



SIGURNOST U RUDNICIMA

VI · 1971 · 3

VI GODIŠTE
3. BROJ
1971. GOD

SIGURNOST U RUDNICIMA

**ČASOPIS ZA LIČNU,
KOLEKTIVNU I POGONSKU
ZAŠTITU U RUDARSTVU**

**SAFETY IN MINES
SÉCURITÉ MINIÈRE
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ
ГОРНЫХ РАБОТ
GRUBENSICHERHEIT**

Izdavač
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Tehnička redakcija
MARINA PETROVIĆ
MIRA MARKOVIĆ

АНАЛИТИЧКИ БИОТЕХНОЛОГИЈА

УЧЕНИК АНТИКОЗА
ИЗДАВАЊИ И ИНСТИТУТ
БЕОГРАДСКИ БИОТЕХ

Naslovna strana
MILAN GOLUBOVIĆ

Stampa N. P. »Dnevnik« — Novi Sad

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Dipl. ing. IVO TRAMPUŽ, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd

ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA

- BLAGOJEVIĆ dipl. ing. MIODRAG, Rudnici i topionica olova i cinka »Trepča«
BLAGOJEVIĆ dipl. ing. DUŠAN, Savezni centar za zaštitu, Tuzla
CEROVAC dipl. ing. MATIJA, Rudarski inspektorat SR Slovenije, Ljubljana
CURČIĆ dipl. ing. ALEKSANDAR, Rudarski institut, Beograd
DRAGOJEVIĆ dipl. ing. MILOŠ, Rudarski inspektorat SR Srbije, Beograd
DRAGOVIĆ dipl. ing. MIODRAG, Savezni sekretarijat za industriju i trgovinu,
Beograd
JANČETOVIĆ dipl. ing. KOSTA, Kombinat za eksploataciju i preradu kosovskih
lignita »Kosovo«, Obilić
JOKANOVIĆ prof. univer. ing. BRANKO, Rudarski institut, Beograd
KOHARIĆ dipl. ing. IVAN, Biro SBRMU, Sarajevo
KOMNENOV dipl. ing. MILIVOJ, Rudarski inspektorat SR Srbije, Beograd
KOVAČIĆ dipl. ing. LJUBOMIR, Geološki zavod, Ljubljana
LASICA dipl. ing. MIHAILO, »Magnohrom«, Kraljevo
LEGAT dipl. ing. FRANC, Rudnik mrkog uglja, Trbovlje
MARINOVIĆ dipl. ing. IVO, Rudarski inspektorat SR Hrvatske, Zagreb
MILIČIĆ dipl. ing. PETAR, Rudarski inspektorat SR BiH, Sarajevo
RUKAVINA MILAN — ŠAJN, Sindikat industrije i rudarstva SFRJ, Beograd
SIMONOVSKI dipl. ing. BRANISLAV, Rudarski inspektorat SR Makedonije,
Skopje
SRDANOVIĆ dipl. ing. MILETA, Rudarski institut, Beograd
STOJKOVIĆ dipl. ekon. DUŠAN, Rudarski institut, Beograd
VITOROVIĆ dipl. ing. TODOR, Rudarski inspektorat SR Crne Gore, Titograd
VUKIĆ dipl. ing. MILUTIN, Rudarski inspektorat SR BiH, Sarajevo
VUKOVIĆ dipl. ing. SLOBODAN, Rudarski basen »Kolubara«, Vreoci

DIPL. ING. KRSTJA PETROV — DIPL. ING. LAZAR LAZAROV

Usporedna ocena metoda kontrole zaprašenosti — — — — —	5
Vergleichende Bewertung der Verstaubungskontrollverfahren — — — — —	10

DIPL. ING. ŽIVOJIN NIKOLIĆ

Uticaj brzine vazdušnog strujanja na zaprašenost radilišta — — — — —	12
Einfluss der Grubenwetterströmung auf die Verstaubung am Arbeitsort — —	21

