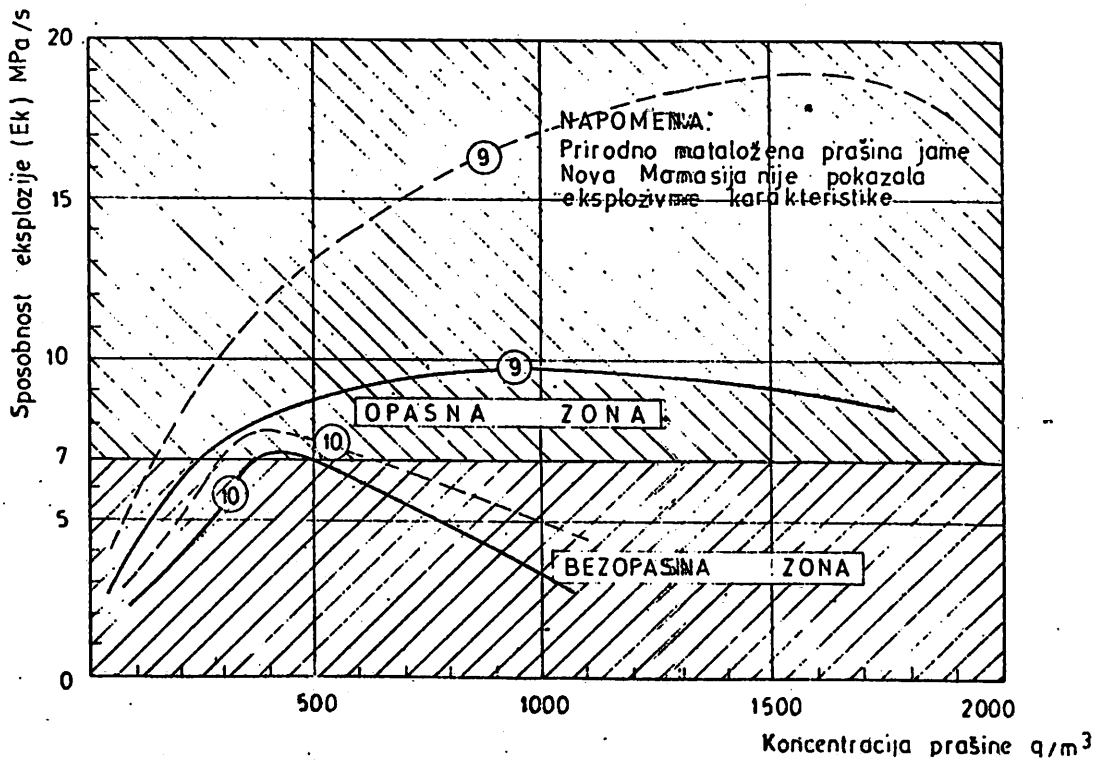
EKSPLOZIVNOST PRIRODNO NATALOŽENE PRAŠINE

Legenda:
——— bez metana
— — — sa metanom

9 – Ušće
10 – Morava – Severni revir
11 – Despotovac – Nova Manasija



Sl. 12 – Dijagram maksimalnog porasta pritiska eksplozije



Sl. 13 – Dijagram brzine porasta pritiska eksplozije

Eksplozivne karakteristike prašine pripremljene iz uglja u laboratoriji i prirodno nataložene prašine (odabrani rezultati — maksimalna eksplozija)

Tablica 5

Rudnik	Pogon	Oznaka uzorka	Eksplozivne koncentracije, g/m³				Eksplozivna karakteristika Ek. max, MPa/s		Uzorak prašine
			minimalna za eksploziju		maksimalna za eksploziju				
			bez CH_4	sa 2% CH_4	bez CH_4	sa 2% CH_4	bez CH_4	sa 2% CH_4	
REMBAS ZASTAVA	Strmosten	1:VH–2–R–15	320	280	375	375	10,40	12,26	iz uglja
		4: NP–VV–8	380	280	500	375	7,89	8,30	nataložena
	Jelovac	2: R–30	320	260	375	375	9,19	2,83	iz uglja
		1: NP–VH–8	420	310	500	375	7,80	8,41	nataložena
	Senjski rudnik	3: P–33	200	120	375	375	11,8	12,30	iz uglja
		4: NP–22	250	200	500	375	9,1	11,6	nataložena
ALEKSINAC	Morava Juž.revir	3: K–370	145	80	375	250	16,70	20,32	iz uglja
		8: NP–OH–37	260	130	500	375	9,61	12,55	nataložena
KREPOLJIN	Jasenovac	2: O–34–R–C	160	70	375	250	13,90	19,70	iz uglja
		10: NP–N–3	Inertna prašina						nataložena
SOKO	Čitluk	11: 141/14	300	220	900	850	10,56	12,48	iz uglja
		kompozit	820	430	1000	1000	7,11	7,55	nataložena
IBARSKI RUDNICI	Jarando	5, odabran	225	75	800	400	13,45	22,23	iz uglja
	Sp. deo	10–11/2	650	130	1000	570	956	17,59	nataložena
LUBNICA	Osojno	5B iz buš.	500	170	1500	900	1,10	18,83	iz uglja
			Uzorci jezgra iz dubinskog bušenja						
IBARSKI RUDNICI	Ušce	U – 4	395	100	1500	1500	12,12	19,43	iz uglja
		P – 10	750	130	1500	1500	9,73	19,41	nataložena
ALEKSINAC	Morava Sev. revir	U – U 6	280	185	900	900	9,09	9,13	iz uglja
		U – 7 P	380	300	450	380	7,28	7,59	nataložena
DESPOTOVAC	Nova Manasija	U – 4.1.	320	—	875	—	9,05	—	iz uglja
			Nataložena prašina bila je inertna sa preko 80% pepela						nataložena

$(\frac{dp}{d\tau})_{max} = tg\,\alpha$ = maksimalni vremenski porast pritiska (MPa/s)

$\frac{P_{max}}{\Delta\tau} = tg\,\beta$ = srednji vremenski porast pritiska (MPa/s)

Eksploziona karakteristika (Ek) definiše se kvadratnim korenom iz proizvoda srednjeg i maksimalnog vrmenskog porasta pritiska i računa se po sledećoj relaciji:

$$E_k = \sqrt{(\frac{dp}{d\tau})_{max} \cdot \frac{P_{max}}{\Delta\tau}} \quad (MPa/s)$$

Na osnovu ovako dobijenih podataka konstruiše se E_{k-q} dijagram važan za određivanje donje granice eksplozivnosti, tj. one minimalne koncentracije smeše prašina–vazduh (q g/m^3) pri kojoj počinje odnosno nastaje opasnost od procesa eksplozije.

Ova ispitivanja za metanske jame vršena su i u sistemu prašina–vazduh–2%CH_4. Ispitivanja su vršena za sledeće koncentracije prašine u vazduhu

q = 70, 125, 250, 375, 500, 1000 i 1500 g/m^3 i ispitano je 46 uzoraka, odnosno 322 probe.

Rezultati uzoraka koji su pokazali najveće eksplozije, kako za ugalj pripremljen u laboratoriji tako i za prirodno nataloženu prašinu (po jedan rezultat), prikazani su u tablici 5 i na dijagramima sl. 2–13.

Na sl. 2–5 prikazani su rezultati rudnika Rembas – Zastava (jame Strmosten, Jalovac i Senjski rudnik), Aleksinac (Južni revir) i Jasenovac. Na dijagramima sl. 2 i 3 prikazani su rezultati za prašinu pripremljenu iz uglja, a na dijagramima sl. 4–5 prirodno nataloženu prašinu iz jama.

Na sl. 6 i 7 prikazani su rezultati eksplozivnosti prašina dobijenih iz uglja, a na sl. 8 i 9 rezultati dobijeni iz uzoraka prirodno nataložene prašine za sledeće jame: Soko – Čitluk, Jarando – spušteni deo, Lubnica – Osojno.

Na sl. 11 i 12 prikazani su rezultati eksplozivnosti prašina dobijenih iz uglja, a na sl. 12 i 13 rezultati prirodno nataložene prašine za jame: Ušće, Moravu – Severni revir i Novu Manasiju.

Prema ovim rezultatima, prašina dobijena iz uglja u svim ispitivanim rudnicima ima izrazito eksplozivne karakteristike, a posebno u metalskim sredinama. Prirodno nataložena prašina pokazala je izrazite eksplozivne karakteristike, izuzev rudnika Jasenovac i Nova Manasija, jer je ispitivana prašina sadržala preko 60% inertnih materija.

Zaključak

Rezultati istraživanja izvršenih u sklopu ovog projekta, prikazani u tablicama 1–5 i na dijagramima 2–13 pokazali su da se prašine naših ugljeva pale na vrućim površinama na niskim temperaturama, disperzni sastav prirodno nataloženih prašina uglavnom predstavlja fino nataloženu prašinu pogodnu za eksploziju, temperatura paljenja oblaka prašina–vazduh pali ispod 800°C. Ispitivani uzorci za sisteme ugljena prašina–vazduh i ugljena prašina–vazduh–2%CH_4 pokazali su izrazito eksplozivne karakteristike, kako za prašinu dobijenu laboratorijskim putem iz uglja tako i prirodno nataloženu prašinu.

Parametri–rezultati ovih istraživanja treba da se koriste za sigurno projektovanje podzemne eksploatacije uglja sa odgovarajućim merama zaštite od požara i eksplozija, da bi se u potpunosti izbegle rudarske katastrofe. Za svaki rudnik radiće se pojedinačna rešenja zaštite od eksplozije i samozapaljive prašine, a u zavisnosti od intenziteta izdvajanja i uslova eksploatacije.

Literatura

1. Grupa autora, 1970: Opasnosti od eksplozivnih prašina i metode istraživanja njihove eksplozivne sposobnosti. – „Sigurnost u rudnicima" br. 2/70, Beograd.

2. Grupa autora: Strateški projekat „Dugoročna orijentacija u istraživanju, eksploataciji i korišćenju uglja u SR Srbiji van teritorija SAP", tema: „Istraživanje karakteristika samozapaljivih i eksplozivnih osobina ugljenih prašina sa tehničkim rešenjima zaštite u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom", biblioteka Rudarskog instituta, Beograd.

SUMMARY

Investigation of the Properties of Selfinflammable and Explosive Dust in SR Serbia Underground Collieries

The investigation results indicated that our coal dusts are inflammable on hot areas at low temperatures and that the dispersive composition of naturally deposeted dusts mainly represnts a finely deposited dust suitable for explosion, and that the temperature of dust—air,loud inflammation is below 800°C. Tested samples of systems coal dust — air and coal dust — air — CH_4(2%) indicated distinctly explosive properties, both for dust produced by laboratory methods from the coal and for naturally deposited dust.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchung der Charakteristik von Selbstentzündlichkeit und der sprengbaren Eigenschaften vom Kohlenstaub in der Kohlengruben der SR Serbien bei Abbau unter Tage

Die Untersuchungsergebnissen haben gezeigt, dass es der Staub unserer Kohlen auf den heissen Flöhen bei niedriger Temperaturen zünden, weiter dass die Dispersionszusammensetzung der natürlich abgelagerter Staubgemische im haupt fein abgelagerten Staub vostellt, der günstig ist für die Explosion und dass sich die Zündtemperatur der Wolke von Staub—Luft unter 800°C zundet. Die untersuchten Proben für das System Kohlenstaub—Luft und Kohlenstaub—Luft—CH_4 (2%) haben ausdruchksvolle explosionscharakteristiken gezeigt, so wie für den Staub bekommen aus den laboratorijums—Versuchen aus der Kohle, so auch aus dem natürlich abgelagertem Staub.

РЕЗЮМЕ

Исследование характеристик самовозгорания и взрывания пыли в шахтах СР Сербии с подземной добычи угля

Результаты исследований показали что пыль из наших углей воспламеняется на горячих поверхностях при низкой температуры, что дисперзионный состав естественно отложенной пыли, главным образом, представляет собой мелко осевшую пыль выгодну для взрывания и что температура воспламенения тумана пыль-воздух ниже 800°. Исследования образцов для системи угольная пыль-воздух-метан (2%) показали выразительные взрывчатые характеристики, как для угольной пыли полученной в лаборатории, так и естественно отложенной пыли.

Autor: dr inž. Aleksandar Ćurčić, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dr inž. Đ. Marunić, v. savetnik, Beograd
Članak primljen 20.3.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622. 43.46 : 624.19 Karavanke
Stručni rad

ZAŠTITNE MERE KOD IZRADE TUNELA KARAVANKE – JUG S OBZIROM NA UPOTREBU MEHANIZACIJE NA DIZEL POGON U METANSKIM USLOVIMA

Peter Podkrajšek

Uvod

Karavanke – jug, u dužini 3.436 m od Hrušice do jugoslovensko–austrijske granice, predstavlja jedan od najtežih i najsloženijih tunela u Evropi. Vrlo skučen program istražnih radova dao je prognozni geološki profil i ukazao da pojedine formacije nose metan, vodu i neke druge štetne gasove. Zaštitne mere zahtevaju veliku širinu s obzirom na prisustvo metana i vode i nemogućnost primene mašina u eksplozivnoj zaštiti. Za izgradnju tunela mašinama na dizel–pogon izrađen je poseban elaborat o zaštitnim merama, na osnovu kojih je i uveden poseban način rada, koji uz najbolje učinke garantuje i najveću moguću sigurnost pri izvođenju radova. Korišćenje opreme u protiveksplozivnoj zaštiti odbačeno je odmah na početku, pa je na osnovu propisa SUWA postavljen osnovni način zaštite – kod pojave metana u koncentraciji iznad 0,5% svi radovi u tunelu se zaustavljaju sve dok se radilišta ne provetre i koncentracija metana ne spusti ispod 0,5%.

Ovaj članak prikazuje operativne zahvate potrebne da se navedeni način rada izvede isto tako jednostavno kao što je i postavljen.

Opis tehnologije i faza rada

S obzirom na profil od 100 m^2 i loš geološki sastav stena na trasi tunela Karavanke– jug na jugoslovenskoj strani, izrada tunela je projektovana sa tri napadne tačke: kalota, stepenica i podna obloga.

K a l o t a predstavlja gornji deo tunela, čija je visina 5,0 do 5,6 m, a širina 11,2 m u profilu od 45 do 50 m^2 Napreduje se ispred stepenice 80–100 m.

S t e p e n i c a predstavlja donji deo tunela, čija je visina 5,0 m, a širina 11,2 m. Ona se izrađuje u dva dela sa paralelno izgrađenom rampom za pristup na kalotu.

P o d n a o b l o g a predstavlja završnu oblogu u podini i radi se 60–80 m iza stepenice. Zbog kontinuiranog transporta na kalotu i stepenicu rade se naizmenično leva i desna polovina.

Kod iskopa kalote postoje sledeće radne faze ili operacije:

– izrada minskih bušotina
– miniranje
– okucavanje
– utovar
– zaštita torkretom u debljini od 5 cm
– postavljanje mreže i luka
– nanošenje torkreta do predviđene debljine
– ankerisanje celog profila kalote
– čišćenje radilišta.

Iste faze rada ponavljaju se i u stepenici, dok su kod podne obloge samo iskop, postavljanje oplate i betoniranje.

Od svih navedenih faza rada samo su bušenje minskih bušotina, miniranje i okucavanje (izvodi se bagerom) faze rada u kojima može doći do provale metana ili vode. Sve ostale faze rada mogu da se odvijaju uz prisustvo metana u manjim koncentracijama, jer ne mogu izazvati prodor metana u tunelski prostor. Do povećanja eshalacije metana ili dotoka vode može doći u svim fazama rada, ali je vrlo mala verovatnoća prodora gasa ili vode. Iz toga se vidi da borba protiv prodora metana ne bazira na njegovom razređenju, već je, pre svega, pitanje zaštite vezano za indiciranje i blagovremeno otkrivanje većih koncentracija metana ili vode.

Ipak, pojava metana na čelu tunela opasna je i za radove u pozadini duž tunela pošto se ventilacijom potiskuje kroz ceo tunel, što znači da svaka veća pojava metana uzrokuje kompletno zaustavljanje radova u tunelu.

Zaštitne mere protiv opasnosti od metana u tunelu podeljene su u dve grupe i to:

— zaštitne mere za otkrivanje metana
— zaštitne mere kod pojave metana.

Prodor vode u tunel u većim količinama očekuje se kod prolaza kroz rasede ili u slučaju otvaranja akumulacija vode u krečnjaku. Merezaštite od prodora vode u tunel izvode se paralelno sa zaštitnim merama za otkrivanje metana. Samo odvodnjavanje je klasično i nije predmet ovog članka.

Zaštitne mere sa ciljem otkrivanja metana

P r e d v r t a v a n j e. — Na čelu kalote vrši se predvrtavanje kako bi se blagovremeno otkrila akumulacija vode i gasova. Predvrtavanje se vrši sa tri bušotine ϕ 76 mm i dugačke 30 m. Leva i desna bušotina locirane su na visini donje trećine kalote, a srednja bušotina postavlja se u gornji deo kalote sa nagibom prema krovu od 5 do 10°. Bušenje se izvodi mašinom na komprimirani vazduh. Na kaloti se isključuje električna energija, obustavljaju svi radovi i sprečava pristup bilo koje dizel jedinice. Indiciranje metana vrši se svaka tri metra uz produžavanje bušaćih šipki. Iznad bušaće garniture obešen je prenosni metanometar, koji zvučnim i svetlosnim signalima upozorava na prisustvo metana na radilištu. Ako se metan pojavi u koncentraciji iznad 0,5%, radovi se obustavljaju, dok se koncentracija metana ne spusti ispod dozvoljene granice.

Bušotine se preklapaju 5,0 m, povremeno i više. Ispred rasednih zona vrši se geološko istražno bušenje, koje se istovremeno koristi i za indikaciju vode i gasova.

M e t a n o m e t r i j a. — Metanometrija u tunelu predstavlja sistem svih merenja i registracija metana duž cele trase tunela. Sistem sačinjavaju četiri vrste merenja:

a. Ručno merenje prisustva metana i ugljendioksida. Merenje vrši nadzornik ventilacije tokom svih 24 sata u intervalima od 60 minuta. U slučaju pojave metana merenje se pogušćuje na svakih 5 minuta. Ručno merenje se ne koristi za utvrđivanje sadržaja metana u kaloti.

b. Indiciranje metana sa prenosnim metanometrima izvodi se sa dva metanometra kod
— izrade minskih bušotina
— punjenja minskih bušotina
— utovara
— postavljanja luka i
— ugradnje ankera.

U svim ostalim fazama rada indikacija metana vrši se jednim prenosnim metanometrom i interferometrom.

Prag alarma za obe signalizacije — zvučnu i svetlosnu, podešen je na 0,5% metana. Izmena metanometra vrši se svakih 5–6 sati, kako ne bi došlo do pražnjenja baterija i usled toga do lažnog alarma. Punjenje metanometra traje 16 časova.

c. Stabilno ugrađeni davači (senzori, koderi, merne glave) daljinske kontrole nalaze se na 50 do 70 m iza čela kalote, odnosno na 100 do 120 m iza kalote. Povezani su sa centrom ispred tunela.