DR ING. LIBOR SUCHAN

Rezultati međunarodne konvencije o jamskoj prašini — — — — —	23
Die Ergebnisse der Internationalen Konvention über den Grubenstaub — —	25

DOCENT ING. VESNA JOVIČIĆ — ASISTENT ING. ANKA ČOVIĆ

Mogućnosti poboljšanja ventilacionog režima analizom potencijalnih šema na primeru jednog rudnika uglja — — — — —	26
---	----

Verbesserungsmöglichkeiten der Wetterverhältnisse durch Analyse der Potentialschemen auf dem Beispiel eines Kohlenbergwerks — — — — —	36
---	----

DIPL. ING. NENAD MARINOVIĆ — DIPL. ING. PREDRAG VRANIĆ

Automatizacija kontinuiranog transportu u rudnicima — — — — —	37
Automation of Continuous Transport in Underground Mines in High Level Logic Technique — — — — —	51

DIPL. ING. ALEKSANDAR ČURČIĆ — DIPL. ING. MIODRAG PETROVIĆ —
DIPL. HEM. BRANKA VUKANOVIĆ

Istraživačko-eksperimentalni rad na iznalaženju novih metoda za savlađivanje janskih požara upotrebom hemijskih inertnih materija — — — — —	52
Research-Experimental Work on the Discovery of New Methods for Underground Fire Fighting by Use of Chemical and Inert Matters — — — — —	63

DIPL. ING. JEVTO BRALIĆ

Prilog projektovanju podzemnih magacina eksploziva — — — — —	65
Contribution to the Desing of Underground Explosive Storages — — — — —	77

DIPL. ING. FRANČ LEGAT

Nevarnosti in varstveni ukrepi pri jamskih raziskovalnih delih v ležiščih uranovih rud — — — — —	78
Gefahren und wesentliche Sicherheitsmassnahmen bei Grubenuntersuchungsarbeiten in den Uranerzagerstätten — — — — —	85

DIPL. HEM. JOVAN ĐUKOVIĆ

Gasno-hromatografsko određivanje metana i homologa u rudničkom vazduhu korišćenjem plameno-jonizacionog detektora — — — — —	86
Gas-chromatographische Bestimmung von Methan und Homologen in der Grubenluft durch Einsatz vom ionisieren den Flammen-detektor — — — — —	92

Iz prakse

DIPL. ING. FRANČ MENŽAR — DIPL. ING. STANKO PRAZNIK

Organizacija varnoga dela pri prodiranju vpadnika v globino ob velikem dotoku vode v revirju Graben Rudnika svinca in topilnica Mežica — —	93
Die Apteufung eines tönlegigen mit einen beträchtlichen Wasserzufluss im Revier Graben und besondere Rücksicht auf die Organisation der Arbeitssicherheit — — — — —	98

DIPL. ING. MIODRAG MILJKOVIĆ

Određivanje zapreminskog procenta vlage u jamskom vazduhu i uticaj vlažnosti na sadržaj kiseonika u vazduhu — — — — —	100
Bestimmung der Vol.-Prozente der Grubenluftfeuchtigkeit under Einfluss der Feuchtigkeit auf den Sauerstoffgehalt in der Luft — — — — —	104
Prikazi iz literature — — — — —	104
Bibliografija — — — — —	107

Uporedna ocena metoda kontrole zapašenosti

Dpl. ing. Krstja Petrov — dipl. ing. Lazar Lazarov

Prikazane su karakteristike i data je uporedna ocena nekih metoda kontrole zapašenosti.

Poznato je više metoda merenja zapašenosti vazduha, kao i razne konstrukcije instrumenata, vezanih za njihovu primenu.

U principu, metode merenja koncentracije prašine podeljene su u dve osnovne grupe:

— metode vezane za odvajanje disperzione faze (čestice prašine) i

— metode, kod kojih se disperziona faza određuje direktno, a da se pri tome ne izoluje iz prašine aerizola.

Metode prve grupe primenjuju se šire u praksi.

Neke zemlje, kao što su NDR, Mađarska, Poljska i druge, prihvatile su kao osnovnu metodu merenja prašine — konimetrijsku. U drugim zemljama, kao na primer u SSSR, Bugarskoj i dr. osnovna metoda je gravimetrijska (težinska).

Određivanje koncentracije prašine u vazduhu je složeno pitanje i zavisi od više postojećih faktora sa različitim osobinama.

Dobiveni rezultati se manje više razlikuju jedan od drugog, uglavnom usled neravnog rasporeda prašine u vazdušnoj sredini, neponavljanja uslova merenja, kao i ograničene tačnosti kod različitih mernih aparata. Moguće je da se čak i dobiju suprotni rezultati.

U cilju kontrole rezultata, koji se dobijaju različitim postojećim metodama pri realnoj zapašenosti vazduha izvršena su odgovarajuća merenja u proizvodnim uslovima DMP »Gorupso«.

Određivanje zapašenosti po težinskoj metodi vršeno je sa BDS 2200-61, sa filtrima »FPP-15« i »plave trake«, priborom SFJ sa filtrima »FPP-15«, nefelometrijskom metodom u apsorpcionoj sredini vodenasto-glice-

rinske smeše u srazmeri 85:15 i tindaloskopom »Lajc« III.

Za pronalaženje brojačanog pokazatelja zapašenosti vazduha primenjivane su metode sa membranskim filtrima »Sintezija«, »FPP-15«, konimeter »Cajs« — model 1 i 10 i termički precipitator »Vaheti« — Torino.

Za etalone kod proučavanja prihvatili smo BDS 2200—61 sa filtrima »FPP-15« i termički precipitator »Vaheti«, prvi kod ocene težinskog, a drugi kod ocene brojačanog pokazatelja zapašenosti.

Svi eksperimenti izvođeni su u proizvodnim uslovima, gde se sadržina slobodnog silicijum dioksida u vazduhu menja u granicama od 20 do 50%.

Probe su vršene precizno u neophodnim uslovima.

Težinska metoda

Za određivanje zapašenosti vazduha u težinskim jedinicama vršena su merenja kod raznih proizvodnih procesa: bušenja minskih bušotina, jedan čas posle bušenja, dva časa posle miniranja i kod utovara odronjene mase.

Za vreme težinske probe uzimani su uzorci i za konimetrijske i disperzometrijske karakteristike prašine u određenim vremenskim intervalima. Vodili smo računa da kod svake težinske probe po standardnoj metodi bude izvršeno 10 do 15 tindaloskopskih i 5 do 10 konimetrijskih merenja.

Uzimanje probe termoprecipitatorom izvođeno je u zavisnosti od prisustva prašine u vazduhu za vreme od 10,15 do 30,40 minuta kod kontinualnog protoka od 6—7 cm³/min.

Dobivene rezultate obradili smo po metodi matematičke statistike:

1. (x) odstupanja od prosečnog matematičkog rezultata
2. x^2 — kvadrati odstupanja
3. σ — prosek kvadratnog odstupanja

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}, \text{ u kome } n \text{ predstavlja}$$

broj proba

4. K — koeficijent varijanti $K = \frac{\sigma}{c} \cdot 100$.

Ovde je c prosečni matematički rezultat

5. δ — relativna greška u %
6. t — dopušten predeo [na osnovu Gausovog zakona broj proba po metodi »manjeg ispravljanja« ($n < 30$)]

$$n = \frac{K}{\delta} \cdot t$$

Eksperimentalni rezultati i njihova statistička obrada prikazani su adekvatno u tablicama 1, 2 i 3.

Rezultati dobiveni po težinskoj metodi sa filtrima »FPP-15« odlikuju se najvećom tačnošću.

Najpribližniji ovim rezultatima su rezultati dobiveni priborom SFJ. Rezultati prema BDS 2200-61 sa filtrima »plave trake« su relativno bliski rezultatima prema BDS 2200-61 sa filtrima »FPP-15«, sa izuzetkom kod procesa »jedan sat posle bušenja minskih rupa«, gde je zaprašenost niska.