Prag alarma regulisan je na 0,5% metana, a prag iskopčavanja elektroenergetskog napajanja tunela regulisan je na 1,0% metana. Daljinsku kontrolu sačinjavaju: davač za kontrolu brzine vazdušne struje u ventilacionoj cevi, davač za merenje brzine protoka vazduha kroz tunelsku cev, davači za metan, davač za CO i davač za merenje razlike pritiska tunel — atmosfera.

d. Hemijske analize vazduha uzimaju se svakih 14 dana u redovnim intervalima, kao i vanredno u slučaju većih pojava gasova i kontrole ispravnosti davača duž tunela.

U sklop hemijskih analiza ubrajamo i kontrolu mikroklime, koja obuhvata merenje agresivne

prašine, čađi i slobodnog silicijuma u tunelskom vazduhu. Iz svega vidimo da je sistem indiciranja metana i ostalih gasova organizovan kao kontinuirano praćenje stanja ventilacije pomoću mehaničkih elemenata, koji se kontrolišu ručnim merenjem i hemijskim analizama. Svaka registrovana vrednost proverava se kroz sve elemente sistema sve dok se vrednosti, koje nisu prihvatljive, ne koriguju.

V e n t i l a c i j a t u n e l a. – Ventilacija tunela prikazana je u članku S. Filipovića i M. Črepinšeka „Ventilacija tunela Karavanke–jug u fazi izgradnje" („Rudarski glasnik" br. 1/89, str. 77–82).

Zaštitne mere kod pojave metana u tunelu

Kod primenjene tehnologije izrade tunela, zaštitne mere pri pojavi metana u samom tunelu dele se na:

a. mere uklopljene u tehnološki sistem izgradnje tunela i

b. mere koje se preduzimaju kod sanacija stanja, koje nastaje posle prekoračenja praga na koji su podešeni indikatori metana.

a. Već mo pomenuli u kojim se fazama rada može očekivati veća pojava metana u tunelu. Svaka ta faza rada obrađena je detaljno zbog sigurnosti, pa su prema njoj i formirane zaštitne mere.

Predvrtavanje

– upotrebljava se pneumatska bušilica
– na kaloti je isključena električna energija
– na kaloti se nalaze samo radnici bušači
– predvrtavanje nadgledaju rudarski inženjer i geolog
– pristup ostalim radnicima i mašinama je zabranjen
– sistem provetravanja radi se najvećim kapacitetom
– nadzornik ventilacije meri metan na bušotini svakih nekoliko minuta
– iznad ušća bušotine nalazi se prenosni metanometar
– u slučaju pojave metana bušenje se odmah zaustavlja
– daljinska kontrola i prenosni metanometri su pod kontrolom nadzornika ventilacije i centra daljinske kontrole
– osvetljenje je isključivo rudarskim lampama
– radnici su opremljeni samospasiocima i rezervnim bocama sa kiseonikom
– veza daljinska kontrola – kalota – stepenice – centar je direktna.

Izrada minskih bušotina

– upotrebljava se elektro–hidraulični JUMBO
– kalota je opremljena sa dva prenosna i dva stabilna metanometra
– prisutan je nadzornik ventilacije
– elektro napajanje bušaće garniture je vezano na daljinsku kontrolu metana
– svi ostali uređaji na kaloti su bez napona
– na kaloti se ne izvode drugi radovi
– izrada minskih bušotina počinje odozgo nadole, kako bi se izradilo što više rupa pre bušenja donjih podinskih bušotina
– motori i elektrorazvodna kutija bušaće garniture odmaknuti su 10 metara od čela radilišta – kalote.

Punjenje minskih bušotina

– pune se isključivo kada je koncentracija metana na radilištu ispod 0,5%
– bušaća kola se priključuju na dizel pogon zbog isključivanja eventualnog uticaja lutajućih struja.

Sve zaštitne mere koje se preduzimaju kod izrade minskih bušotina zadržavaju se i kod njihovog punjenja.

Miniranje

– sa kalote se odstranjuju sve mašine i uređaji
– na kaloti iza zaštitne pregrade ostaje samo uređaj za torkretiranje
– na kaloti se isključuje električna energija
– posada se povlači u stepenicu i sklanja iza mašina na 200–350 m iza čela kalote
– miniranje se vrši iz stepenice
– ventilacija se ne isključuje, obe cevi za dovod komprimiranog vazduha na kalotu se otvaraju
– na kalotu se dovodi 2100 m^3 vazduha + 60 m^3 komprimiranog vazduha; posle miniranja radilište pregleda nadzornik provetravanja i odgovorni miner. Meri se koncentracija metana, pregleda radilište i tek posle provere dozvoljava dalji rad. Dogovorom nadzornika ventilacije, minera i električara kalota se priključuje na el. energiju i dozvoljava rad dizel motora.

b. Mere kod pojave metana sa koncentracijom iznad 0,5%. – Pojavu metana sa koncentracijom iznad 0,5% registrovaće:

– nadzornik ventilacije
– prenosni metanometri
– daljinska kontrola.

Kada je na radilištu koncentracija metana oko 0,2 do 0,3%, prenosni metanometar je taj koji registruje povećanje koncentracije iznad 0,3% i upozorava stetlosnim i zvučnim signalom. Na znak alarma posada se povlači u stepenicu, a nadzornik ventilacije interferometrom ispituje radilište i traži uzrok povećanja koncentracije metana.

Prenosni metanometar, koji se nalazi 5–6 m iza čela radilišta, i dalje daje znake alarma svake sekunde – svetlosne infracrvenim zracima i zvučne. Kontrola na radilištu mora pomoću interferometra da ustanovi:

– izvor metana
– uzrok povećane koncentracije
– grešku u sistemu ventilacije
– eventualne prepreke u provetravanju
– eventualni lažni alarm.

Povezivanjem sa centrom za daljinsku kontrolu dobijaju se podaci daljinske kontrole, pa se na osnovu svih dobijenih i merenih parametara definiše situacija na radilištu. Počinje sistem obaveštavanja:

– rukovodilac ventilacije
– rukovodilac elektro službe
– tehnički rukovodilac
– HTZ
– dežurni u tunelu.

U slučaju da koncentracija metana i dalje raste, stabilni metanometar isključuje celokupno električno napajanje u tunelu već kod 1,0% metana. Posada se povlači van tunela. Kaloti se dodaje dodatni komprimirani vazduh, cevi se postavljaju uz čelo radilišta.

Kod porasta koncentracije metana iznad 2,0% nadzornik ventilacije i odgovorni miner (u takvim slučajevima je on pomoć onom prvom) se povlače iz tunela. Tunel i klima u njemu se dalje kontrolišu pomoću daljinske kontrole iz centra. Kontrolu u centru preuzima rukovodilac ventilacije. Ventilatori se podešavaju na maksimalni kapacitet i tunel se provetrava sve dok koncentracija metana ne padne ispod 0,5%. Provetravanje tunela se nastavlja još 60 minuta, pa ako se koncentracija u tunelu ne poveća, nadzornik ventilacije i njegov pomoćnik pregledaju tunel od ulaza do čela kalote, indiciraju metan svakih 20 m i vode zapisnik o merenim vrednostima. Tek tada se daje dozvola za početak radova u tunelu i stanje se vraća u situaciju pre pojave metana iznad 0,5% Do danas su u tunelu Karavanke–jug bila četiri slučaja povećanog priteka metana. Vreme saniranja trajalo je najmanje dva, a najviše devet sati.

Lažni alarmi

Do lažnog alarma može doći zbog:

– oštećenja kabla
– premeštanja davača
– oštećenja davača
– neispravnosti davača
– prazne baterije metanometra.

Kod lažnog alarma važe ista uputstva kao i kod pravog. Praktično, lažnog alarma nema, posada se povlači sve dok se ne ustanovi šta je uzrok alarma. S obzirom na više instrumenata koji istu pojavu registruju istovremeno, lažni alarm se brzo otkriva i otklanja uzrok.

Organizacija zaštite od metana u tunelu

Zaštitu u tunelu vrši organizovana ekipa u kojoj svako u svom domenu nosi i izvodi deo potrebne zaštite. Organizaciona šema vršenja zaštite od metana je prikazana na tablici 1.

Miniranje – tehnologija, izbor eksplozivnih sredstava i mere zaštite

Tehnologija miniranja se morala prilagoditi kako tehnologiji izbijanja tunela tako i geološkim uslovima. Struktura stena često se menja od jednog do drugog miniranja, pa se šema minskih bušotina prilagođavala svakom miniranju posebno. Broj bušotina u jednom miniranju se iz tog razloga kretao od 12 do 150. Ove nagle promene u strukturi stena praćene su sa većim ili manjim eshalacijama metana koje su rasle u karbonskim glinovitim šljuncima. U proslojcima krečnjaka i peščara nije bilo pojava metana. Zaštita u ovakvim uslovima je poseban problem – za svaku vrstu stene treba upotrebiti adekvatan eksploziv i odgovarajuće električne upaljače.

Tablica 1

Glavni tehnički rukovodilac				
Zaštita od metana			Odvijanje zaštite	
Tehn. rukovodilac ventilacije	Tehn. rukovodilac miniranja	Tehn. rukovodilac elektro službe	Tehn. rukovodilac mašinske službe	Rukovodilac smene
Smenski nadzor	Odgovorni miner	Smenski električar	Smenski bravar	Odgovorni kopač na kaloti
		Centar daljinske kontrole	Servis za održavanje	Odgovorni kopač stepenice

Dodatne teškoće kod miniranja predstavljale su lutajuće struje, u početku zbog blizine železničkog tunela sa elektro—vučom, kao i u proleće, zbog jakih električnih pražnjenja u alpskom području.

Izbor eksplozivnih sredstava u navedenim uslovima morao je biti veoma delikatan. Za krečnjake, dolomite i peščare trebalo je da se nabavi brizantan eksploziv, a za karbonske škriljce i okonturivanje profila slabiji, no još uvek dovoljno jak eksploziv.

Pri izboru eksploziva važnu ulogu imala je potreba za patronama veće težine za punjenje minskih bušotina, pošto bi se sa patronama od 100 ili 200 g gubilo mnogo vremena. Iz palete privrednih eksploziva, s obzirom na patroniranje i učinak, izbabrali smo ojačani amonal i vitezit 20. Za miniranje u tvrdim stenama, zaštićenim od lutajućih struja, izabrani su VN električni polusekundni upaljači sa bakarnom kapicom, a za miniranje u karbonu električni milisekundni upaljači. S obzirom na učestale pojave metana, dogovoreno je da upotrebu pojedinih eksplozivnih sredstava odobrava tehnički rukovodilac miniranja uz pristanak rukovodioca ventilacije, odnosno u krajnjoj izvršnoj instanci odgovornog smenskog minera i nadzornika ventilacije.

Punjenjenje minskih bušotina vrši se paralelno sa bušenjem, a iz sledećih razloga:

— bušenje traje ponekad toliko dugo da dolazi do stišnjavanja ili zatvaranja bušotina tako da se ne mogu napuniti
— zbog visine čela radilišta minske bušotine se ne mogu puniti bez merdevina
— kod povezivanja napunjenih bušotina sa merdevina dolazi do prekida minske linije
— za vreme povezivanja mina padne komad i prekine minsko polje, usled drobljenja stene dolazi do težih povreda itd.

Primenom SUWA propisa počelo je istovremeno punjenje minskih bušotina, dok su se donje minske bušotine još radile. Za punjenje minskih bušotina upotrebljena je korpa na lafetu bušaćih kola. Za takav rad napravljena su uputstva, koja baziraju na sledećim osnovnim zaštitnim elementima:

— bušenje minskih bušotina počinje od krova prema podu radilišta
— kada se lafeti za bušenje spuste ispod korpe iz koje se vrši punjenje, ono može početi
— razmak između bušotina koja se buše i bušotine koja se puni mora da je najmanje 2,0 m
— upaljači se spajaju kratko
— minske bušotine se zatvaraju čepom od gline u dužini najmanje 40 do 60 cm
— povezivanje punjenja počinje pošto su sve bušotine napunjene
— bušaća kola prebacuju se na dizel pogon
— povezivanje minerskim kablom izvodi se tek pošto se sa radilišta uklone sve mašine i reflektori i isključi električna energija
— svako miniranje izvode najmanje tri kvalifikovana minera pod nadzorom rudarskog inženjera.

Zaključak

Izgradnja tunela kroz Karavanke na jugoslovenskom delu ovog objekta izvodi se opremom na dizel pogon, a u prisustvu povremenih opasnih koncentracija metana čime se krše za sada važeći propisi. Prateći rudarske propise i upoređujući ih sa propisima za tunelske radove nailazimo na niz

ograničenja, koja se moraju preduzeti u duhu propisa a ne po slovu zakona. Studijama, zajedničkim naporima, a pre svega disciplinom celokupne posade, kombinovali smo više propisa kako bi za svaku potencijalnu opasnost našli optimalnu zaštitu za naš rad, za nas i objekat.

Smatramo da objavljivanjem naših napora, razmišljanja, problema i organizacije dajemo doprinos tunelogradnji u sličnim uslovima.

Literatura

1. Janežič, S., Bajželj, U., Berger: Posebne zaštitne mjere kod izrade tunela Karavanke – jug

2. Podkrajšek, P., Jurič: Projekat rasporeda mjernih točaka po tunelu Karavanke.

3. Gustafson: Miniranje.

4. Podkrajšek, P., Jurančič: Projekat miniranja v tunelu Karavanke.

5. Prospekt „Oldham metanometrija"

6. Pravilnik o gradnji tunela SRS. (Sl. list br. 7/87)

7. Pravilnik o tehničkim zaštitnim merama rudarskog podzemnog rada

8. Priručnik za korišćenje Dräger aparata.

SUMMARY

Protective Measures in Driving the Caravan Mountains South Tunnel Due to Use of Diesel Driven Mechanization in Methane Conditions

The paper deals with protective measures in driving the Caravan Mountains – south tunnel by use of diesel driven mechanization for excavation in presence of occasional methane escalation.

Basically, use is made of the principle that the limiting methan content in the air is 0.5%. Up to methane content of 0.5%, operations are carried out under the non–methane regime. Operations are interrupted when the content exeeds this limit. Here protection is based on timely detection of methane and ready reaction of entire personnel in order to prevent methane inrush, inflammation or explosion.

The paper outlines the system for methane detection, as well as the method of sanation of the status in the tunnel in cases of methane concentration above the allowed treshold.

ZUSAMMENFASSUNG

Schutzmassnahmen bei der Ausarbeitung vom Tunnel Karavanka – Süd in bezug auf die Mechanisation mit Diesel – Antrib bei Schlagwetterbedingungen

Der Artikel bearbeitet die Schutzmassnahmen bei dem Ausbau des Tunnels Karavanka – Süd beim Verhälniss der Verwendung vom Diesel – Antrieb beim Ausbruch, und bei der Anwesenheit von zeitweiliger Exhalation vom Grubengas (vom Methan).

Im Grund, verwendet man den Grundsatz dass der Methangehalt in der Luft abgegrentz ist mit 0,5%. Bis zu dem Methangehalt von 0,5% arbeitet man im Verhälniss vom Regime ohne Methan. Als man den Grenzgehalt übertretet, werden alle Arbeiten eingestellt. Bei solcher Arbeitsart ruht der Arbeitsschutz auf der rechzeitiger Entdeckung von Methan und der schnellen Reaktion der gesamt–Belegschaft mit dem Ziel der Verhinderung des Ausbruches, der Entzündung oder der Explosion von Methan.

Im Artikel ist das System der Detektion vom Methan, so.wie der Plan vom Senieren des Zustandes im Tunnel im Falle der Erscheinigung von Methankonzetrierung über erlaubter Schweife gegeben.

РЕЗЮМЕ

Меры защиты при строительстве туннеля Караванке–юг учитывая пользование механизации с дизел–приводом в условиях выделения метана

Статья обрабатывает технические меры защиты при строительстве туннеля Караванке–юг в условиях применения дизел–оборудования на отработке в присутствии периодического выделения метана.

В основе применения принцип что максимальное содержание метана в воздухе 0,5%.

Все работы останавливается когда максимальное содержание превишает границу. При этом способе работы защита основывается на правовременном обнаружении метана и быстром реагировании персонала с целью предупреждения выброса, воспламенения и взрывания метана.

Autor: mr inž. Peter Podkrajšek, TOZD inženjering, Ljubljana
Recenzenti: dr inž. J. Bralić i mr inž. V. Ilezović, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 1.12.1988, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 622.43/.46.i 624.19 Karavanke
Stručni rad

VENTILACIJA TUNELA KARAVANKE – JUG U FAZI IZGRADNJE

(sa 3 slike)

Sabahudin Filipović – Milan Črepinšek

Organizacija službe ventilacije

U službi ventilacije rade četiri rudarska nadzornika sa položenim stručnim ispitom iz Geološkog zavoda – Ljubljana. Oni rade po četvorobrigadnom sistemu – jedan nadzornik je uvek u tunelu.

U stanici za daljinsku kontrolu gasova dežuraju i održavaju opremu i prenosne metanometre četiri električara (u svakoj smeni po jedan). Za organizaciju redovnog premeštanja davača u tunelu i održavanje opreme za daljinsku kontrolu zadužen je jedan elektrotehničar. Za premeštanje davača daljinske kontrole u tunelu zaduženi su dežurni električari.

Službu vodi jedan diplomirani inženjer rudarstva sa položenim stručnim ispitom i odgovarajućim stažom u podzemnim objektima opasnim po prisustvu metana.

Kontrola opasnih gasova i količine vazduha

Metan

Metan se indicira interferometrima ŠI 10 i ŠI 11 na svakom radilištu u tunelu na kojem se vrši iskop ili miniranje i to: na početku smene, pre bušenja, na kraju bušenja, pre punjenja minskih bušotina, pre otpucavanja, na mestu sa kojeg se vrši aktiviranje mina, posle miniranja i na kraju smene.

Indiciranje se vrši i sa tri prenosna metanometra koji su postavljeni u kaloti tunela, zavisno od faze rada. Koriste se metanometri, tip GTM 741, francuskog proizvođača Oldha i tip INEP proizvođača Zagorja ob Savi.

U tunelu su instalirana 3 davača za metan koji svake 4 minute daju podatke o koncentraciji metana na stanici na površini. Najmanje jednom mesečno koncentracija metana proverava se hemijskom analizom.

Ugljen dioksid

Ugljen dioksid se indicira interferometrima istovremeno sa metanom. Jednom mesečno proverava se hemijskom analizom.

Ugljen monoksid

Ugljen monoksid se utvrđuje indikatorskim cevčicama pomoću sisaljki zapremine 100 cm^3 i to u izduvnim gasovima dizel motora ispred filtra. Indiciranje se vrši kada motori počnu rad pod punim opterećenjem. U tunelskom vazduhu indicira se jednom nedeljno. Jednom mesečno koncentracija CO utvrđuje se hemijskom analizom.

U tunelu je instaliran jedan davač za CO koji svake četiri minute daje podatke o koncentraciji CO u vazduhu. Davač je instaliran oko 150 m od ulaza u tunel, tako da kontroliše izlaznu vazdušnu struju.

Nitrozni gasovi i kiseonik

Nitrozni gasovi i kiseonik kontrolišu se hemijskom analizom jednom mesečno.

Barometarski pritisak

Barometarski pritisak meri se jednom nedeljno. Stanica za daljinsku kontrolu registruje pritisak svake četiri minute.

Brzine vazdušnih struja – količine vazduha

Brzine izlazne vazdušne struje mere se u vetrenoj stanici, koja se nalazi 260 m od ulaza u tunel, a brzine izlazne struje na krajevima ventilacionih cevi prečnika 1600 i 2400 mm. Merenje se vrši ručno, digitalnim anemometrom jednom nedeljno.

Daljinskom kontrolom svake četiri minute registruje se brzina vazdušne struje na izlazu iz ventilacione cevi prečnika 2400 mm i brzina izlazne vazdušne struje 150 m od ulaza u tunel. Količine vazduha računaju se iz izmerenih brzina i površina profila kroz koje se vodi vazduh.

Redovno se mere i količine vazduha koje prolaze kroz ventilacionu cev ϕ 2400 mm i to na različitim stacionažama, kako bi se dobio uvid u stanje ventilacionih cevi i podatak o gubicima vazduha u njima.

Ostali parametri

U skladu sa propisima o podzemnim radovima vrše se redovna merenja:

- temperature vazduha
- vlažnosti vazduha
- koncentracije respirabilne prašine u vazduhu
- koncentracije silikatne prašine u vazduhu
- koncentracije H_2S
- količine čađi (od dizel motora) u vazduhu
- kapaciteta ventilatora
- depresije ventilatora.

Dosadašnje pojave metana u tunelu

Metan je do sada dolazio u tunelski vazduh iz:

- odminiranog materijala
- minskih bušotina
- bušotina predvrtanja
- podine u stepenici
- podine i čela kalote
- bušotina za ankere i
- pukotina u torkretu.

Odbrana od metana u tunelu

Da bi se povećala zaštita od upale ili eksplozije metana u tunelu preduzete su sledeće mere:

Učestalost indiciranja metana

Ručnim interferometrima metan se indicira na različitim mestima u tunelu prosečno više od 50 puta na dan. Pomoću dva prenosna metanometra, tip GTM, metan se indicira svake minute i to na mestima određenim za svaku fazu rada posebno, tako da se na jednom od njih može očitati koncentracija svakih 0,5 minuta. Jedan metanometar, tip INP Zagorje indicira metan kontinuirano. I ovaj metanometar se premešta po kaloti u zavisnosti od faze rada.

Svi prenosni metanometri daju zvučne i svetlosne signale kod 0,5 ili više procenata metana. Zvučni signali imaju tako podešenu učestalost da se čuju i pri najvećoj buci u tunelu.

Sa tri mesta u tunelu davači za metan daju podatke svake četiri minute, tako da se u stanici za daljinsku kontrolu registruju koncentracije metana 1125 puta na dan.

Količina vazduha

U tunel se dovodi na kraju ventilacione cevi ϕ 2400 mm 3600 m^3/min vazduha tako da se eksplozivna smeša može formirati tek kod izboja čistog metana u količini od 120 m^3/min. Ventilacione cevi ϕ 2400 mm postavljaju se na 100 do 130 m ispred čela kalote. Na njih su fleksibilno spojene cevi ϕ 1600 mm tako da je na samom čelu radilišta izlazna brzina vazduha velika, što poboljšava izmenu vazduha i stvara snažnu turbulenciju koja sprečava stvaranje metanskih traka.

Predvrtavanje

Čelo kalote redovno se predvrtava sa tri 30–metarske bušotine ϕ 76 mm. Preklapanje bušotina iznosi najmanje 5 m. Bušotine daju

podatke za prognoziranje eventualnih većih izboja metana ili vode.

Daljinska kontrola

Gornji (viši) pragovi alarma programirani su na 1,0% metana. Kod ove koncentracije automatski se isključuju dovodi električne energije u tunel. Ovaj prag je u skladu sa slovenačkim propisima o tunelogradnji.

Obučenost zaposlenih u tunelu

Obučenosti zaposlenih u tunelu posvećena je posebna pažnja. Svi radnici su predavanjima i uputstvima za rad upoznati sa potencijalnim opasnostima kod pojava većih koncentracija metana u tunelu. Uputstva su napisana za svaku fazu rada.

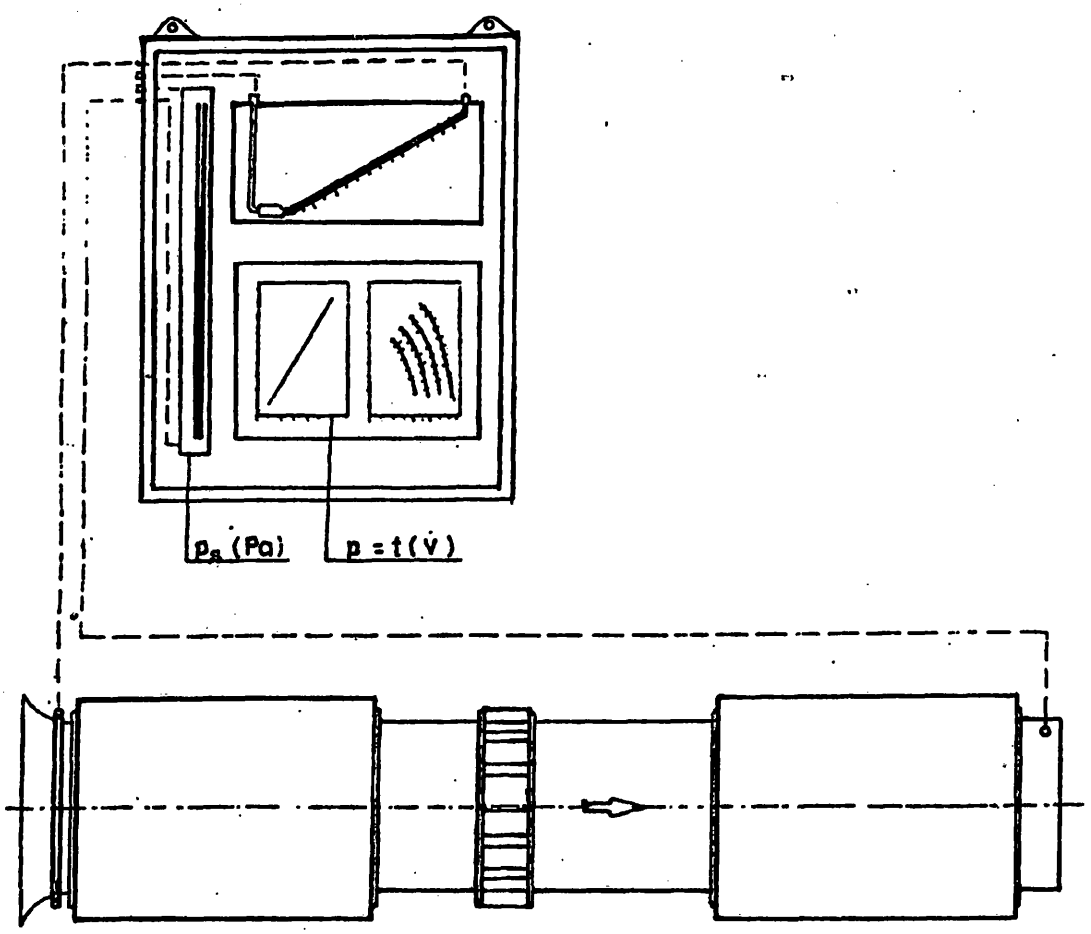
Plan odbrane i spasavanja

Napravljen je plan odbrane i spasavanja ljudi iz tunela za sve slučajeve potencijalnih opasnosti kao što su: pojave opasnih jamskih gasova, veće pojave vode, veća zarušavanja, požari i sl.

Dva puta godišnje vrši se probno povlačenje zaposlenih iz tunela po planu odbrane i spasavanja.

Četa za spasavanje

Na radilištu je formirana četa za spasavanje. U slučaju potrebe 6 obučenih članova čete za spasavanje brzo intervenišu izolacionim aparatima. Izvršeno je nekoliko manjih i jedna veća probna vežba čete za spasavanje.



Sl. 1 — Šema ventilatora sa priključenim depresiometrima

Ventilatori

Vazduh se dovodi u tunel pomoću dva ventilatora, čija je snaga 2 x 250 kW. Kapacitet svakog ventilatora, kad radi punom snagom i sa maksimalnim uglom zaokrenutosti lopatica, je 5500 m^3/-min. Ventilatori su proizvod fabrike Korfmann, tip AI 18 2500/1050/400.

Daljinska kontrola vazduha

Ispred ulaza u tunel postavljena je stanica za daljinsku kontrolu vazduha sa centralom CTT francuskog proizvođača Oldham. U centrali se obrađuju i registruju podaci davača koji su instalirani u tunelu i to: tri davača za metan, dva za brzinu vazdušne struje, jedan za ugljen monoksid, jedan za atmosferski pritisak i osam alarmnih uređaja.

Alarmni uređaji postavljeni su kod svakog davača za metan i na svakih 500 m tunela.

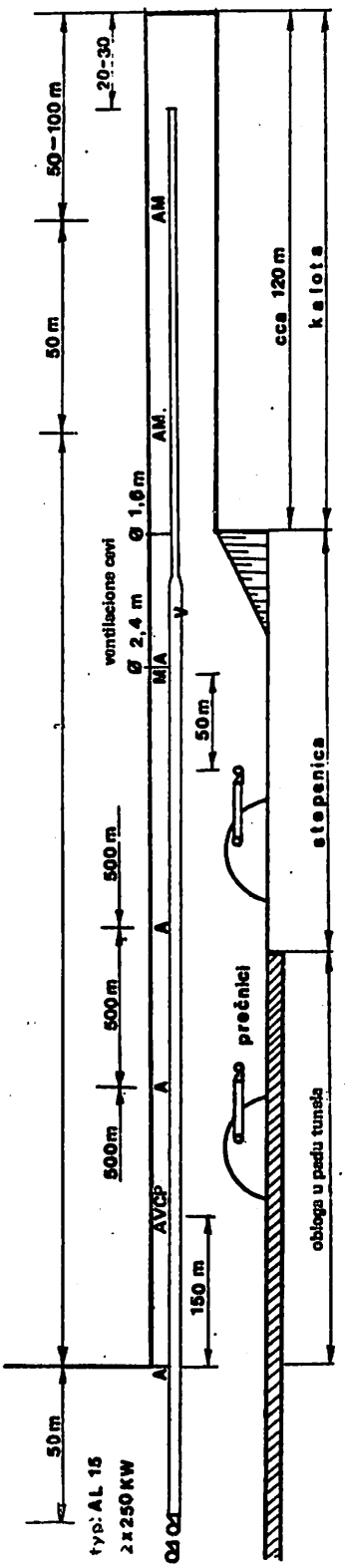
Prvi davač za metan postavljen je 50–100 m iza čela kalote, drugi 50 m iza prvog, a treći 30–50 m ispred ulaza vazduha u ventilator za provetravanje. Davači za ugljen monoksid, brzinu izlazne vazdušne struje i atmosferski pritisak postavljeni su 150 m od ulaza u tunel.

Davač za brzinu ulazne vazdušne struje postavljen je na kraju ventilacione cevi ϕ 2400 mm.

Centrala je programirana na dva nivoa alarma. Na prvom nivou (0,5% CH_4) centrala daje zvučne i svetlosne signale. Na drugom, višem nivou (1% CH_4) i centrala i alarmni uređaji daju zvučne i svetlosne signale i isključuju se dovodi električne energije u tunel.

Sa svakog alarmnog uređaja može se uspostaviti telefonska veza sa centralom.

Svi podaci, obrađeni u centrali, registruju se na papirne trake svake 4 minute.



Sl. 2 – Šematski prikaz daljinske kontrole vazduha

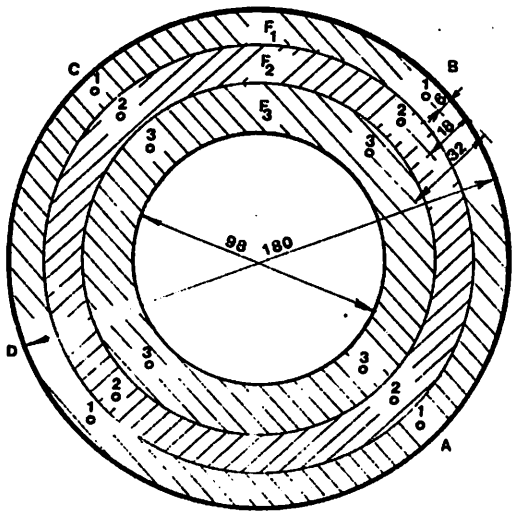
A – alarmni uređaj
M – davač za metan
P – davač za pritisak
C – davač za CO
V – davač za brzinu ventilacione struje

Merenja na ventilatorima

Merenje depresije u različitim tačkama ventilatora

Režim rada ventilatora: radila su dva ventilatora u 3. stepenu sa 5/5 položajem lopatica.

Depresije su merene u tačkama koje se nalaze na težišnim linijama jednakih površina F_1, F_2 i F_3.
$F = F_1 + F_3 = 1{,}79\ m^2$
$t_s = 22{,}1^oC$
$t_{vl} = 17{,}1^oC$
$\rho = 1{,}12\ kg/m^3$
$B_a = 711{,}4$ mm Hg
$B_a = 948$ m bar



Tačka merenja	Depresija ukupna Pa	Depresija statička Pa	Depresija dinamička Pa	Brzina vazduha u pojedinim tačkama m/s	Prosečna brzina vazduha u ventilatorima m/s
A1	1487,3	542,9	944,4	41,07	
A2	1607,3	425,2	1182,1	45,94	
A3	1265,2	481,4	783,8	37,41	
B1	1509,6	516,6	993,0	42,11	
B2	1639,1	491,3	1147,8	45,26	
B3	1451,1	481,3	969,8	41,61	
C1	1562,1	406,7	1155,4	45,42	40,22
C2	1532,9	398,2	1133,7	44,99	
C3	922,6	435,2	487,4	29,50	
D1	1479,5	610,5	869,0	39,39	
D2	1457,3	647,3	810,0	38,03	
D3	1256,5	686,5	570,0	31,90	

Kapaciteti ventilatora u zavisnosti od režima rada

Režim rada ventilatora			Kapacitet m^3/min
Broj	Stepen	Propeler	
1	3	2/5	3592
1	3	4/5	4125
1	3	5/5	4349
2	2	5/5	4320
2	3	2/5	4177
2	3	4/5	4916
2	3	5/5	5487

Merenja količina vazduha u ventilacionim cevima ϕ 2400 mm

Stacionaža, m	Količine vazduha, m^3/min			
00	4154	4121	5487	
60	3809			4658
260	3156			
460	3156			
500			4970	
720	2959	2714		
830	2855			4486
900	2525	2579	4220	
1000			4124	
1500			3760	4230
2000			3300	
2410				2885

Napomena: Količine vazduha u ventilacionim cevima merene su kada je na kaloti nedostajalo vazduha, tako da se pomoću merenja moglo konstatovati gde su najveći gubici. Stacionaža 00 znači da se merio kapacitet ventilatora.

Zaključci

Najveću pažnju služba ventilacije posvetila je odbrani od metana. Služba ventilacije ima veliki udeo u kontroli sigurnosti radilišta i u slučaju kada u tunelu nema metana. Zbog velikog obima poslova koje ova služba obavlja, ona je neophodna i u tunelima koji metan ne ugrožava.

U SR Sloveniji napravljen je Pravilnik o tunelogradnji, prvi u Jugoslaviji, pa je potrebno da ih naprave i ostale republike, kao i da se napravi Savezni pravilnik o tunelogradnji.

Autori se nadaju da su uspeli dokazati neophodnost da svaki duži tunel ima, između ostalog, i organizovanu službu ventilacije i da su dali skromni doprinos za buduće pravilnike o tunelogradnji.

Literatura

1. Janežič, S., Bajželj, U.: Projekat posebnih mera zaštite u tunelu Karavanke.

2. Teply E., Zagoričnik: Ventilacija karavanškog tunela.

3. Podkrajšek, P., Jurič: Projekt rasporeda mjernih točaka po tunelu Karavanke za CH_4, CO, Q1, Q2 i elektronapajanje.

4. Jovanović, G.: Ventilacija jamskih prostorija.

5. Uputstva: Oldham, Dräger, Varnost, Zagorje i Korfmann.

SUMMARY

Ventilation of Tunnel Caravan Mountains – South During Construction

Advance through the Caravan Mountains from the south side is carried out mainly through methane–bearing carbonaceous shales. Mechanization is mainly diesel driven, while the electric equipment is not of explosive protected type.

The paper outlines the organization of ventilation in the tunnel, as well as the method and frequency of measurement of dangerous underground gases concentration in tunnel air. The results of air volumes measurements in ventilation ducts and at the fans are presented.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewetterung vom Tunnel Karavanka – Süd in der Ausbaustufe

Der Fortschritt durch die Karavanka von der südlichen Seite wird im grösstem Teil durch Karbonische Schiefer bei Methangehalt durchgeführt. Die Mechanisation ist hauptsächlich mit Dieselmotoren ausgerüstet, und die Elektro–Ausrüstung ist nicht in Schlagwetterschutz ausgeführt.

In disem Artikel ist die Organisation vom Bewetterungsdienst im Tunnel dargelegt, und die Art so wie die Haufigkeit von der Konzentrationsmessung der gefährlichen Grubengasen in der Luft im Tunnel. Es sind die Messungsergebnisse der Luftmenge in den Entlüftungsrohren (Wetterluten) und in den Lüfter dargestellt.

РЕЗЮМЕ

Вентиляция туннеля Караванке–юг в стадиюме строительства

Подвигание туннеля через Караванки с южной стороны выполняется, в большой части, через метаноносные сланцы карбона. Механизация перемещается, в основном, с помощью визел–привода, а электро–оборудование не в взрывобезопасном выполнении.

В этой статье дается обзор организации службы проветривания туннеля и способ и частота измерений концентрации вредных шахтных газов в воздухе туннеля. Даются и результаты измерений количества воздуха в вентиляционном трубопроводе и в вентиляторах.

Autori: dipl.inž. Sabahudin Filipović, Geološki zavod, Ljubljana i dipl.inž. Milan Črepinšek, SCT Ljubljana
Recenzenti: dr inž. J. Bralić i mr inž. V. Elezović, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 1.12.1988, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 626.877.1.001.1 : 577.47
Stručni rad

PRIKAZ OSNOVNIH PRINCIPA PROJEKTOVANJA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE NA PRIMERU FLOTACIJSKOG JALOVIŠTA SUVA RUDA – RAŠKA

(sa 1 slikom)

Dragoljub Urošević – Vladimir Ivanović

Uvod

Zakonom o rudarstvu i Zakonom o izgradnji investicionih objekata u SR Srbiji definisani su pristup i uslovi za izgradnju rudarskih i industrijskih objekata. Pored prethodnih radova, koji imaju poseban tretman u ovim zakonima, investitor je obavezan da izradi investicioni program. Program se radi na osnovu stručne dokumentacije kojom se detaljno analiziraju tehnički, ekonomski, tehnološki, energetski, urbanistički, geološki, meteorološki, saobraćajni i drugi uslovi. Poseban tretman u ovim analizama imaju uslovi za zaštitu životne sredine. To je naročito istaknuto u čl. 17, tačka 6 Zakona o izgradnji investicionih objekata.