Merenje zaprašenosti niže od 3 mg/m^3 je veoma netačno i rezultati bitno odstupaju od stvarnih. To se i očekuje kada se ima u vidu da su filtri »plave trake« higroskopni i dovođenje do stalne težine je ne samo povezano sa dugim sušenjem, već ono, verovatno, izaziva izvesne promene u strukturi i sastavu samih filtara, što povećava greške u konačnim rezultatima. Ovo se vidi kod koeficijenata variranja i relativne greške koje su 3,06 i 2,57 puta veće od istih kod filtara »FPP-15« kod procesa »jedan sat posle bušenja«.

Rezultati tindaloskopskih merenja odstupaju bitno od stvarnih, kada je relativna vlažnost vazduha visoka. Veoma velik uticaj na povećanje rezultata vrši prisustvo masnih

aerozola (8, 9) u vazduhu. Tindaloskopska merenja se baziraju na principu »Tindalovog« efekta, koji, međutim, nije samo funkcija broja čestica prašine, već zavisi još od površine čestica, njihove forme i vrste čestica u aerodisperzionom sistemu.

Nefelometrijska metoda sa korišćenjem apsorpcijske sredine vodenasto-glicerinske smeše za merenje niske zaprašenosti je veoma uspešna.

Masni aerosoli i kod ove metode povećavaju rezultate do 1,85 puta. Koeficijent variranja kreće se u granicama od 20,80 do 40,40, a relativna greška od 14,90 do 31,20 posto.

Nepobitan dokaz o prilagođenosti neke metode merenja su variranja kod posebnih rezultata i njihova odstupanja od proseka aritmetičkog rezultata, izražena koeficijentom variranja i relativnom greškom. Podaci iz tablice 2 karakterišu pojedine metode i to:

a) BDS 2200-61 sa filtrima »FPP-15«, prosečni koeficijent variranja 19,34% i prosečna relativna greška 12,65%;

b) BDS 2200-61 sa filtrima »plava traka«, prosečni koeficijent variranja 28,16% i prosek relativne greške 20,48%;

c) pribor SFJ — prosečni koeficijent variranja 17,20% i prosečna relativna greška 13,80%;

d) tindaloskop »Lajc« III — prosečni koeficijent variranja 39,80% i prosek relativne greške 31,85%;

e) nefelometrijska metoda — prosečni koeficijent variranja 31,05% i prosek relativne greške 22,70%.

Ukoliko je izvesna metoda sigurnija, utoliko je manji minimalni broj proba za postizanje dozvoljene relativne greške sa odgovarajućom statističkom sigurnošću. U tablici 3 je dat minimalni broj proba za pojedine metode. Rezultati su izračunati na bazi dobivenih podataka u procesu »bušenja minskih rupa«, pošto je kod njega zaprašenost najpromenljivija.

U zaključku se može istaći da je težinska metoda u raznim varijantama najpodesnija u prikazivanju koncentracije prašine, ali nedovoljna za potpunu higijensku ocenu zaprašenosti vazduha. Celovitiju sliku možemo dobiti kada se rezultati težinskog pokazatelja kombinuju sa konimetrijskim i disperzometrijskim podacima.