Na primeru idejnog projekta proširenja postojećeg flotacijskog jalovišta flotacije Rudnice – deo: Zaštita životne sredine, koji je uradio Rudarski institut – Beograd, prikazano je utvrđivanje uticaja flotacijskog jalovišta na prirodne i stvorene vrednosti u životnoj sredini. Ovo bi trebalo da bude i sastavni deo investiciono–tehničke dokumentacije za proširenje flotacijskog jalovišta.

Ovim idejnim projektom je analiziran uticaj projektovane tehnologije na tri potencijalno ugrožena ambijenta biosfere: vodu, zemlju i vazduh.

Posebno je analiziran odnos projektovanog tehnološkog postupka, kroz višegodišnju eksploataciju, prema biosferi i njenim reusrsima u užim razmerama.

Jedan deo informacionog materijala, na bazi kojeg je rađen ovaj projekat, dobijen je od RO Rudnik olova i cinka „Zorka" – Suva Ruda i sastojao se od:

– tehničko–tehnološke dokumentacije objekata i kapaciteta koji će se graditi i
– egzaktnih podataka o mogućim zagađivačima životne sredine,

dok je drugi deo iskustveni i literaturni domen Rudarskog instituta kroz studije i ekspertize koje su vezane za karakteristike mogućih izvora zagađenja životne sredine, kada su u pitanju flotacijska jalovišta. Pri tom je posvećena pažnja sledećim elementima obrade:

– specifikaciji objekata koji bi se mogli javiti kao zagađivači životne sredine, počev od lokacije pa do identifikacije vrste i količina supstanci koje bi zagađivale životnu sredinu
– pregledu novoprojektovanih postupaka i uređaja za prečišćavanje otpadnih produkata, u odnosu na njihovu funkcionalnost i rekonstrukcione zahvate koji se planiraju
– utvrđivanju budućeg stepena ugroženosti životne sredine na bazi egzaktnih podataka, metodama proračuna i procene
– uvidu u generalne smernice razvoja SO Raška u pogledu namena površina na svom području
– sprečavanju emitovanja štetnih materija iz tehnološkog procesa u životnu sredinu primenom odgovarajućih mera zaštite.

Opis projektovane tehnologije

Novo flotacijsko jalovište predstavlja proširenje postojećeg flotacijskog jalovišta, kako bi pogon flotacije u Rudnici imao dovoljno prostora za deponovanje flotacijske jalovine za period od oko 4 godine.

Postojeće jalovište, u celini, kao i projektovano proširenje pripadaju ravničarskom tipu sa slivnom površinom koja je jednaka površini samog jalovišta. Količine vode koje se dobijaju hidrološkim proračunima zanemarljivo su male u odnosu na količinu tehnološke vode koja cirkuliše kroz jalovište.

Problem uticaja atmosferskih padavina eliminisan je samim tehnološkim procesom odlaganja materijala preko taložnog jezera i prelivnog kolektora kojim se reguliše nivo vode u jalovištu.

Flotacijsko jalovište nalazi se pored postojećeg — sadašnjeg jalovišta na desnoj obali reke Ibra na rečnom aluvijalnom nanosu na lokaciji Malo Polje, u neposrednoj blizini naselja Rudnice, na zemljištu čija je približna površina 1,5 ha. Lokaciju je utvrdio investitor sa ciljem da ubrza izgradnju i produži vek eksploatacije postojećeg jalovišta, dok se u međuvremenu ne izgrade potrebni objekti novog jalovišta kao trajnije rešenje.

Jalovište se formira od materijala iz flotacijske jalovine, a inicijalna brana je od kamenog nabačaja. Postupak gradnje brane jalovišta je repulpiranjem materijala sa starog jalovišta, hidrauličnim transportom i ugradnjom, tako da nije potrebno dodatno nabijanje materijala.

Dalja izgradnja se ostvaruje peskom hidrociklona iz flotacijske jalovine iz redovne proizvodnje flotacije.

Procena mogućeg uticaja novoprojektovane tehnologije na životnu sredinu

Postoji mogućnost da u toku tehnološkog procesa odlaganja flotacijske jalovine dođe do povremenog izdvajanja štetnih materija u biosferu. Ovo emitovanje štetnih materija je povezano sa primenjenim tehničkim rešenjima, kako sa tehnološkog aspekta, tako i sa aspekta zaštite životne sredine.

Pristup definisanju uticaja projektovane tehnologije na životnu sredinu je utvrđivanje — formiranje katastra zagađivača. U katastar zagađivača uključuju se svi potencijalni izvori koji bi, eventualno, mogli ugroziti životnu sredinu, a nalaze se u fizičkim okvirima projektovane tehnologije. U tom smislu analizirani su sledeći izvori kao potencijalni uzročnici narušavanja životne sredine:

Zagađenje vazduha

— brana jalovišta kao izvor prašine, s obzirom na granulo sastav (pesak) same brane

Zagađenje voda

— odlagalište flotacijske jalovine zbog prisustva opasnosti od prodora voda sa određenim sadržajem reagenasa

Zagađenje zemljišta

— odlagalište i brana flotacijskog jalovišta zbog ceđenja i mogućih prodora ocednih voda u podzemne vode.

Zagađenost vazduha prašinom sa flotacijskog jalovišta posledica je podizanja prašine sa površina jalovišta. Intenzitet ovog izvora zavisi od više faktora, kao što su: karakteristike i sadržaj deponovanog materijala, klimatski i meteorološki uslovi, tehnika i tehnologija deponovanja i, naravno, efektivnost primenjenih metoda zaštite od zagađivanja vazduha.

Emisija prašina (E) koje nastaju „eolskom erozijom" površina otkrivenih — skladiranih različitih materijala, različitog granulometrijskog sastava i vlažnosti, može se proceniti pomoću relacije:

$$E = EsF \quad mg/s$$

gde su:

Es — specifična emisija, $mg/s \cdot m^2$ (eksperimentalni podatak)
F — površina izložena vetru, m^2

„Rad" flotacijskog jalovišta može nepovoljno uticati i na kvalitet površinskih i podzemnih vodotokova. Posle većih padavina, otkrivene površine deponovanog peska i flotacijskog mulja mogu uticati na zagađenje površinskih vodenih tokova, s obzirom da postoji mogućnost spiranja odnosno odnošenja mulja. Tom prilikom postoji mogućnost da, pored fizičkog, dođe i do hemijskog zagađenja vodotokova.

Zagađenje zemljišta uglavnom je sekundarna posledica zagađivanja vazduha i vode. Mnogo je veći problem degradacije površinskog sloja zemlje – vrlo često plodnog zemljišta i promene reljefa usled obimnih hidrograđevinskih radova. Zagađenje zemljišta, zbog postojanja flotacijskog jalovišta Suva Ruda, može biti:

a. kontaminacijom, što podrazumeva proces unošenja u tlo vrlo različitih čvrstih i tečnih materija. U ovom slučaju to se odnosi na prašinu sa brane i jalovišta. Ceđenjem kroz tlo moglo bi da dođe i do kontaminacije podzemnih voda

b. destrukcijom, što predstavlja teži oblik, koji dovodi do gubljenja zemljišta i

c. potpunim uništenjem zemljišta, što predstavlja po svojoj težini i posledicama najteži oblik uništenja, jer praktično dovodi do fizičkog nestajanja zemljišta.

Na flotacijskom jalovištu u toku eksploatacije nema izvora buke, koji bi remetili životnu sredinu.

Procena vrste i obima zagađenja

Procena uticaja tehnološkog procesa na kvalitet zemljišta i na pustošenje površine zemljišta

Analizom je utvrđeno da se kod tehnološkog procesa odlaganja flotacijske jalovine ne izbacuju nikakve čvrste štetne materije van flotacijskog jezera, koje bi mogle da zagade okolno zemljište. Otuda se procenjuje da projektovane tehnologije ne utiču na zagađivanje zemljišta u okolini, već samo na izmenu reljefa i kvalitet površinskog sloja zemljišta.

Na jalovištu ne postoji nikakva mogućnost zagađivanja zemljišta naftnim derivatima, s obzirom da je mala mogućnost eventualnog prolivanja ulja za motore i podmazivanje, jer takvih uređaja i nema, a prisustvo motornih vozila i građevinskih mašina je veoma retko.

Transportni putevi su putevi na brani i u prilazu flotacijskom jezeru. S obzirom da je jalovište izgrađeno od peska, putevi su na nenabijenoj podlozi, te postoji mogućnost da se prilikom prolaska vozila izdvaja veća količina prašine.

Procena uticaja tehnološkog procesa na kvalitet voda i vodotokova

Industrijskom vodom se može smatrati samo voda koja služi kao medijum za transport (hidraulički) jalovine. Druge industrijske vode nema. U ovoj vodi sadržani su flotacijski reagensi koji ne smeju dospeti u Ibar.

Uticaj ove vode na zagađenje vodotokova, usled ceđenja kroz jalovinski materijal, ne bi trebalo da je prisutan, ali što se tiče podzemnih voda mogućnost zagađenja postoji, s obzirom na blizinu jalovišta reci Ibru. Međutim, procena je da je ova mogućnost mala, jer se do sada nisu javila zagađenja u Ibru od postojećeg flotacijskog jalovišta.

Problem fekalnih voda ne postoji, s obzirom da u okolini jalovišta nisu predviđeni sanitarni objekti.

Atmosferske vode spiraju površine flotacijskog jalovišta, ali to su sitne frakcije peska koje ne mogu da zagade površinske vode, naročito posle filtracije kroz podzemlje. Prema tome, ne postoji opasnost zagađenja vodotokova i zemljišta od spoljnih atmosferskih voda.

Procena uticaja tehnološkog procesa na zagađenje vazduha

Kroz analizu mogućih izvora zagađenja vazduha utvrđeno je da je kod projektovane tehnologije jedina štetna materija – prašina. Zbog toga je ova štetnost i analizirana sa aspekta distribucije od izvora – tehnologije u okolni prostor.

Da bi se mogao analizirati ovaj aspekt neophodni su, pored podatala o emisijama, i podaci o meteorologiji (naročito koji se odnose na karakteristike vetra), kao i zakonski regulativi za ovu vrstu problematike.

Kod izrade ovog elaborata investitor nije imao adekvatne meteorološke podatke, pa je za procenu zagađenja vazduha korišćen orijentacioni podatak da je procena brzina vetra na lokalitetu jalovinskog jezera oko 3,5–4 m/s. Prema ovom podatku urađena je provera uticaja u pravcu nekoliko kuća u neposrednoj blizini flotacijskog jezera.

Kao što je već napomenuto, jedina mogućnost zagađenja vazduha prašinom javlja se na formiranom jalovištu, ili na osušenim površinama jalovišta. U fazi odlaganja ova mogućnost je eliminisana s obzirom na vrlo vlažan materijal. Isto se odnosi i na transport jalovine do mesta deponovanja, jer se ovaj postupak obavlja hidrauličkim putem. Međutim, formiranje površine jalovišta, pošto se ocedi

voda, mogu postati značajni emitori prašine ukoliko budu izloženi jakom vetru.

Kako je za procenu mogućeg zagađenja vazduha u okolini flotacijskog jalovišta potreban podatak o emisiji, to će se na ovom mestu to i utvrditi, korišćenjem iskustvenih podataka Rudarskog instituta i orijentacionih brzina vetra od 4,6 i 9 m/s i to za najnepovoljniji slučaj, kada su 2/3 flotacijskog jalovišta suve, odnosno izvori prašine. Prema izloženom, tada je:

za $V_1 = 4$ m/s $\quad Es_1 = 2$ mg/s · m^2
za $V_2 = 6$ m/s $\quad Es_2 = 6$ mg/s · m^2
za $V_3 = 9$ m/s $\quad Es_3 = 35$ mg/s · m^2

Površina izložena vetru je F ≈ 1 ha. Tada su adekvatne emisije:

$E_1 = 20.000$ mg/s = 20 g/s
$E_2 = 60.000$ mg/s = 60 g/s
$E_3 = 350.000$ mg/s = 350 g/s

Iz izloženog se vidi da emisija može biti velika, te je i opasnost od zagađenja vazduha i kontaminacije zemljišta u okolini prisutna. Proračun je urađen pod vrlo povoljnim uslovima za emisiju prašine, tj. kada je vlažnost materijala ispod 6%. Sa povećanjem vlažnosti, a pri istim brzinama vetra, i emisije će biti manje.

Analiza rasprostiranja prašine i moguć uticaj na okolinu urađeni su za sledeće uslove:

– emisija je sa maksimalne površine jalovišta (podrazumeva istovremeni „rad" 2/3 površine flotacijskog jalovišta), E = 60 g/s
– brzina vetra iznosi 6 m/s
– pravac vetra je „prema najbližoj kući"
– vreme je sunčano i suvo i
–preovlađuje protočna šema strujanja vetra.

Procena nivoa buke u okolini naselja

Na osnovu uvida u projektovanu tehnologiju buka neće ugrožavati okolna naselja.

Sprečavanje emitovanja štetnih materija iz tehnološkog procesa u životnu sredinu

Sprečavanje oštećenja zemljišta

Izvođenjem planiranih radova na formiranju i eksploataciji flotacijskog jalovišta doći će neminovno i do degradacije zemljišta na lokaciji Malo Polje. Pored ovoga, u neposrednoj okolini ovih lokacija doći će i do izvesne degradacije zemljišta, u funkciji planiranih trasa cevovoda, a takođe i do kontaminacije zemljišta zbog sedimentacije prašine iz vazduha raznete vetrom sa flotacijskog jalovišta.

Projektno rešenje i način formiranja flotacijskog jalovišta Suva Ruda određeni su odgovarajućim prostorno–planskim i tehničkim uslovima prema nameni; međutim, kompletno projektno rešenje se ne uklapa u postojeći prirodni ambijent i u estetskom smislu narušavaće prirodni ambijent u kome će se nalaziti.

Sprečavanje isticanja zagađenih voda iz tehnološkog procesa u vodotokove i izvorišta

Analizom potencijalne opasnosti konstatovano je da neće biti prisutna opasnost od zagađenja postojećih vodotokova otpadnim vodama iz tehnološkog procesa eksploatacije. Projektno rešenje ne predviđa ispuštanje tehnoloških voda u prirodni recipijent.

Prema podacima koji su utvrđeni za flotacijska jalovišta, gubici vode koja prispeva u jezero jalovišta nastaju zarobljavanjem vode u mulju jezera jalovišta, isparavanjem vode iz jezera i ostalim gubicima i iznose oko 20% od ukupne vode koja je prispela na jalovište. Količina od 80% vode bi se ispuštala iz kolektora i drenažnog sistema jalovišta. S obzirom na zagađenost ove vode, postoje dva rešenja: prvo, pre ispuštanja u prirodne vodotoke, reku Ibar, vodu treba prečistiti od elemenata koji prelaze zakonom dozvoljene koncentracije i drugo, vodu vratiti u tehnološki proces flotacijske koncentracije. Ekonomičnije je vodu vratiti u tehnološki proces jer, prema dosadašnjem iskustvu, uštede se postižu na svežoj vodi pri potrošnji reagenasa (regulatora sredine, penušača i kolektora) i njihovim učešćem 15–20% u troškovima prečišćavanja vode (postrojenje za prečišćavanje otpadne vode, reagensi za prečišćavanje, radna snaga); iz ovih razloga treba da se otpadna voda sa jalovišta vrati u tehnološki proces flotacijske koncentracije.

Za ovaj način zaštite prirode od zagađenih otpadnih voda pre izrade glavnih projekata, odnosno pre puštanja u rad postrojenja za vraćanje vode, treba uraditi detaljna laboratorijska ispitivanja kako bi se utvrdila tehnologija rada postrojenja sa povratnim vodama jalovišta.

Ukoliko se prihvati orijentacija za prečišćavanje otapdnih voda pre izlivanja u recipijent, treba uraditi ispitivanja za izbor tehnologije prečišćavanja otpadnih voda i izbor postrojenja.

Sprečavanje rasprostiranja aerozagađenja

Kao potencijalna štetna materija za vazduh okoline pojavljuje se samo prašina. Izvori prašine su površine flotacijskog jalovišta.

Ovi izvori prašine imaju prizemni karakter sa povremenim dejstvom i ograničenom daljinom rasprostiranja lebdeće frakcije, što podrazumeva ne samo uticaj na vazduh radne okoline, već i u znatnoj meri životne sredine. Iz ovih razloga su definisane mere zaštite sa kojima će se sprečiti izdvajanje prašine i njeno prisustvo u vazduhu radne, a samim tim i životne okoline.

Osnovna mera za sprečavanje izdvajanja prašine sa površina odlagališta je biološka rekultivacija. Međutim, ovom prilikom biće reči o sprečavanju izdvajanja prašine pre nego što površine odlagališta prekriju rastinja, kao posledica rekultivacije.

Iz iskustvenih podataka se uočava da su suvi periodi i brzina vetra veća od 4 m/s retki, javljaju se u maksimalno 10% slučajeva, pa se samo tada mogu očekivati i prekoračenja dozvoljenih koncentracija lebdeće prašine u okolini. Za ovakve karakteristične situacije treba predvideti odgovarajuću meru zaštite — veštačku kišu, odnosno kvašenje površina jalovišta vodom. Ovim postupkom se obezbeđuje povećana vlažnost materijala na svim površinama jalovišta, a samim tim i bolje slepljivanje čestica materijala, tako da je uzvitlavanje prašine svedeno na mnogo manju meru, odnosno ukrupnjene čestice zahtevaju veću kritičnu brzinu vetra za podizanje sa podloge i transport kroz vazduh.

Tehničko rešenje za veštačku kišu je nezavisni sistem koji se sastoji iz mreže cevovoda, mlaznica i pumpne stanice.

Cevovod se sastoji iz jednog magistralnog voda, koji je postavljen po padu kosine brane, i četiri ogranka postavljena po pružanju, odnosno po obodu brane. Magistralni vod je povezan sa pumpnom stanicom, koja se snabdeva vodom iz reke Ibra (sl. 1). Cevovod se formira od lakih prenosnih cevi koje se povezuju brzo na licu mesta i na koje se montiraju mlaznice.

Svi ogranci snabdeveni su specijalnim mlaznicama koje rasprskavaju vodu stvarajući utisak veštačke kiše. Broj mlaznica je definisan površinom koja se kvasi i tipom mlaznice. Raspored mlaznica sa dometom r = 15 m dovoljno dobro pokriva površinu koja se kvasi (sl. 1).

Pumpna stanica je locirana pored Ibra. To je laki građevinski objekat tipa sojenice u kome su postavljeni pumpa sa pogonom na motor sa unutrašnjim sagorevanjem, filtar za vodu i pripadajuća armatura.

Princip rada

Instalirani sistem nikad ne radi kompletan, već rade jedan po jedan ogranak. Prvo rade viši ogranci, zatim niži. Maksimalan kapacitet sistema je projektovan prema najdužem ogranku, za 10 mlaznica, i iznosi min. 50 m^3/h. Puštanje ogranka u rad izvodi se ručno pomoću ugrađenih, loptastih slavina.

Vreme rada jednog ogranka je između 30—60 min, s tim što se kvašenje odvija dva do tri puta u toku dana.

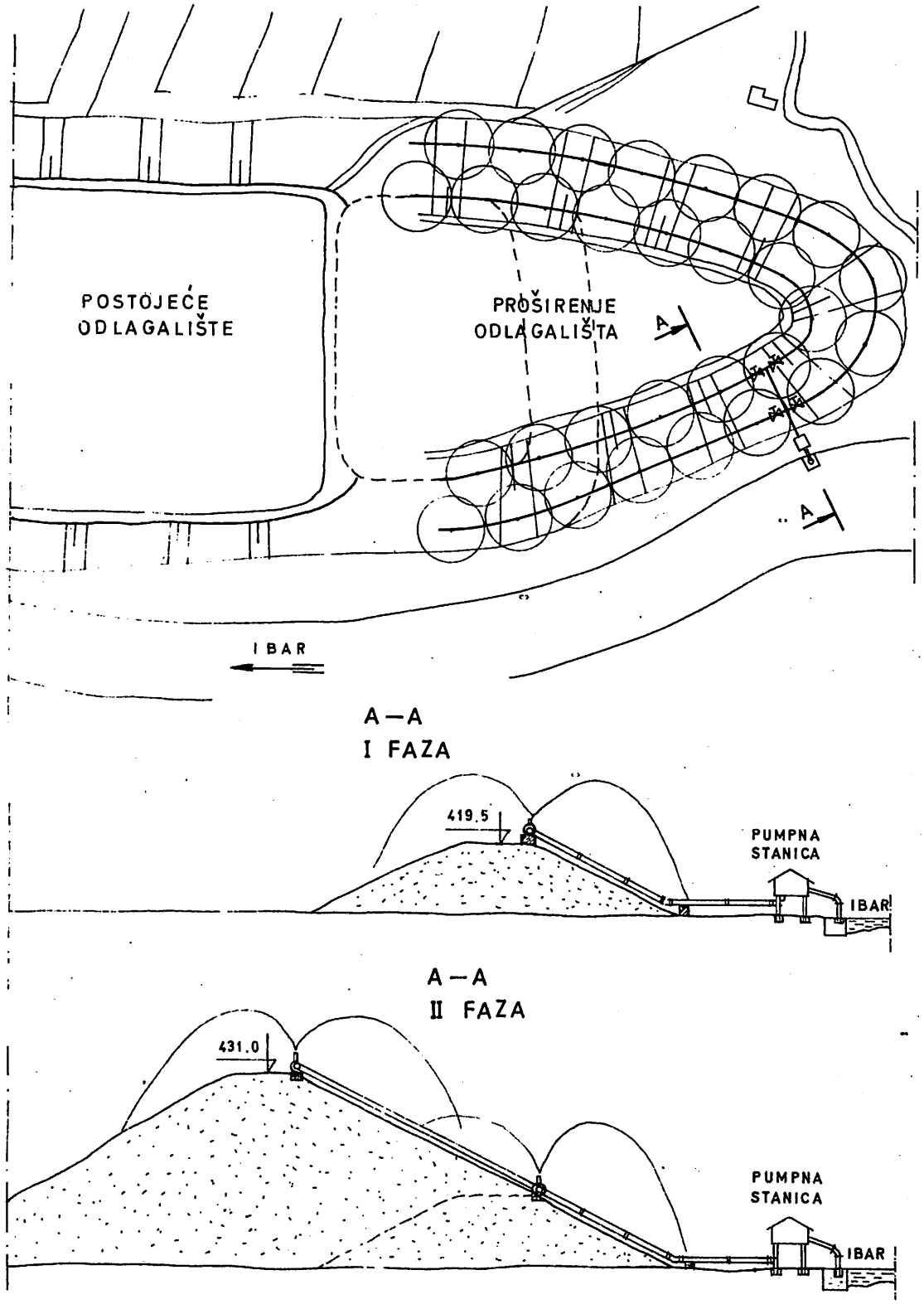
Izgradnja sistema veštačke kiše ima dve faze (sl. 1):

— prva se odvija u vreme formiranja brane do kote 419,5 m, a obuhvata izgradnju pumpne stanice i vodozahvata i montažu 2 ogranka cevovoda sa mlaznicama na koti 419,5 m

— druga se odvija posle formiranja brane do kote 431,0 m, a obuhvata montažu druga dva ogranka cevovoda sa mlaznicama na koti 431,0 m.

Primenom ove tehničke mere zaštite smanjila bi se emisija prašine, a samim tim bi prizemne koncentracije u okolini bile manje, odnosno odnošenje sitnih frakcija materijala sa jalovišta bi bilo daleko manje. Smanjenju emisije doprineće i planirani postupak formiranja jalovišta, kao i program rekultivacije, odnosno sukcesivnog privođenja zemljišta kulturi na delovima skladova koji su definitivno formirani, a zemljište pripremljeno za brzo izrastanje travnatog i drugog rastinja. Time se umanjuje eolska erozija, tj. emisija prašine.

Primenom opisanog postupka kvašenja mogu se smanjiti emisije i do deset puta, a sa dodatnim efektom rekultivacionih mera i više od trideset puta.



Sl. 1 – Veštačka kiša

Radi provere ove konstatacije urađen je proračun širine zaštitne zone pri emisiji prašine smanjene za dvadeset puta i dobijena vrednost od 4 m za širinu zaštitne zone. Bez primene mera zaštite širina zaštitne zone je iznosila oko 340 m.

Zaštitna zona od 4 m dovoljno je bezbedna u odnosu na najbližu kuću, koja je udaljena od brane oko 25 m.

Podobnost objekta u odnosu na zaštitu životne sredine

Imajući u vidu izložene rezultate, može se zaključiti da će flotacijsko jalovište Suva Ruda imati odgovarajući i zadovoljavajući stepen zaštite životne sredine, ukoliko se primene projektovane tehnološke i analizirane i predložene tehničke mere zaštite.

Pored navedenih tehničko–tehnoloških rešenja, neophodno je zbog obezbeđenja kontinuiteta kvalitetne zaštite predvideti u okviru službe održavanja i poslove i radne zadatke za stalnu kontrolu i održavanje konstruktivnih i radnih karakteristika dela tehnološke opreme, koja se odnosi na zaštitu radne i životne sredine.

Potrebna investiciona ulaganja

Programom eksploatacije i rekultivacije predviđene su i adekvatne mere zaštite, te su u okviru ovih investicionih ulaganja pokriveni i troškovi za mere zaštite životne sredine. Dodatni element investicija je sistem za kvašenje – sistem za veštačku kišu.

Literatura

1. Idejni projekat proširenja postojećeg flotacijskog jalovišta flotacije rudnika olova i cinka Suva Ruda, Raška – deo: zaštita životne sredine. – Rudarski institut, Beograd, 1988.

2. Glavni projekat nadgradnje postojećeg flotacijskog jalovišta rudnika Suva Ruda – deo: zaštita životne sredine. – Rudarski institut, Beograd, 1988.

SUMMARY

Review of Basic Principles of Environmental Protection Design Examplified by Flotation Tailings Pond Suva Reka–Raška

Outlined is the methodological approach in design of environmental protection in the vicinity of flotation tailings disposal areas in line with preliminary analysis of influental factors, followed by analysis of the possibility of preventing environmental pollution by use of appropriate protective measures.

ZUSAMMENFASSUNG

Darstellung der Grundprinzipien der Planung von Umweltschutz am Beispiel der Flotationshalde Suva Ruda – Raška

Es ist ein planmässiger Beitritt bei der Projektierung vom Umweltschutz in der Umgebung der Flotationshalden bearbeitet, mit einer vorangehender Analyse von Einflussfaktoren der Verunreinigung, die Bewertung ihrerer Einflüsse, und weiter eine Analyse der Verhütungsmöglichkeit bei der Verunreinigung der Umgebung (Umwelt) durch verwenden entsprechenden Schutzmassnahmen.

РЕЗЮМЕ

Обзор основных принципов проектирования защиты жизньеной среды на примере отвала флотации Сува Руда – Рашка

Выроботан методологический подход проектированию защиты жизньеной среды в окрестности отвалов флотации с предварительным анализом: факторов влияющих на загрязнение жизньеной среды, оценки их влияния, а потом и анализа возможности предупреждения загрязнения жизньеной среды применением соответствующих мер защиты.

Autori: dr inž. Dragoljub Urošević i dipl.inž. Vladimir Ivanović, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dipl.inž. M. Adamović, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 8.3.1989, prihvaćen 27.3.1989.

UDK 662.757
Originalni naučni rad
– primenjeno–istraživački

KORIŠĆENJE MEŠAVINA UGALJ–VODA–TEČNO GORIVO U KOTLOVSKIM POSTROJENJIMA KOJA SAGOREVAJU MAZUT

Vojislav Vuletić

Uvod

Nedostatak uvoznih tečnih goriva u industriji i širokoj potrošnji uslovio je orijentaciju naše zemlje na korišćenje sopstvenih energetskih izvora, prvenstveno uglja.

Nagli porast energetske potrošnje u svetu ubrzava istraživanja novih tehnologija kojima može uspešno da se zameni nedostajuća nafta.

U Sovjetskom Savezu izvršena su istraživanja sagorevanja mešavine ugalj–voda u ciklonskim ložištima. U Sjedinjenim Američkim Državama se za transport uglja od rudnika do termoelektrane koristi cevni transport mešavine ugalj–voda koja se, uz delimično sušenje, koristi u ciklonskim ložištima. Istovremeno u Sjedinjenim Američkim Državama i Zapadnoj Nemačkoj se vrše istraživanja gasifikacije grube disperzije mešavine sa česticama uglja krupnoće 3 mm. Posebno pripremljena mešavina ugalj–voda za sagorevanje u ložištima kotlovskih postrojenja se takođe istražuje.

U svim istraživanjima korišćen je sprašen kvalitetan kameni ugalj sa oko 40% vode.

Prelazak na korišćenje uglja u kotlovskim postrojenjima koja koriste mazut uslovljen je nizom projektantskih i konstruktivnih teškoća. Najveći problem predstavlja ugradnja ložnog uređaja i prateće opreme.

S obzirom da ložni uređaj predstavlja sastavni deo ložišta, bilo da je sagorevanje u sloju na rešetki ili u letu u sprašenom stanju, postojeća konstrukcija kotlarnice, temelji i gabariti ložišta i kotla ne dozvoljavaju ugradnju rešetke, pepeljare, mlinova, recirkulacionih kanala i druge opreme neophodne za sagorevanje uglja.

Rekonstrukcija za prelazak na korišćenje uglja umesto mazuta, u većini slučajeva, svodi se na rušenje postojećeg i izgradnju novog postrojenja uz korišćenje pojedinih elemenata starog postrojenja. Iz tog razloga su investicije visoke, a rekonstrukcija dugo traje.

Tehnologija sagorevanja mešavina ugalj–voda, ugalj–tečno gorivo ili ugalj–voda–tečno gorivo kojima je moguće, sa relativno malim investicionim zahvatima na kotlovskom postrojenju, bez ikakvog ili sa neznatnim smanjenjem kapaciteta, zameniti deficitarna uvozna tečna goriva, pruža velike mogućnosti, ali i zahteva obimna istraživanja mogućnosti primene naših ugljeva koji imaju specifične karakteristike. Iz tog razloga Rudarski institut je počeo projektovanje i izgradnju poluindustrijskog postrojenja za istraživanje mogućnosti pripreme i sagorevanja navedenih mešavina.

Karakteristike mešavina

Da bi se sagledala mogućnost zamene tečnih goriva mešavinama ugalj–mazut ili ugalj–voda, neophodno je da se izvrše kontrolni termički proračuni za već izgrađena kotlovska postrojenja.

Provera rada zagrevnih površina i njihovo ponašanje pri radu sa raznim gorivima i produktima sagorevanja bio je osnovni cilj ovih proračuna.

Iz tog razloga izvršeno je određivanje karakteristika mešavina i njihovih produkata sagorevanja koje su date u tablicama 2 i 3.

Ugalj, korišćen za mešavine, je iz basena Kolubara; posebno je pripremljen, tj. separisan, opran i osušen. Tako pripremljen ima osnovne karakteristike date u tablici 1.

Karakteristike uglja od kojih je sačinjena mešavina

Tablica 1

	Oznaka	Dimenzija	Veličina
Vlaga	W	%	5,70
Pepeo	A	%	8,25
Ugljenik	C	%	57,04
Vodonik	H	%	5,74
Sumpor sagorljiv	S_{sag}	%	0,31
Azot+kiseonik	O+N	%	2,56
Donja toplotna moć	H_d	MJ/kg	21,285

Udeo uglja u obe mešavine iznosi 50%.

sa velikim sadržajem vode. Sagorevanje goriva vrši se u plamenoj cevi u kojoj se toplotna energija predaje radnom fluidu uglavnom zračenjem. Na zadnjoj strani kotla obično se nalazi ozidana komora u koju produkti sagorevanja skreću i prolaze kroz snopove dimnih cevi, a onda napuštaju kotao sa zadnje strane. Karakteristike i prednost ove vrste kotlovskih postrojenja su: velika ozračena površina ložišta, velika brzina produkata sagorevanja u dimnim cevima, prema tome intenzivan konvektivan prelaz toplote u njima, kompaktna konstrukcija, intenzivna cirkulacija vode, kao i velika akumulaciona sposobnost.

Proračuni su izvršeni na blok kotlovima Fabrike kotlova MINEL–Beograd, tip TE–101 i TE–106 kapaciteta 1 t/h odnosno 5 t/h zasićene vodene pare. Biće prikazani samo rezultati proračuna na kotlu TE–106.

Karakteristike kotla date su u tablici 4.

Mešavina ugalj–mazut

Tablica 2

	Oznaka	Jedinica	Veličina
Težinski udeo ugljenika	C	%	71,30
Težinski udeo vodonika	H	%	8,10
Težinski udeo sagorljivog sumpora	S_{sag}	%	0,65
Težinski udeo azota	N	%	1,50
Težinski udeo kiseonika	O	%	9,20
Težinski udeo vlage	W	%	5,00
Težinski udeo pepela	A	%	4,25
Donja toplotna moć goriva	H_d	MJ/kg	32,525
Teorijska zapremina kiseonika potrebna za sagorevanje	V_{O_2}	m^3/kg	1,724
Teorijska zapremina vazduha potrebna za sagorevanje	V_L	m^3/kg	8,211
Teorijske zapremine produkata sagorevanja:			
– azota	V_{N_2}	m^3/kg	6,498
– ugljendioksida	V_{CO_2}	m^3/kg	1,330
– sumpordioksida	V_{SO_2}	m^3/kg	0,005
– suvih troatomnih produkata sagorevanja	V_{RO_2}	m^3/kg	1,339
– vodene pare	V_{H_2O}	m^3/kg	1,109

Karakteristike plamenodimocevnog blok kotlovskog postrojenja

Plamenodimocevna blok kotlovska postrojenja predstavljaju danas najrasprostranjeniji tip kotlova

Izvod značajnih veličina iz termičkog proračuna dat je u tablici 5.

Proračun je izvršen za sve tri vrste goriva: osnovno za koje je kotlovsko postrojenje projekto-

Zapremine produkata sagorevanja

Višak vazduha	α	–	1,0	1,1	1,2	1,3
Vodena para	V_{H_2O}	m^3/kg	1,101	1,14	1,128	1,141
Suvi produkti sagorevanja	V_{gs}	m^3/kg	7,833	8,659	9,475	10,296
Vlažni produkti sagorevanja	V_g	m^3/kg	8,935	9,769	10,603	11,437
Zapreminski udeo vodene pare	rH_2O	–	0,123	0,114	0,106	0,100
Zapreminski udeo troatomnih gasova	rRO_2	–	0,149	0,137	0,126	0,117
Zbirni zapreminski udeo	rN	–	0,273	0,251	0,232	0,216
Masa produkata sagorevanja	Mg	kg/kg	11,680	12,753	13,825	14,897
Gustina produkata sagorevanja	ρg	kg/m^3	1,307	1,305	1,304	1,303

Mešavina ugalj–voda

Tablica 3

Težinski udeo ugljenika	C	%	30,25
Težinski udeo vodonika	H	%	3,04
Težinski udeo sagorljivog sumpora	S_{sag}	%	0,17
Težinski udeo azota	N	%	2,00
Težinski udeo kiseonika	O	%	10,17
Težinski udeo vlage	W	%	50,00
Težinski udeo pepela	A	%	4,37
Donja toplotna moć goriva	H_d	MJ/kg	11,18
Teorijska zapremina kiseonika potrebna za sagorevanje	V_{O_2}	m^3/kg	0,665
Teorijska zapremina vazduha potrebna za sagorevanje	V_L	m^3/kg	3,166
Teorijske zapremine produkata sagorevanja:			
– azota	V_{N_2}	m^3/kg	2,517
– ugljendioksida	V_{CO_2}	m^3/kg	0,564
– sumpordioksida	V_{SO_2}	m^3/kg	0,001
– suvih troatomnih produkata sagorevanja	V_{RO_2}	m^3/kg	0,566
– vodene pare	V_{H_2O}	m^3/kg	1,014

vano– mazut, kao i za dve vrste mešavine: ugljeni prah–mazut i ugljeni prah–voda.

Može se primetiti da je pri radu sa mešavinom ugljeni prah–voda kapacitet kotla manji za 20%. Razlog je niža toplotna moć, odnosno adijabatska temperatura sagorevanja, a tim i znatno manji prijem toplote u ložištu kotla, iako su veličine toplotnog opterećenja površine i zapremine ložišta za sva tri goriva približno iste. Prijem toplote u cevnim snopovima pri sagorevanju ove mešavine je veći nego pri sagorevanju mešavine ugljeni prah–mazut i pri sagorevanju mazuta. Razlog su veće zapremine produkata sagorevanja, a samim tim i veće brzine odnosno koeficijenti prelaza toplote.

Znatno niži stepen korisnosti posledica je ne toliko više temperature produkata sagorevanja na kraju kotla, koliko većeg viška vazduha neophodnog da se izvrši potpuno sagorevanje.