Tablica 1

Gravimetrijska merenja

Proizvodni proces za vreme uzimanja probe	Karakteristika metoda merenja				
	BDS 2200-61 sa filtrima »FPP-15«	Metod sa filtrima »plava traka«	Pribor SFJ sa filtrima »FPP-15«	Nefelomet- rijska metoda	Tindaloskop »Lajc« III
Bušenje minskih bušotina	6,40	5,90	7,00	11,00	14,00
	8,00	8,30	8,70	15,40	20,90
	5,80	5,00	5,10	9,20	11,70
	7,90	8,60	8,00	12,40	18,00
	9,20	8,20	8,80	18,20	28,50
	7,20	6,00	6,60	22,00	16,00
	8,50	7,00	9,00	13,80	30,00
	5,90	6,40	5,70	10,70	35,40
	10,00	10,80	10,40	17,50	20,60
	8,60	8,10	8,00	13,00	47,50
n = 10	7,75	7,43	7,73	14,32	24,26
Jedan sat posle završenog bušenja	2,80	1,50	2,60	3,50	3,00
	2,10	1,80	2,00	2,50	4,60
	2,50	1,00	2,70	2,00	5,80
	2,40	0,80	2,10	3,40	2,40
	2,60	1,40	2,40	2,00	8,00
	2,20	1,90	2,00	2,70	4,30
	2,80	1,20	2,60	4,00	2,20
	3,00	1,70	2,30	2,60	6,50
	2,70	2,60	2,20	3,90	4,00
	2,40	2,10	2,80	2,28	3,50
n = 10	2,55	1,60	2,37	2,88	4,20
Dva sata posle miniranja	29,40	30,20	31,20	26,00	34,40
	32,20	33,30	33,10	38,00	50,00
	26,80	27,20	27,50	24,20	60,70
	30,20	31,10	31,00	30,00	30,70
	24,50	23,90	25,20	42,00	46,00
	31,40	30,10	31,90	35,80	39,00
	33,70	32,20	34,20	40,00	54,00
	28,80	27,40	29,50	46,00	63,60
	34,00	32,90	34,80	40,00	36,80
	32,90	31,40	33,60	41,00	58,80
n = 10	30,39	30,97	31,20	35,20	47,40
Utovar odvaljene mase — ručno	2,60	2,20	2,10	2,20	5,20
	3,20	3,80	3,00	4,00	2,80
	2,10	1,50	2,60	1,80	4,00
	3,80	3,10	3,50	2,40	2,50
	4,50	4,00	4,20	3,20	2,00
	3,00	2,70	3,10	1,70	7,00
	2,20	1,70	2,00	3,80	1,80
	3,20	3,70	3,60	4,70	4,40
	4,30	3,90	3,80	5,20	3,20
	2,80	2,00	2,90	3,90	2,90
n = 10	3,15	2,86	3,08	3,29	3,58

Napomena: Uzimanje proba kod gornjih operacija izvršeno je, a da pri tome nije radila delimična ventilacija.

Tablica 2

Statistička obrada rezultata istih gravimetrijskih (težinskih) merenja

Proizvodni proces	Pokazatelj za upore- đivanje	Metoda merenja				
		BDS 2200 sa filtr. »FPP-15«	BDS 2200 sa filtr. »plava traka«	Pribor SFJ	Tindalo- skop »Lajc« III	Nefelo- metrijska metoda
1	2	3	4	5	6	7
Bušenje minskih bušotina	Zbir (kvadrata odstupanja	17,88	20,29	25,08	1108,20	151,15
	Prosek odstupanja na kvadrat	1,40	1,53	1,68	11,10	4,50
	Koeficijent variranja	18,00	20,06	21,18	69,20	32,50
	Relativna greška	14,70	17,20	17,40	36,80	22,00
1	2	3	4	5	6	7
Jedan sat posle završe- nog bušenja	Zbir kvadrata odstupanja	0,72	2,60	0,72	19,62	6,90
	Prosek odstupanja na kvadrat	0,28	0,54	0,28	1,45	0,88
	Koeficijent variranja	10,98	33,60	11,90	34,60	30,50
	Relativna greška	10,20	26,20	11,00	28,90	22,70
1	2	3	4	5	6	7
Dva sata posle miniranja	Zbir odstupanja na kvadrat	85,09	88,87	84,63	1262,00	472,30
	Prosek odstupanja na kvadrat	3,48	3,68	3,20	11,60	7,28
	Koeficijent variranja	11,80	12,20	10,32	24,60	20,80
	Relativna greška	7,20	8,40	7,40	21,90	14,90
1	2	3	4	5	6	7
Utovar odronjene mase	Zbir odstupanja na kvadrat	6,06	10,67	5,52	7,60	15,40
	Prosek odstupanja na kvadrat	0,81	1,34	0,78	1,03	1,33
	Koeficijent variranja	26,60	46,80	25,40	30,80	40,40
	Relativna greška	18,50	29,30	19,40	39,80	31,20

Minimalan broj proba za osiguranje dozvoljene relativne greške sa statističkom sigurnošću 95%

Tablica 3

Broj probe	Metoda merenja				
	BDS 2200—61 sa filtrima »FPP—15«	BDS 2200—61 sa filtrima »plava traka«	Pribor SFJ	Tindaloskop »Lajc« III	Nefelometrijska metoda
	6	5	6	14	10

Konimetrijska metoda

Konimetrijska merenja su vršena kod istih proizvodnih procesa i istih uslova kao i kod težinskih. Korišćeni su: metoda sa filtrima »Sintezija«, »FPP-15«, konimetri

»Cajs« model 1 i 10 i termoprecipitator »VAHETI«. Meračka sposobnost kod pojedinih metoda i aparata bila je ocenjena kao »efektivnost«. Rezultati, dobiveni prilikom konimetrijskih posmatranja prikazani su u tablicama 4, 5 i 6.

Tablica 4

Efektivnost konimetrijskih aparata u odnosu na termoprecipitator »VAHETI« — Torino

Aparat (metod)	Efektivnost u %
Konimeter »Cajs« model I	36,40
Konimeter »Cajs« model X	39,20
Membranozni filtri »Sintezija«	83,50
Filtri »FPP — 15«	84,00

Tablica 5

Zavisnost konimetrijskih pokazatelja od uvećanja mikroskopa

Uvećanje mikroskopa	Interval veličine prašine u mikronima										opšti br. %	
	do 1		od 1 do 3		od 3 do 5		od 5 do 10		iznad 10			
	br/cm ³	%	br/cm ³	%	br/cm ³	%	br/cm ³	%	br/cm ³	%	br/cm ³	%
200	205	85,40	18	7,50	8	3,32	9	3,70	—	—	240	100,00
400	255	91,00	14	5,15	4	1,50	7	2,50	—	—	280	100,00
600	292	89,80	20	6,15	8	2,50	5	1,55	—	—	325	100,00
900	335	91,10	18	4,50	9	2,30	8	2,10	—	—	370	100,00
1350	506	92,10	22	4,00	12	2,10	10	1,80	—	—	550	100,00

Tablica 6

Zavisnost između težinskih i konimetrijskih pokazatelja pri uvećanju mikroskopa 600 puta

Težinska koncentracija mg/m ³	Koncentracija čestica u brojkama na cm ³ × 10 ²						
	Termoprecipitator	Konimeter »Cajs« I	Konimeter »Cajs« X	Membranozni filtri »plava traka«	Filtri »FPP—15« (BCD 2200)	Filtri »FPP—15«	Filtri »FPP—15«
3 — 4	11	4,4	4,7	13,00	8,75	8,70	8,70
5 — 6	15	6,6	6,9	13,60	13,32	13,00	13,00

Na osnovu rezultata iz tablice 4 vidi se da se najvećom efikasnošću odlikuju filtri »FPP-15« i »Sintezijski«. Najmanju efikasnost postižu Cajsovi konimetri.

Kod podjednake težinske koncentracije pojedini aparati beleže 1,5 do 4,5 puta manji broj čestica prašine u odnosu na termički precipitator.

Kod konimetara ovo smanjenje je 4,5 puta, za filtre »Sintezijski«, do 1,1 puta, za filtre »FPP-15« do 1,2 puta.

Pomenuti podaci pokazuju da se pojedini konimetrijski aparati i metode ne mogu uzajamno upoređivati.

Utvrđivanje broja čestica prašine zavisi od ukupnog mikroskopskog povećanja. Rezultati izneti u tablici 5 nedvosmisleno to potvrđuju.

Prema tome, kada se pomoću konimetrijskih rezultata prikazuje zadržavanje vazduha, potrebno je brojati sa većim povećanjem na mikroskopu. Isto tako je bitno da li su

posmatranja vršena na svetlom ili tamnom polju.