Zapremine produkata sagorevanja

Višak vazduha	α	–	1,0	1,1	1,2	1,2
Vodena para	V_{H_2O}	m^3/kg	1,014	1,019	1,024	1,029
Suvi produkti sagorevanja	V_{gs}	m^3/kg	3,083	3,399	3,716	4,033
Vlažni produkti sagorevanja	V_g	m^3/kg	4,097	4,418	4,740	5,062
Zapreminski udeo vodene pare	rH_2O	–	0,247	0,231	0,216	0,203
Zapreminski udeo troatomnih gasova	rRO_2	–	0,138	0,128	0,119	0,112
Zbirni zapreminski udeo	rN	–	0,386	0,357	0,335	0,315
Masa produkata sagorevanja	Mg	kg/kg	5,091	5,505	5,918	6,332
Gustina produkata sagorevanja	ρ_g	kg/m^3	1,243	1,246	1,249	1,251

Karakteristike kotla

Tablica 4

Karakteristike ložišta	Oznaka	Dimenzija	Veličina
Zapremina	V_L	m^3	6,0
Ukupna površina	F_L	m^2	24,9
Srednja vrednost stepena ekranisanja	ψ	–	0,5547
Ekranisana površina	H_L	m^2	23,0
Debljina gasnog sloja	S	m	0,874
Koeficijent iskorišćenja plamena cevi	η_{pc}	–	0,6
Cevni snop I			
Broj cevi	n	kom.	70
Dužina cevi	l	m	4,6
Dimenzije cevi	ϕ_{xs}	mm	63,5x3,6
Debljina gasnog sloja	S_I	m	0,051
Grejna površina	H_I	m^2	56,9
Površina za prolaz gasova	F_{gI}	m^2	0,174
Cevni snop II			
Broj cevi	n	kom.	46
Dužina cevi	l	m	4,6
Dimenzije cevi	ϕ_{xs}	mm	63,5x3,6
Debljina gasnog sloja	S_{II}	m	0,050
Grejna površina	H_{II}	m^2	36,9
Površina za prolaz gasova	F_{gII}	m^2	0,111

Izvod značajnijih veličina iz termičkog proračuna blok kotlovskog postrojenja

Tablica 5

Veličina	Oznaka	Dimenzija	Gorivo		
			mazut	mazut–ugalj	ugalj–voda
Kapacitet kotlovskog postrojenja	D	t/h	5	5	4
Količina radnog goriva	B_r	kg/h	337	435	1093
Toplotna moć goriva	H_d	MJ/kg	41	32,525	11,18
Višak vazduha u kotlu	α	–	1,15	1,20	1,30
Teorijska temperatura sagorevanja	t_{ad}	°C	1940	1848	1351
Toplotno opterećenje zapremine ložišta	q_v	kW/m^3	637	653	562
Toplotno opterećenje površine ložišta	q_p	kW/m^2	155	158	136
Količina predate toplote u ložištu	Q_L	kW	2017	1870	1138
Temperatura produkata sagorevanja na izlazu iz ložišta	t_{liz}	°C	995	1007	911
Količina predate toplote u cevnom snopu I	Q_I	kW	1003	1109	1152
Temperatura produkata sagorevanja na izlazu iz cevnog snopa I	t_{Iiz}	°C	438	460	451
Količina predate toplote u cevnom snopu II	Q_{II}	kW	238	283	315
Temperatura produkata sagorevanja na izlazu iz cevnog snopa II (kotla)	t_{IIiz}	°C	295	310	312
Stepen korisnosti kotla	η_k	%	84,7	82,7	76,8

РЕЗЮМЕ

Использование смеси уголь–вода–жидкое топливо в котельных устройствах сжигающих мазутное масло

Выполнены расчет и анализ возможности обмена импортных жидких топлив смесями угольная мелочь – вода и угольная мелочь – мазутное масло в существующих блок-котельных устройствах отечественного производства. Расчеты выполнены в цельо замечания поведения и работы отопительных поверхностей и продуктов сгорания. Анализи показали что обмен возможен только с уменьшением производительности котельных устройств при сгорании смеси угольная мелочь – вода.

Autor: dr inž. Vojislav Vuletić, Zavod za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd
Recenzent: dr inž. B. Perković, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 14.3.1989, prihvaćen 27.3.1989.

NOVE TEHNOLOGIJE
Bager za podvodna otkopavanja

Jugoslovensko preduzeće za proizvodnju električne energije SOUR „Elektrovojvodina" je poručila od zapadnonemačke kompanije Orenstein & Koppel AG veliki plovni bager sa podvodnim rotorom, koji će se koristiti za dobijanje lignita. O &K je osigurala ugovor u oštroj međunarodnoj konkurenciji iz Holandije i SAD.

Dubina bagerovanja će biti 60 m ispod površine; moćnost pojedinih slojeva varira od 2 do 10 m. Otkopni prostor se nalazi odmah uz reku Dunav u blizini grada Kovina, gde je, već mnogo godina ranije, bila planirana eksploatacija lignita.

„Fizibiliti" studija jugoslovenskog Rudarskog instituta je pokazala da će eksploatacija ovih lignitskih ležišta biti ekonomičnija plovnim bagerima — a zacelo i manje štetna po okolinu od otkopavanja opremom za površinski kop.

Podvodni rezni rotor će prvo skinuti otkrivku koja se sastoji od šljunka i peska, a zatim će otkopavati lignit. U završnoj fazi, kada elektrana koja se planira za ovo područje dostigne svoju nominalnu proizvodnju od 3 x 210 MW, još tri do četiri plovna bagera će ući u rad.

Glavne karakteristike:

— dimenzije pontona (plovila)	55 x 15 x 4 m
— dubina bagerovanja	45 m (može se povećati do 60 m)
— prečnik odvodnog cevovoda	900 mm
— kapacitet odlaganja otkrivke	2.300 m^3/h
— maksimalna dužina odlaganja	4.900 m
— maksimalna geodetska visina	19 m iznad nivoa vode

Plovni bager je opremljen sa tri bagerske pumpe od kojih svaka ima pogonski kapacitet od 3.000 kW.

Rezni rotor ima prečnik 4.500 mm, a pogoni ga podvodni motor od 750 kW.

Ukupna energija plovnog bagera će iznositi 15.000 kVA. Ovo ga čini najsnažnijom jedinicom ove vrste.

NEW TECHNOLOGIES
Bucketwheel Dredger

Yugoslav company for electric power generation SOUR „Elektrovojvodina" ordered from the West German Company Orenstien & Koppel AG a large bucketwheel dredger to be used for lignite mining. O & K obtained the contracte in a severe international competition from Holland and the United States.

The dredging depth will be 60 meters below the water surface; the thickness of individual layers varies from two to ten meters. The mining area is located immediately along the River Danube near town Kovin, where lignite exploatation was planned many years earlier.

The Feasibility Study prepared by the Yugoslav Mining Institute indicated that exploatation of these lignite deposits will be more profitable by dregers — and certainly with a lower environmental impact compared with use of equipment for opencast mining.

The dredge bucketwheel cutter will remove the overburden first, consisting of gravel and sand, and then mine the lignite. In the final stage, when the power generating plant planned for this area reaches its nominal output of 3 x 210 MW, another three to four dredgers will be put into operation.

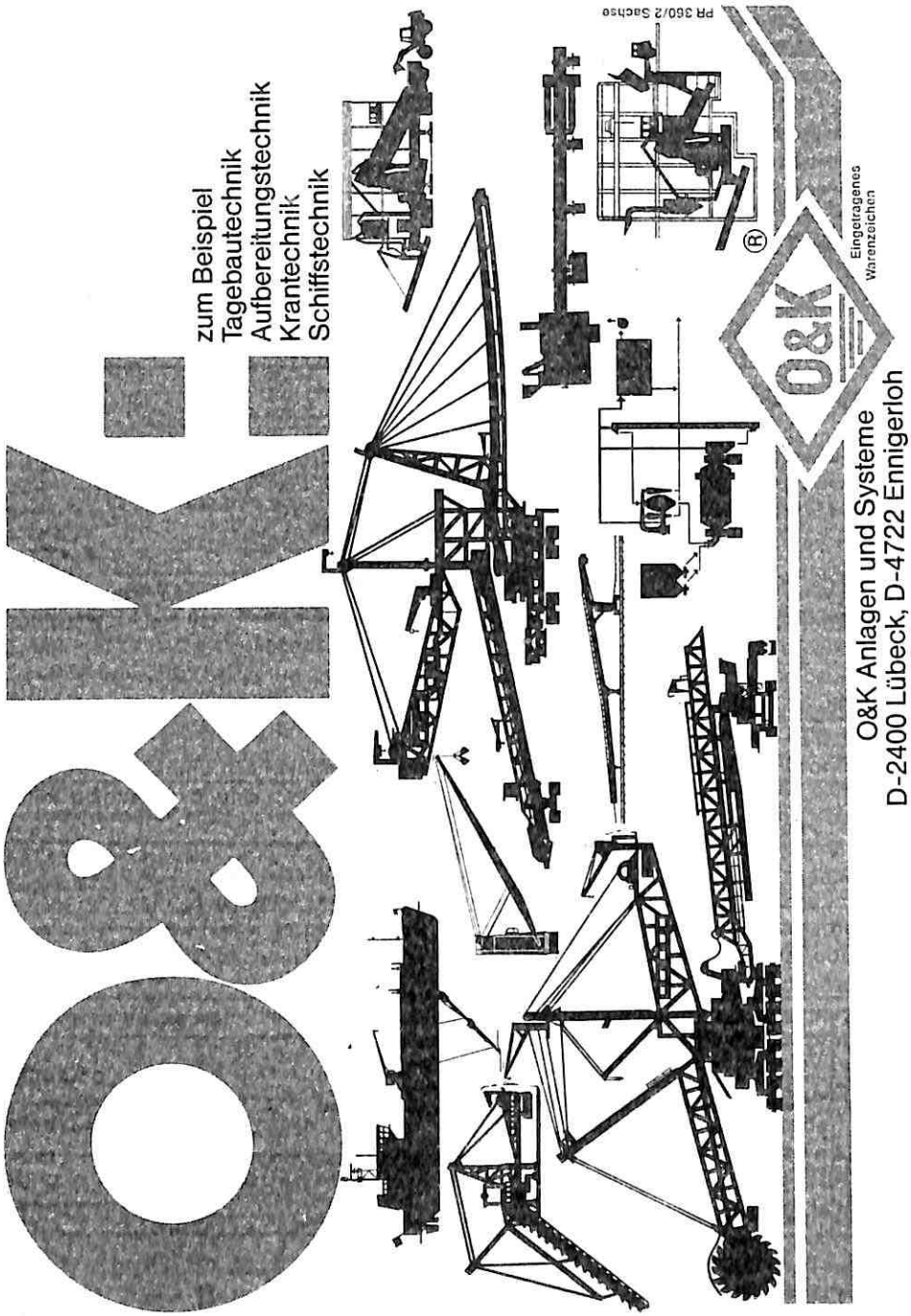
Principal properties:

— pontoon (ship) dimensions	55 x 15 x 4 m
— dredging depth	45 m (extendable to 60 m)
— discharge pipeline diameter	900 m
— overburden disposal capacity	2,300 m^3/h
— maximum disposal distance	4,900 m
— maximum geodetic height	19 m above water level

The dredger will br fitted with three dredge pumps, each with a drive capacity of 3,000 kW.

The Cutter bucket—wheel diameter will be 4,500 mm, driven by a submerged motor of 750 kW.

The overal dredger power requirement will total 15,000 kVA. This makes it the most powerful unit of this type.


O&K
zum Beispiel
Tagebautechnik
Aufbereitungstechnik
Krantechnik
Schiffstechnik
PR 360/2 Sachse
O&K
Eingetragenes Warenzeichen
O&K Anlagen und Systeme
D-2400 Lübeck, D-4722 Ennigerloh

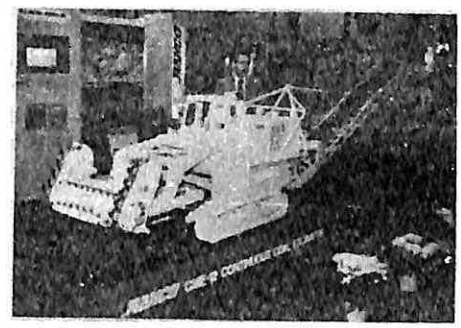
Mašina za izradu hodnika MKIIB

Mašina za izradu hodnika MKIIB firme Dosco Overseas Engineering Ltd. teška je 44 tone i konstruisana za otkopavanje tvrdih i srednje tvrdih stenskih naslaga na koje se nailazi u većini slučajeva pri izradi tunela. Zavisno od specifikacija kupaca, MKIIB je idealna za rezanje do visine od 5,5 m. Mašina ima i priključke za uključivanje rezanja uz pomoć vode pod visokim pritiskom (od 3.000 ψ do 10.000 ψ), uređaje za ankerovanje krovine, uređaje za sondažno bušenje, praćenje profila i potpuno automatski rad. Dosco nudi široki spektar mašina za izradu hodnika specijalno konstruisanih i pripremljenih za izradu tunela sa prečnicima od 2 do 12 m. Najnoviji dodatak je katarka za izradu hodnika CTM5 sa kratkim štitom, čime se omogućuje postavljanje podgrada blizu čela hodnika. Mašina može da radi sa čeličnim rebrima ili betonskim prstenima.

Mining Reporter 11

Mašina za dobijanje rude CME–12

Kod mašina za dobijanje rude CME–12 firma R.A. Hanson Co. Inc. je izradila mašinu sa čeonim rasporedom reznih alata. Visina otkopavanja od 4,6 m se ostvaruje pomoću hidrauličkog adaptera. Podsecanje mašine CME–12 je 0,15 m. Ova mašina



za dobijanje rude je sada na ispitivanju u površinskom kopu Glenrock Mine u Vajomingu i kasnije treba da bude puštena u rad na površinskom kopu Antelope Mine.

Mining Reporter 83

Bibliografija

Oručević, F.: **Informaciono–upravljački sistemi na površinskim kopovima uglja** (srp.–hrv.) „Tehnika", 43(1988)9, str. 812–815, 3 il.

Chironis, N. P.: **Elastični programi za elektronski računar uprošćavaju planiranje radova** (Versatile compute programs simplify planning operations)
„Coal", 25(1988)7 str. 81, (engl.)

Olenin, V. V.: **Ekonomski kriterijumi za uporednu ocenu efektivnosti korišćenja prirodnih i tehnoloških resursa obojenih metala** (Ekonomičeskie kriterii sravnitel'noj ocenki éffektivnosti ispol' zovanija prirodnyh i tehnologičeskih resursov cvetnyh metallov)
„Cv. metallurgija", (1988)8, str. 7–9, 1 tab.., 4 bibl.pod., (rus.)

Culauf, Ja. K. i dr.: **Metodika ekonomske ocene celishodnosti otkopavanja ranije ostavljenih rezervi uglja** (Metodika ékonomičeskoj ocenki celesoobraznosti otrabotki ranee ostavlennyh zapasov uglja)
„Soveršen. tehnol. obrab. krutyh ugol. plastov Kuzbassa", Prokop'evsk, 1988, str. 12–16, 1 bibl.pod., (rus.)

Čaplygin, N. N. i dr.: **Godišnje planiranje podzemnih rudarskih radova na elektronskom računaru** (Godovoe planirovanie podzemnyh gornyh rabot na ÉVM)
„Anal. sistem. i upr. imi v gorn. pro–ve", Apatity, 1988, str. 15–18, 1 il., 1 tabl., (rus.)

Denby B. i Kordestani, S. S.: **Projektovanje i planiranje pomoću elektronskog računara. Sadašnjost i budućnost** (Computer – aided maine design and planning . . . present and future trends)
„World Mining Equip.", 12(1988)7–8,str. 34–36, 2 il., (engl.)

Willie, J. M.: **Rekonstrukcija jamskih okana** (New shafts for old)
„Eng. and Mining J", 189(1988)8, str. 34–36, 2 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (engl.)

Veselov, Ju. A. i dr.: **Efektivna tehnologija i prioritetna organizacija radova na produbljivanju ventilacionog okna** (Éffektivnaja tehnologija i peredovaja organizacija rabot po uglubke ventiljacionnogo stvola)
„Šaht. str–vo", (1988)10, str. 26–27, 1 il., 1 tabl., (rus.)

Red. Bekžanov .G. R.: **Tehnika i tehnologija bušenja i izrade rudarskih istražnih prostorija** (Tehnika i tehnologija burenija i prohodki gorno–razvedočnyh vyrabotok)
Kaz. NII mineral. syr'ja, Alma–Ata, 1988, 92 str., il., (knjiga na rus.)

Nazarenko, Ju. B. i Krylov, I. V.: **Utvrđivanje zakonitosti formiranja jamskog pritiska oko jamskih prostorija** (Ustanovljenie zakonomernosti formirovanija gornogo davlenija vokrug vyrabotok)
„Ugol'", (1988)10, str. 20–21, 4 bibl.pod., (rus.)

Zoteev, V. G. i dr.: **Metoda i program proračuna naponsko–deformacionog stanja konstrukcionih elemenata jamskih prostorija u kompaktnom i rastresitom masivu** (Metod i programma rasčeta naprjaženno–deformirovannogo sostojanija konstruktivnyh élementov gornyh vyrabotok v splošnom i treščinovatom massive)
„Čistel. metody ocenki ustojčivosti podzemn. sooruž.", Apatity, 1988, str. 33–36, 6 il., 6 bibl.pod., (rus.)

Bulyčev, N. S. i Korobka, A. I.: **Primena metoda konačnih i graničnih elemenata za numeričko modeliranje naponsko–deformacionog stanja podzemnih objekata** (Primenenie metodov konečnyh i graničnyh élementov dlja čislennogo modelirovanija naprjaženno–deformirovannogo sostojanija podzemnyh sooruženij)
„Čisl. metody ocenki ustojčivosti podzemn. sooruž.", Apatity 1988, str. 37–41, 3 il., 5 bibl.pod., (rus.)

Red. Demidov, Ju. V: **Numeričke metode za ocenu stabilnosti podzemnih objekata. Zbornik naučnih radova** (Čislennye metody ocenki ustojči-

vosti podzemnyh sooruženij. Sb. nauč. tr.)A.N. SSSR Kol. fil. Gorn. in–t, Apatity, 1988, 111 str., il., (zbornik na rus.)

Drzeźla, B. i dr.: **Metoda za prognoziranje raspodele napona u zonama uticaja otkopanih delova stenskog masiva** (Metoda prognozowania rozkladow naprezen w strefach oddzialywań zaszolości eksploatacyjnyćh)
„Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.", (1988)10, str. 351–361, 4 il., 3 bibl.pod., (polj.)

Orzepowski, S. i dr.: **Merenja vertikalnih i horizontalnih deformacija minskih bušotina u rudniku bakra „Rudna"** (Pomiary pionowej i poziomej deformacji otworów wiertniczych w kopalni miedzi „Rudna")
„Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.", (1988)10, str. 129–140, 4 il., 1 tab., 4 bibl.pod., (polj.)

Hazen, F.A. i Sargand, S.M.: **Metode za ocenu dejstva potkopavanja slojeva na površinska pomeranja** (Metods for assessing effects of hongwall mining on surface subsidance)
„Mining Eng.", (USA), 40(1988)6, str. 451–454, 8 il., 9 bibl.pod., (engl.)

Kolokolov, O.V. i dr.: **Izbor dimenzija komora i oblika krovine metodom konačnih elemenata** (Vybor razmerov kamer i formy krovli metodom konečnyh élementov)
„Čisl. metody ocenki ustojčivosti podzemn. sooruž.", Apatity, 1988, str. 76–85,7 il., 4 tabl., (rus.)

Satybaldin, O.B. i dr.: **Efektivnost kombinovanog zasipavanja i smanjenje gubitaka rude u ležištu** (Effektivnost' kombinirovannoj zakladki i sokraščenie poter' rudy v nedrah)
„Razrab. tehn.–ékon. obosnovanija rac. tehnol. vyemki polezn. iskopaemyh iz celikov i dejstvujušč. gorn. predprijatij" – materialy soveščanija 5–7 apr. 1988, Frunze, 1988, str. 22–23, (rus.)