Zavisnost između težinskih i konimetrijskih rezultata prikazana je u tablici 6. Iz iznetih podataka se vidi da su najpribližniji rezultati u intervalu zadržavanja od 3 do 4 i od 5 do 6 mg/m³ za termički precipitator i filtre »FPP-15« i »Sintezijski«.

Uporedna ocena konimetrijskih metoda pokazuje da ne postoji stroga zakonitost između rezultata kod posebnih konimetrijskih aparata.

Ukoliko je vreme uzimanja probe manje, utoliko su veća kolebanja kod pojedinih rezultata, a tačnost metode je manja.

Manjom tačnošću i nesigurnošću odlikuju se rezultati dobijeni konimetrima sa udarnim dejstvom, koji imaju manji kapacitet usisavanja, registruju momentalnu zadržavanje i ispoljavaju odabiranje prema nekim frakcijama prašine.

ZUSAMMENFASSUNG

Verleichende Bewertung der Verstaubungskontrollverfahren

Dipl. Ing. K. Petrov — Dipl. Ing. L. Lazarov*)

Die Bestimmung der Staubkonzentration in der Luft ist eine komplexe Frage und hängt von mehreren bestehenden Faktoren mit verschiedenen Eigenschaften, ab.

Die erzielten Ergebnisse unterscheiden sich mehr oder weniger voneinander, hauptsächlich wegen ungleichmässiger Staubverteilung in der Luft, wegen einmaligen Auftretens der Messbedingungen sowie der beschränkten Genauigkeit verschiedener Messinstrumente. Man kann sogar gegensätzliche Ergebnisse erhalten.

Es wurden gravimetrische Messungen durchgeführt und statistisch bearbeitet.

Aus den Messungen kann man schliessen, dass einzelne konimetrische Apparate und Verfahren untereinander nicht verglichen werden können.

Die Bestimmung der Staubteilchenanzahl hängt von der mikroskopischen Gesamtvergrösserung ab. Die in der Tab. 5 aufgeführten Zahlen beweisen das eindeutig.

Wenn man mit Hilfe von konimetrischen Ergebnissen die Luftverstaubung darstellen will, dann muss mit einer stärkeren Vergrösserung im Mikroskop gezählt werden. Ebenso ist wichtig, ob die Beobachtung auf dem dunklen oder hellen Feld ausgeführt wurden.

*) Dipl. Ing. Krstja Petrov načelnik PBS »Gorubso« — dipl. ing. Lazar Lazarov, PBS »Gorubso« — Madan, Bugarska.

Eine vergleichende Bewertung der koniometrischen Verfahren zeigt, dass keine strenge Gesetzmässigkeit unter den Ergebnissen bei besonderen koniometrischen Apparaten besteht.

Je kürzer die Probenahmezeit ist, desto grösser sind die Schwankungen und die Genauigkeit der Verfahren kleiner.

Literatura

1. Baron, L. I., 1954: Profilaktika silikoza i antrakoza pri gornyh razrabotkah. — Ugletehizdat.
2. Torskij, P. N., Ribičev, A. I., Čobotarov, K. A., 1956: Obespylivanie ugol'nyh šaht, Ugletehizdat.
3. Sipjagin, V. A., Sačkov, A. F., 1958: Obespylivanie atmosfery rudnikov, Gosnaučtehizdat.
4. Levina A. I., Latuškina, V. B., 1953: Sravnitel'naja ocenka elektroprecipitatora MIOT i sedimentatora Grina. — Sb. Bor'ba s silikozom, tom I, iz-ve AN SSSR.
5. Hurina E. V., Vorencova, E. I., 1955: Sravnitel'naja ocenka različnyh metodov opredelenija zapylenosti vozduha. — Sb. Bor'ba s silikozom, tom II, iz-ve AN SSSR.
6. Valohov, M. I., Revjanina, L. S., 1959: Issledovanie točnosti sovremennyh metodov pylevogo kontrolja rudničnoj atmosfery. — Sb. Bor'ba s silikozom, tom III, iz-ve AN SSSR.
7. Stefanov, T., 1959: Rudnična ventilacija i metodi za nejna kontrol, Tehnika.
8. Lazarov, L., Petrov, K., 1965: Nefelimetrno opredeljane na masleni aerzoli v rudničnija vozduh. — Sp. Rudodobiv i metalurgija, kn. 6.
9. Petrov, K., Lazarov, L., 1965: Sravnitelna ocenka na sposobite na teglovnija metod. Sp. Rudodobiv i metalurgija, kn. 7.
10. Spurnyj, K., Jěh, Č., i dr., 1964: Aerzoly, Atomizdat, Moskva.
11. Schramm, G., 1962: Geräte zur messung des staubgehaltes der Wetter. — Bergbau-technik No. 12, Heft G.