Podkorytov, V.S. i Kalinovskij, K.A.: **Usavršavanje zasipnih radova u jamama SUBR-a** (Soveršenstvovanie zakladočnyh rabot na šahtah SUBRa)
„Podzemn. razrab. moščn. rudn. mestoroždenij", Sverdlovsk, 1987, str. 66–68, 1 tabl., (rus.)

Gelašvili, G.M.: **Pojava jamskog pritiska pri otkopavanju moćnog sloja opasnog na udar u seizmički aktivnom rejonu** (Projavlenie gornogo davlenija pri razrabotke moščnogo udaroopasnogo plasta v sejsmoaktivnom rajone)
„Ugol'", (1988)8, str. 33–35, 3 il., 4 bibl.pod., (rus.)

Kornowski, J. i dr.: **Metoda pobuđivanja seizmičko–akustične aktivnosti i njena primena za ocenu stepena opasnosti od gorskih udara** (Metoda wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej i jej zastosowanie do oceny stanu zagrozenia)
„Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.", (1988)10, str. 429–436, 3 il., (polj.)

Stopiński, W. i dr.: **Laboratorijska ispitivanja mogućnosti korišćenja merenja električnog otpora sredine za analizu procesa njenog dinamičkog razaranja** (Wykorzystanie zmian oporności elektrycznej dla analizy dynamicznego znieszczenia ośrodka w badaniach laboratoryjnych)
„Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.", (1988)10, str. 43–67, 7 il., 34 bibl.pod. (polj.)

Tolubaev, A.V.: **Karakteristike primene igdanita A–6 u jami im. Gubkina u kombinatu KMAruda** (Osobennosti primenenija igdanita A–6 na šahte imeni Gubkina kombinata KMAruda)
„Issled. vzryv. metoda droblenija gorn. porod s primeneniem prostejš. VV", M., 1988, str. 30–38, 2 il., 1 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

Zakamenskij, V.M. i Pajčadze, L.N.: **Metodika laboratorijskog ispitivanja eksploziva pod pritiskom stuba tečnosti** (Metodika laboratornogo issledovanija vzryvčatyh veščestv pod davleniem stolba vody)
„Issled. vzryv. metoda droblenija gorn. porod s primeneniem prostejš. VV", M., 1988, str. 51–54, 1 il., 1 bibl.pod., (rus.)

Speranskij, A.K. i dr.: **Punjenje minskih bušotina emulzionim eksplozivom** (Zarjažanie skvažin émul'sionnymi VV)
„Soveršen. burovzryvn. rabot v nar. h–ve Vses. 10 jubil. naučno–tehn. sovešč. Gubkin, 27–29 sept. 1988; Tez. dkl.", M., 1988, str. 140, (rus.)

Odincov, S.N. i Musin, V.H.: **Kompleksna mehanizacija miniranja u rudnicima Tirniauzkog kombinata za volfram i molibden** (Kompleksnaja mehanizacija vzryvnyh rabot na rudnikah Tyryauzskogo vol'framo–molibdenovogo kombinata)
„Nauč.–tehn. konf. posvjašč. 50–letiju n.–i. sekt. SK GMI: Tez. dok.", Ordžonikidze, 1988, str. 84–85, (rus.)

Seinov, N.P.: **Efikasne metode i sredstva primene energije eksplozije na površinskom otkopava-**

nju (Éffektivnyė metody i sredstva primenenija énergii vzryva na otkrytyh razrabotkah)
„Soverš. burovzryvn. rabot. v nar. h–ve: Vses. 10 jubil. naučno–tehn. soveščan. Gubkin, 27–29 sept. 1988 Tez. dok.", M., 1988, str. 147, (rus.)

Frantov, A. E. i Vel'kin, P. A.: **O efektivnosti primene detonacionih bušotina različite snage** (Ob éffektivnosti primenenija detonirujuščih špurov različnoj moščnosti)
„Issled. vzryv. metoda droblenija gorn. porod s primeneniem prostejš. VV", M., 1988, str. 82–93, 4 il., 2 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

Petrov, Ju. S.: **Usavršavanje sistema za električno iniciranje minskih punjenja** (Soveršenstvovanie sistem élektričeskogo inicirovanija zarjadov)
„Nauč.–tehn. konf., posvjašč. 50–letiju n.–i. sekt. SK GMI: Tez. dok.", Ordžonikidze, 1988, str. 230–231, (rus.)

Red. Bronnikov, D. M.: **Ispitivanje metode drobljenja stena miniranjem uz primenu prostih eksploziva** (Issledovanie vzryvnogo metoda droblenija gornyh porod s primeneniem prostejših VV) M., IPKON AN SSSR, 1988, 102 str., 21 il., 17 tabl., 45 bibl.pod., (knjiga na rus.)

Podozerskij, D. S. i dr.: **Uticaj sistema minsko punjenje – stena na karakter formiranja zone razaranja pri miniranju** (Vlijanie sistemy zarjad – poroda na harakter formirovanija zony razrušenija pri vzryve)
„Anal. sistem i upr. imi v gorn. pr–ve", Apatity, 1988, str. 56–59, 2 il., 2 tabl., 1 bibl.pod., (rus.)

Allard, P.: **Optimizacija kontrole vibracija. Kriterijumi i oblasti osmatranja** (Optimisation des controles de vibrations. Critères avec spectres de surveillance)
„Ind. miner.: Mines et carrieres. Suppl. Techn.", 70(1988)3, str. 95–105, 1 tabl., 17 bibl.pod., (franc.)

Pribori za merenje intenziteta seizmičkih potresa i udarnih vazdušnih talasa (Pribory dlja izmerenija intensivnosti sejsmičeskih kolebanij i udarnyh vozdušnih voln)
„World Mining Equip.", 12(1988), str. 36–38, 1 il., (rus.)

Thiard, R.: **Tehnički zadaci kod miniranja** (Objectifs techniques des tirs)
„Ind. miner.: Mines et carriers. Suppl. Techn.", 70(1988)3, str. 8, (franc.)

Kutuzov, B. N. i dr.: **Matematički model optimalnog rasporeda eksploziva različitih tipova u minskom punjenju** (Matematičeskaja model' optimal'nogo razmeščenija raznotipnyh VV v skvažinom zarjade)
„Soverš. burovzryv. rabot v nar. h–ve: Vses. 10 jubil. naučno–tehn. soveščan., Gubkin, 27–29 sept. 1988. Tez. dokl.", M., 1988, str. 108, (rus.)

Rodak, S. N. i dr.: **Upravljanje dejstvom eksplozije u raspucalim stenama** (Upravlenie dejstviem vzryva v treščinovatyh gornyh porodah)
„Soveršen. burovzryvn. rabot v nar. h–ve: Vses. 10 jubil. nauč.–tehn. soveščan., Gubkin, 27–29 sept. 1988. Tez. dokl.", M., 1988, str. 104, (rus.)

Popov, V. N. i dr.: **Neke zavisnosti rezultata konturnog miniranja od parametara raspucalosti i navodnjenosti stena** (Nekotorye zavisimosti rezul'tatov konturnogo vzryvanija ot parametrov treščinovatosti i obvodnennosti gornyh porod)
„Soveršen. burovzryvnyh rabot v nar. h–ve: Vses. 10 jubil. nauč.–tehn. soveščan., Gubkin, 27–29 sept., 1988. Tez. dokl.", M., 1988, str. 80, (rus.)

Stryczek, S. i dr.: **Tamponiranje stena rastvorima polimera u jamskim prostorijama i pri dubokom bušenju** (Abdichtungen mittels Polymrlösungen in Grubenbauen und Tiefbohrungen)
„Neue Bergbautechnik", 18(1988)5, str. 168–171, 9 il., 2 tabl., 5 bibl.pod., (nem.)

Maľoszewski, J. i dr.: **Izbor podgrade i postupka izrade jamskih prostorija u tvrdim stenama** (Choice of support and roadway drivage in hard rock mining)
„Zesz. nauk PSl. Górn.", (1987)157, str. 51–65, 7 il., 7 bibl.pod., (engl.)

Galczynski, S. i Wojtaszek, A.: **Modeliranje opterećenja na podgradu jamske prostorije** (Model obciażeń obudowy wyrobisk korytarzowych)
„Pr. nauk. Inst. geotechn. PWroc.", 1988, Nr. 54, str. 76–83, 5 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (polj.)

Zigel', F. S. i dr.: **Novi specijalni profili za podgradu jamskih prostorija** (Novye special'nye profili dlja krepej gornyh vyrabotok)
„Šaht. str–vo", (1988)10, str. 15–17, 3 il., 4 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

Machon, P.: **Postupci za određivanje rastojanja između čeličnih ramova podgrade u pripremnim hodnicima velike dužine** (Sposoby określenia od-

stepu miedzy odrzwiami stalowymi w korytarzowych wyrobiskach przygotowawczych)
„Wiad. górn.", 39(1988)7, str. 141–145, 2 il., 2 tabl., 6 bibl.pod., (polj.)

Dobrincinski, S.: **Numeričko modeliranje naponskog stanja podgrade hodnika** (Numeryczna symulacja zaciskania odrzwiowej obudowy chodnikowej)
„Pr. nauk. Inst. geotechn. PWrocl.", (1988)54, str. 20–25, 1 il., 2 bibl. pod., (polj.)

Filipek, M. i dr.: **Stabilnost podgrade prema dinamičkim opterećenjima** (Odpornośc obudowy korytarzowej na obciazenia dynamiczne w warunkach zagrozenia tapaniami w Katowickim Gwarectwie Weglowym)
„Pr. nauk. Inst. geotechn. PWrocl.", (1988)54, str. 37–41, 2 il., 7 bibl.pod., (polj.)

Karbownik, A.: **Matematički modeli rudarskih radova i ocena stepena rizika kod planiranja razvoja novih jama u industriji uglja NR Poljske** (Planungsmodelle und Risikobewertung für neue Bergwerke im polnischen Steinkohlenbergbau)
„Glückauf–Forschungsh.", 49(1988)4, str. 198–203, 7 il., 2 tabl., 25 bibl.pod., (nem.)

Eyer, D. D.: **Perspektive razvoja tehnologije dobijanja uglja podzemnim načinom na čelima** (Underground mines continue evolution for ego revolutionary changes)
„Coal", 25(1988)8, str. 52–54, (engl.)

Černyh, A. D. i Balašov .V. V.: **Kompleksno površinsko–podzemno otkopavanje rudnih ležišta sistemima sa obrušavanjem** (Kompleksnaja otkryto–podzemnaja razrabotka rudnyh mestorožděnij sistemami sa obrušeniem)
„Itogi nauki i tehn. Ser. razrab. mestorožd. tverd. polezn. iskopaemyh", VINITI, 47(1988), str. 1–189, 59 il., 11 tabl., 42 bibl.pod., (rus.)

Ščelkanov, V. A.: **Povećanje efektivnosti podzemnog otkopavanja magnetitnih kvarcita u blizini površinskih otkopa u radu** (Povyšenie éffektivnosti podzemnoj otrabotki magnetitovyh kvarcitov vblizi dejstvujuščih kar'erov)
„Povyš. éffektiv kompleks. otkryt.–podzemn. sposoba razrab. mestorožd.", M., 1988, str. 15–26, 4 il., 2 tabl., (rus.)

Kabisov, H. G. i Gabaraev, O. Z.: **Kombinovana varijanta sistema podzemnog otkopavanja žilnih ležišta** (Kombinirovannyj variant sistem podzemnoj razrabotki žil'nyh mestorožděnij)
„Nauč.–tehn. konf. posvjašč. 50–letiju n.–i. sekt. SK GMI: Tez. dokl.", Ordžonikidze, 1988, str. 209–210, (rus.)

Muir, J.: **Otkopavanje malim blokovima u rudniku Komestake** (Small block VCR mining at Homestake)
„Mining Eng.", 40(1988)9, str. 889–892, 4 il., 3 tabl., (engl.)

Kabasov, H.,G.: **Sistem podetažnog obrušavanja sa etažnim ispuštanjem rude** (Sistema podetažnogo obrušenija s etažnym vypuskom rudy)
„Nauč.–tehn. konf. posvješč. 50–letiju n.–i. sekt. SK GMI: Tez. dokl.", Ordžonikidze, 1988, str. 78–79, (rus.)

Bahmutov, V. M. i Bogarev, Ju. V.: **Metodika proračuna dimenzija međuetažnih stubova pri otkopavanju kosih i strmih rudnih ležišta** (Metodika rasčeta razmerov meždúetažnyh celikov pri otrabotke naklonnyh i krutopadajuščih rudnyh zaležej)
„IVUZ. Gornyj ž.", (1988)10, str. 13–18, 3 il., 2 bibl.pod., (rus.)

Dzierža, E. i Dengl, J.: **Novi tipovi mehanizovanih podgrada** (Nové typy výzturi pro poruby)
„Uhli", 36(1988)9, str. 391–395 (češ.)

Vogt, W.: **Površinsko otkopavanje uglja u rudniku Vajoming** (Open–pit Coal Mines in Wyoming – USA)
„Braunkohle", 40(1988)10, str. 342–350, 16 il., (engl.)

Grimshaw, P.,N.: **Dobijanje kamena na površinskim kopovima kompanije Foster Yeoman u Velikoj Britaniji** (Foster Yeoman – britische Steinbruch–Pioniere)
„Förder und Heben", 38(1988)6, str. 466–470, 7 il., (nem.)

Benhima, D.: **Tendencije razvoja površinskog otkopavanja fosforitnih ležišta u Maroku** (Tendances en mine découverte de plateures)
„Ind. miner. Mines et carriéres", 70(1988) juli, str. 37–43, 9 il., (franc).

Mamatov, G. i dr.: **Automatizacija rudarsko–transportnih radova pomoću mikroprocesora** (Avtomatizacija gorno– transportnyh rabot pri pomošči mikroprocessora)
„Cv. metallurgija", (1988)11, str. 9–11, 1 il., 3 bibl.pod., (rus.)

Terent'ev, V. I.: **O oceni efektivnosti kompleksnog površinsko–podzemnog postupka otkopavanja sa formiranjem unutrašnjeg odlagališta** (K ocenke éffektivnosti kompleksnogo otkryto–podzemnogo sposoba razrabotki s vnutrennym otvaloobrazovaniem)
„Povyš. éffekt. kompleks. otkr.–podzemn. sposoba razrabotki mestorožd.", M., 1988, str. 6–14, 4 il., 5 bibl.pod., (rus.)

Red. Agoškov, M. N.: **Povećanje efektivnosti kompleksnog površinsko–podzemnog otkopavanja ležišta** (Povyšenie effektivnosti kompleksnogo otkryto–podzemnogo sposoba razrabotki mestorožd-enij)
M., 1988, 169 str, il., (knjiga na rus.)

Barskij, A. A.: **Izbor optimalnih varijanata dobijanja blokova mermera** (Vybor optimal'nyh variantov dobyči blokov mramora)
„Stroit. mater.", (1988)11, str. 16–17, 1 il., (rus.)

Kiedrzyn, M: **Formiranje odlagališta selektivnim postupkom** (Ksztaltowanie zwalowiska w sposob selektywny)
„Górn. odkrywk", 30(1988)4, str. 42–49, 5 il., (polj.)

Novožilov, M. G. i dr.: **Efektivnost formiranja unutrašnjeg odlagališta kod naknadnog otkopavanja dubokih horizonata površinskog kopa** (Éffektivnost'vnutrennogo otvaloobrazovanija pri dorabotke glubokih gorizontov kar'era)
„Povyš. éffek. kompleks. oktr.–podzem. sposoba razrab. mestor.", M., 1988, str. 78–89, 2 il., 3 tabl., (rus.)

Hants, D.: **Kontrola stabilnosti etaža i ivica površinskih kopova u Francuskoj** (L'ausculation des fronts de carrière et des talus)
„Ind. miner. Mines et carrières", 70(1988) juli, 2 il., 4 bibl.pod., (franc).

Hants, D.: **Povećanje stabilnosti ivica površinskih kopova** (L'amelioration de la stabilité des fronts de carrière)
„Ind. miner. Mines et carrières", 70(1988) juli, str. 22–23, 3 il. (franc).

Reinhardt, H.: **Stanje i tendencije u automatizaciji u industriji mrkog uglja DR Nemačke** (Stand und Entwicklungstendenzen der Automatizierung im Braunkohlenbergbau)
„Neu Bergbautechnik", 18(1988)9, str. 322–325, 1 il , 46 bibl.pod., (nem.)

Levin, I. M. i dr.: **Uporedna ocena efektivnosti kompleksa bager–kamioni različite snage** (Sravnitel'naja ocenka éffektivnosti ékskavatorno–avtotransportnyh kompleksov različnoj moščnosti)
„Anal. sistem i upr. imi v gorn. pre–ve", Apatity, 1988, str. 48–62, 1 il. 1 tabl., 1 bibl.pod., (rus.)

Korišćenje dva hidraulička bagera na površinskom kopu cementa u Belgiji (Two Liebherr R992 excavatours work Belgian cement quarries)
„Quarry Mang.", 15(1988)9, str. 53, 3 il., (engl.)

Cohrs, H. H.: **Hidraulički bageri na pontonima** (Wenn's für andere zu nass wird)
„Baumaschinendienst.", 24(1988)9, str. 551–552, 554–558, 16 il ,/(nem.)

Otkopno–utovarna oprema firme Benfra (Una offerta piu articolata)
„Constr. strade cant.", 5(1988)5, str. 40–41, 1 il. (ital.)

Primena utovarivača firme Hanomag (ECC Quarries rebuild Hanomag Loaders)
„Quarry Mang.", 15(1988)9, str. 207, 1 il., (engl.)

Petermani, L.: **Transporteri sa trakom firme TAKRAF – efikasan oblik transportovanja rastresitih materijala** (Lentočnye konvejery TAKRAF – éffektivnyj vid transportirovanija sypučih materialov)
„Ugol'", (1988)11, str. 54–55, 2 il., (rus.)

Bourgine, B. i dr.: **Program optimizacije korišćenja kamionskog transporta na površinskim kopovima** (Un logiciel d'optimisation du roulage dans les exploitations à ciel ouvert)
„Ind. miner. Mines et carrières", 70(1988) juli, str. 27–32, 3 il., 4 tabl., 9 bibl.pod., (franc)

Rotterdam, V.: **Nova konstrukcija pretovarnog punkta za ugalj na površinskom kopu** (Neue Konstruktionslösungen für Kohlenverladungsanlagen in Grankohlentagebauen
„Bauplan.–Bautechn.", 42(1988)9, str. 417–420, 5 il., 4 bibl.pod., (nem.)

Gluzberg, E. I. i Isagulov, S. T.: **Uticaj progrevanja stenskog masiva na proces obrušavanja krovine pri podzemnom sagorevanju uglja** (Vlijanie progreva massiva gornyh porod na process obrušenija krovli pri podzemnom sžiganii uglja)
Karagand. politehn. in–t, Karaganda, 1988, 14 str., (Rukopis deponovan u KazNIINTI 09.11.88, Nr. 2389–Kaz88), 3 bibl.pod., (rus.)

Novi utovarač na guseničnom hodu (New crawler mounted loader)
„Mining Mag.", 159(1988)3, str. 222, 224, (engl.)

Buerman, E.: **Neophodnost ispitivanja podzemnog šinskog transporta kao sistema — modernizacija njegovih elemenata** (Minetrack–investigate the system and not single elements. Upgrading the elements of railway system)
„Railways", (1988) jun–juli, str. 21, 23, 1 il., (engl.)

Osnovni problemi jamskog transporta. VII naučna škola: Čvrstoća i sigurnost elemenata transportera sa trakom. Škralska Poreba, 18–22 april 1988. g. (Podstawowe problemy transportu kopalnianego. VII Szk. Nauk: Trwalósc i niezawodnośc elementow przenośnikow taśmanowych, Szklarska Poreba 18–22 kwiet 1988)
„Pr. nauk. Inst. gorn. PWrocl", (1988)50, str. 1–130, (polj.)

Markusik, S.: **Uticaj temperature okolne sredine i vremena trajanja eksploatacije na reološke osobine konvejernih traka** (Wpływ temperatury otoczenia oraz czasu eksploatacji na reologie rasm przenośnikowych)
„Pr. nauk. Inst. gorn. PWrocl.", (1988)50, str. 82–89, 2 il., 4 bibl.pod., (polj.)

Jurdziak, L.: **Određivanje uticaja dužine konvejera na otpornost na habanje konvejerne trake u jamskim uslovima** (Określenie wpływu długości przenośnika na trwałośc taśm przenośnikowych w kopalni podziemnej)
„Pr. Nauk. Inst. gorn. PWrocl.", (1988)50, str. 66–73, 4 il., 1 tabl., 6 bibl.pod., (polj.)

Izvoz sa jednim bubnjem za rudnike uglja (Single drum hoist for undersea coal mine)
„Mining J.', 311(1988)7988, str. 261, (engl.)

Proračun parametara ventilatora za šeme sa kontrolisanom recirkulacijom (Calculation of fan requirements in controlled recirculation schemes)
„J. Mine Vent. Soc. S. Afr.", 41(1988)6, str. 88–89, 2 il., (engl.)

Bilan, L. i dr.: **Celishodnost distancione kontinualne kontrole parametara provetravanja u jamama** (Účelnost dalkove kontinualni kontroly parametru vetrani v hlubinnych dolech)
„Uhli", 36(1988)7, str. 312–315, 3 tabl., 3 bibl.pod., (češ.)

Robinson, R. i Harrison, T.: **Kontrolisana recirkulacija vazduha u rudniku uglja Wearmouth — Velika Britanija** (Controller recirculation of air at Wearmouth colliery British coal corporation)
„J. Mine Vent. Soc. S. S.Afr.", 41(1988)6, str. 78–87, 7 il., 1 tabl., 4 bibl.pod., (engl.)

Roszczynialski, W.: **Promena koeficijenta razmene vlage između stenskog masiva i vazduha u jamskoj prostoriji** (Analiza wariancji wartości wspolczynnikow wymiany wilgoci miedzy gorotworem i powietrzem w wyrobisku na podstawie wynikow pomiarow kopalnianych)
„Pr. komis. gorn. Geod.: Gorn./Pan.", Krakowie, (1988)25, str. 31–102, 1 il., 5 tabl., 10 bibl.pod., (polj.)

Voss, J.: **Usavršavanje tehnike kondicioniranja vazduha u otkopnim prostorijama rudnika uglja** (Verbesserung der Wetterkühltechnik im Abbau)
„Glückauf–Forschung", 49(1988)4, str. 174–180, 17 il., 34 bibl.pod., (nem.)

Zaharov, E. I.: **Kontrola procesa razmene toplote u jamama Podmoskovskog basena** (Kontrol' za teplomassoobmennymi processami v šahtah Podmoskovskogo bassejna)
„Ugol'", (1988)1, str. 7–9, 3 tabl , 3 bibl.pod., (rus.)

Ilišev, V.G. i Portola, V. A.: **Uticaj zavesa od pene na gubitke vazduha kroz otkopani prostor** (Vlijanie pennyh zaves na utečki vozduha čerez vyrabotannoe prostranstvo)
„Ugol'", (1988) 11, str. 41–42, 2 il., (rus.)

Chakravorty, R. N. i Kolada, R. J. **Sprečavanje i kontrola požara od samozapaljivanja u rudnicima uglja** (Prevention and control of spontanenous combustion in coal mines)
„Mining Eng.", 40(1988)10, str. 952–956, 3 il., 1 tabl., 13 bibl.pod., engl.)

Vekeny, H.: **Novi pribor za ocenu zaprašenosti** (Ein neuers Staubmessegerät für die hygienische Beurteilung der Staubverhältnisse im Bergbau)
„Bergbau", 39(1988)9, str. 406–409, 5 il., 1 tabl., 14 bibl.pod., (nem.)

Žuravlev, V.P. i dr.: **Aerodinamičke metode borbe sa ugljenom prašinom** (Aérodinamičeskie metody bor'by s ugol'noj pyl'ju)
Iz–vo un–ta, Rostov na Donu, 1988, 144 str., il. / (knjiga na rus.)

Rybalov, V. V. i Kočetov, .V. A.: **Određivanje optimalnih parametara pene uz vođenje računa o dejstvu ventilacione struje** (Opredelenie optimal'nyh parametrov peny s učetom vozdejstvija ventiljacionnoj strui)
„Kompleks. ispol'z. mineral. syr'ja", (1988)9, str. 25–27, 2 bibl.pod., (rus.)

Karev, V. P. i Kovalenko, Ju. F.: **Teoretski model filtracije gasa u ugljenim slojevima koji sadrže gas** (Teoretičeskaja model' filtracii gaza v gazosoderžaščih ugol'nyh plastah)
„Fiz.–tehn. probl. razrab. polezn. iskopaemyh", (1988)6, str. 47–55, 10 il., 9 bibl.pod., (rus.)

Kucharczyk, A.: **Prognoziranje pokazatelja specifične potrošnje električne energije u rudnicima kamenog uglja** (Prognozowanie wybranych wskaznikow jednostkowego zyzycia energii elektrycznej w kopalniach wegla kamiennego)
„Mech. i autom.gorn.", 26(1988)9, str. ? , 1 il ,/2 tabl., 4 bibl.pod., (polj.)

Szczucki, F.: **Elektronska oprema koja se koristi u podzemnom šinskom transportu** (Urzadzenia energoelektroniczne w podziemnym transporcie kolowym)
„Mech. i autom. gorn.", 26(1988)3, str. 13–18, 9 il., 3 tabl ,/2 bibl.pod., (polj.)

Kontrola osvetljenja na površinskim kopovima (Control of surface lighting at mines)
„Mining Mag.", 159(1988)3, str. 225, 1 il., (engl.)

Grebnjak, V P. i dr.: **Psihofizičke metode prognoziranja sigurnosti profesionalnog rada** (Psihofizičeskie metody prognozirovanija nadežnosti professional'noj dejatel'nosti)
„Probl. ocenki i prognozir. funk. sostojanij organizma v prikl. fiziol.: Tez. dokl. 3 Vses. simp., Frunze 26–29 okt. 1988", Frunze, 1988, str. 53–54, (rus.)

Čibrik, T. S.: **Biološka rekultivacija na ležištima uglja na Uralu** (Biologičeskaja rekul'tivacija na ugol'nyh mestoroždenijah Urala)
„Probl. rekul'tivacii narušennyh zemel': Tez. dokl. 5 Ural. soveš. 14–18 nov. 1988", Sverdlovsk, 1988, str. 83–84, (rus.)

Coj, V. A. i Sylojatina, L. V.: **Praksa projektovanja biološke etape rekultivacije zemljišta oštećenog radom jama Karagandinskog ugljenog basena** (Opyt proektirovanija biologičeskogo étapa rekul'tivacii zemel', narušennyh šahtami Karagandinskogo ugol'nogo bassejna)
„Probl. rekul'tivacii narušennyh zemel': Tez. dok. 5 Ural. soveš. 14–18 nov. 1988", Sverdlovsk, 1988, str. 15–16, (rus.)

Mahonina, G. I.: **Teški metali i biološka rekultivacija industrijskih odlagališta Urala** (Tjaželye metally i biologičeskaja rekul'tivacija promyšlennyh otvalov Urala)
„Tjaž. met. v okruž. srede i ohrana prirody: Material. 2 Vses. konf. 18–20 dec. 1987. Deo 1", M., 1988, str. 122–123, (rus.)

Bronko, F. M. i Brovko, O. N.: **Rekultivacija šumom odlagališta otkrivke na površinskim kopovima rude gvožđa u Krivbasu** (Lesnaja rekul' tivacija vskryšnyh porod železorudnyh kar'erov Krivbassa)
„Probl. rekul'tivacii narušennyh zemel': Tez. dok. 5 Ural. soveš. 14–18 nov. 1988", Sverdlovsk, 1988, str. 62–63, (rus.)

Dodi, S. K.: **Ispitivanja mokre magnetne separacije na aluvijalnim–primarnim ležištima Batu Besi – Indonezija** (A study of wet magnetic separation on Betu Besi aluvial/primary deposit, Belitung, Indonesia)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr. Stockholm, june 5–10 1988 Pt A", Amsterdam, 1988, str. 1031–1042, (engl.)

Kutelov, Ju. I. i dr.: **Racionalno iskorišćenje odlagališta postrojenja za obogaćivanje uglja** (Racional'noe ispol'zovanie gidrootvalov ugleobogatitel'nyh fabrik)
„Ugol'", (1988)1, str. 12–15, 2 il., 4 bibl.pod., (rus.)

Höffe, K.: **Ispitivanje mlevenja u vibracionim mlinovima** (Untersuchungen zur Zerkleinerung in Schwingmühlen)
„Freiberg. Forschungsh.", A(1988)750, str. 1–125, (nem.)

Malvik, T..: **Uticaj teksture na meljivost stena i ruda** (Relations between mineralogical texture and communition characteristics for rocks and ores)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988. Pt A", Amsterdam, 1988, str. 257–270, 13 il., 2 tabl., 12 bibl.pod., (engl.)

Konusna drobilica (Hewitt–Robins first crusher sale)
„Quarry Manag.", 15(1988)9, str. 63, 1 il., (engl.)

Vibraciona hranilica (Skako crusher feed at Drybrook Quarry)
„Quarry Manag.", 15(1988)9, str. 63, 1 il., (engl.)

Zaičenko, A. I. i Nikolaeva, L. V.: **Prognoziranje konačnih rezultata obogaćivanja sitnih klasa ugljeva i nomogram za njihovo određivanje** (Prognozirovanie konečnyh rezul'tatov obogaščenija melkih klassov uglej i nomogramma dlja ih opredelenija)
Gorl. fil. Doneck. politehn. in–ta, Gorlovka, 1988, (Rukopis deponovan u UkrNIINTI 04.11.88, Nr. 2825Uk88), 3 bibl.pod., (rus.)

Nowak, Z.: **Viskozitet teške suspenzije kao kriterijum za izbor suspenzoida kod obogaćivanja uglja** (Lapkość cieczy ciezkiej jako kryterium doboru obciaznika dla wzbogacania wegla)
„Fizykochem. probl. mineralurg.", 1987(1988)20 str. 17–26, 5 il., 1 tabl., 6 bibl.pod., (polj.)

Fuerstenau, D.W.: **Dostignuća i problemi u teoriji i praksi flotacije** (Flotation science and engineering advances and challenges)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr. Stockholm, juni 5–10 1988. Pt A", Amsterdam, 1988, str. 63–80, 8 il., 7 tabl., 23 bibl.pod., (engl.)

Bourassa, M. i dr.: **Upoređivanje pokazatelja kinetike flotacionog procesa u laboratorijskim i poluindustrijskim razmerama** (Flotation kinetics scale – up: comparison laboratory batch test to pilot plant processing)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr. Stockholm, juni 5–10 1988. PtA", Amsterdam 1988, str. 579–588, 5 il., 3 tabl., 12 bibl.pod., (engl.)

Laskowski, J. S. i dr.: **Koloidna hemija flotacionih kolektora – slabih elektrolita** (The colloid chemistry of weak–elektrolyte collector flotation)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988", Amsterdam 1988, str. 703–715, 12 il., 4 bibl.pod., (engl.)

Lindquist, O. i Strioh, K.: **Strukturna ispitivanja adsorpcije kolektora na površinama minerala** (Structural studies on adsorption of collectors on mineral surfaces)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988", Amsterdam 1988, str. 717–725, 5 il., 20 bibl.pod., (engl.)

Weiss. Th. i Schubert, H.: **Uticaj sitnih čestica na hidrodinamiku flotacionih procesa** (The effects of fine particles on the hydrodynamics of flotation processes)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988", Amsterdam 1988, str. 807–818, 5 il., 3 tabl., 17 bibl.pod., (engl.)

Lekki, J. i Chimielewski T.: **Obrazovanje diksantogenata na površini galenita različitog porekla** (Powstawanie dwuksantogenu na powierzchuni galeny roznego pochodzenia)
„Fizykochem. probl. mineralurg.", 1987(1988)20, str. 115–124, 4 il., 13 bibl.pod., (polj.)

Rasemann, W.: **Pitanje verovatnoće lepljenja čestice za mehurić vazduha pri njihovom kontaktu u suspenzijama tečno–čvrsto** (On the Attachment Probability of Bubble–Particle Contacts in Solid –Liquid suspensions)
„Int. J. Miner. Process.", 24(1988)3–4, str. 247–267, 7 il., (engl.)

Selivanova, N. V. i dr.: **Novi kolektor za barit** (Novyj sobiratel' barita)
„Cv. met.", (1988)11, str. 100–102, 5 bibl.pod., (rus.)

Deberdeeva, I. H. i dr.: **O primeni novih efektivnih reagenata u flotaciji** (O primenenii novyh effektivnyh reagentov vo flotacii)
„Ugol'", (1988)11, str. 49–50, (rus.)

Moxon, N. T. i dr.: **Povećanje izdvajanja krupnog uglja pri flotaciji korišćenjem nejonogenih penušača** (Increased Coarse Coal Yield from Flotation Using Non–Ionic Frothers)
„Int. J. Miner. Process.", 24(1988)3–4, str. 295–305, 2 il., 5 tabl., 10 bibl.pod., (engl.)

Glembocki, A. V. i dr.: **Novi flotacioni reagenti za flotaciju sulfidnih i nesulfidnih ruda u SSSR-u** (New flotation reagents for sulphide and non–sulphide ores in the USSR)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988. PtA", Amsterdam, 1988, str. 81–91, 2 il., 5 tabl., 10 bibl.pod., (engl.)

Klimpel, R. R. i dr.: **Najnoviji uspesi u hemiji novih penušača i kolektora za flotaciju sulfidnih minerala** (Recent advances in new frother and collector chemistry for sulfide mineral flotation)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988. PtA", Amsterdam, 1988, str. 1173–1184, 4 il., 2 tabl., 33 bibl.pod., (engl.)

Yarar, B. i Alvarez, J.: **Razdvajanje sulfidnih minerala procesom „gama flotacije"** (Separation of sulfide minerals by the „gama flotation" process)

„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988, (Pt.A', Amsterdam, 1988, str. 547–562, 10 il., 3 tabl., 16 bibl.pod., (engl.)

Gorb, A. V.: **O mogućnosti primene impulsne elektrodinamičke separacije za izdvajanje samorodnih metala** (O vozmožnosti primenenija impul'snoj élektrodinamičeskoj separacii dlja izvlečenija samorodnyh metallov)
„Mater. 3 Nauč. konf. mol. učenyh Mosk. geol. –razved. in–ta Moskva, 24–25 marta 1988 (Rukopis deponovan u VINITI-u 02.11.88, Nr. 7851–B88), 2 bibl.pod., (rus.)

Žežulka, V. i Žorek, F.: **Poligradijentni magnetni separator kontinualnog dejstva** (Continuous high–gradient magnetic separator for kaolin treatment)
„Proc. 16 Int. Miner. Process. Congr., Stockholm, juni 5–10 1988, Pt A", Amsterdam, 1988, str. 1075–1083, (engl.)

Lach, R. i Mironowicz, W.: **Automatizacija postrojenja za obogaćivanje uglja – pravci razvoja** (Automatyzacja zakladow przerobki mechanicznej wegla – kierunki rozwoju)
„Mech. i autom. gorn.", 26(1988)5, str. 10–19, 15 il., 17 bibl.pod., (polj.)

POSEBNA IZDANJA RUDARSKOG INSTITUTA

– prof. dr inž. Mirko Perišić: „LINEARNI MODELI OPTIMIZACIJE I ODLUČIVANJA U RUDARSTVU	2.000.–
– dr inž. Janoš Kun: „POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA LIGNITA" (I i II deo)	1.000.–
– prof. dr inž. M. Grbović – dr mr N. Magdalinović: „PROCESNA OPREMA DROBLJENJA I MLEVENJA MINERALNIH SIROVINA"	200.–
– prof. dr inž. R. Simić – dr inž. D. Mršović – mr inž. V. Pavlović: „ODVODNJAVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA"	800.–
– prof. dr Velimir Milutinović: „KOMPLEKSNA METODOLOGIJA EKONOMSKE OCENE LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA"	100.–
– prof. inž. Gojko Hovanec: „HEMIJSKE METODE KONCENTRACIJE RUDA ZLATA, SREBRA I BAKRA"	1.500.–
– dr inž. Mihailo Lasica: „MAGNEZITI JUGOSLAVIJE"	800.–

RUDARSKI INSTITUT
BEOGRAD – ZEMUN
Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

Na principu inženjeringa, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski institut obavlja:

— TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA

— IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA

— IZRADU KOMPLETNIH PROJEKATA

- površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
- oplemenjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
- miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromašinske delatnosti i tehničke zaštite

— IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVOĐENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA

— REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA

— VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA I MATEMATIČKIH MODELA

Centar za dokumentaciju Rudarskog instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski institut izdaje kvartalni časopis:

RUDARSKI GLASNIK

RUDARSKI INSTITUT
BEOGRAD — ZEMUN
Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

— FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS

— ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES

— ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR

- open-cast and underground exploitation of mineral ores
- mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
- blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection

— CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING

— RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCCESSES

— PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVOURABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical:

RUDARSKI GLASNIK

- veliki broj stručnjaka
- visok naučni i stručni nivo
- ostvareni naučno-istraživački rezultati primenjeni u praksi
- iskustvo i praćenje naučnih dostignuća u svetu
- savremena oprema

garantuju: BRZE

SAVREMENE
KVALITETNE

usluge iz navedenih delatnosti

obratite se na:

POSLOVNICU ZA KONSULTACIJE
I INŽENJERING U RUDARSTVU

Beograd – Zemun, Batajnički put broj 2

Telefon 195-112; 198-112

(Teleks 11830 YU RI) Poštanski fah 116.

RI

- large number of experts
- high scientific and specialized level
- realized scientific-research results applied in practice
- experience and following of scientific — technical achievements throughout the world
- up-to-date equipment of numerous laboratories and pilot-scale plants

guarantee:

FAST
CONTEMPORARY
HIGH QUALITY

services in above activities

For the arrangement of complete engineering in the field of mining, refer to the:

CONSULTING OFFICE OF THE INSTITUTE OF MINING

Beograd — Zemun, Batajnički put br. 2

tel. 195-112; 198-112 — telex 11830 YU RI

RI

TEHNIČKI REDAKTOR: MIRA MARKOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) – FOTO: S. RISTIĆ