Uticaj brzine vazdušnog strujanja na zaprašenost radilišta

(sa 6 slika)

Dipl. ing. Živojin Nikolić

Uticaj brzine vazdušne struje na zaprašenost jamskog vazduha, i eksperimentalno određivanje optimalne brzine kretanja vazduha radi smanjenja koncentracije prašine u jamskom vazduhu.

Pod procesom stvaranja prašine u jamskim prostorijama podrazumevaju se procesi vezani sa stvaranjem, kretanjem i sedimentacijom prašine. Od stepena izučenosti ovih procesa zavisi i iznalaženje odgovarajućih mera zaštite.

Pri raznim proizvodnim procesima u podzemnom radu prašina se javlja kao disperzni sistem, tj. skup sitnih materijalnih čestica, koje se u toku kraćeg ili dužeg vremena mogu nalaziti u vazduhu u stanju lebdenja. Disperznost prašine je vrlo različita i kreće se od submikronskih čestica do čestica krupnoće i preko 100 mikrona.

Mnogobrojna ispitivanja rudarskih i medicinskih eksperata pokazala su da krupnije čestice od 10 mikrona, pored toga što brzo sedimentuju, pri udisanju zaostaju u nosu; čestice krupnoće 5 mikrona talože se u bronhijama, a čestice ispod 5 mikrona prodiru do alveola gde se talože. Znači, čestice prašine krupnoće ispod 5 mikrona predstavljaju i najveću štetnost po ljudski organizam, jer prouzrokuju razna pneumokoniozna oboljenja. Pitanje donje granice ovih čestica, s obzirom na štetnost, još uvek nije dovoljno proučeno i o tome postoje danas razna mišljenja. Dugo vremena se smatralo da submikronske čestice slobodno prodiru u pluća ne zadržavajući se u njima, pa da su zato bezopasne po organizam. Ispitivanja E. A. Vigdorčika, R. Germana i dr. su pokazala, međutim, da se čestice krupnoće ispod 0,25 mikrona zadržavaju u plućima 57 do 90%. Eksperimentalni radovi Komarova i Kiljkeeva su poslednjih godina pokazali da čestice prašine manjih prečnika od

1 mikrona manje utiču na pneumokoniozna oboljenja od čestica krupnoće između 1 i 5 mikrona. Ispitivanja E. V. Huhrina su pokazala da osnovni značaj u razvoju pneumokonioznih oboljenja ima masa prašine, a ne broj čestica i da pri istoj masi udisane prašine, pneumokoniozna oboljenja najbrže se prouzrokuju česticama krupnoće 2 do 3 mikrona.

Ventilacija u cilju smanjenja nivoa zaprašenosti jamskih prostorija i radilišta ima dominantni uticaj na frakcije prašine iznad 5 mikrona. Međutim, i submikronske frakcije prašine, koje se praktično stalno nalaze u lebdećem stanju, u okviru opšteg smanjenja zaprašenosti, takođe se procentualno smanjuju, ali retko do veličina koje nisu štetne. Zato, u cilju smanjenja i submikronskih frakcija prašine do bezopasnih veličina, potrebno je, uz optimizaciju režima provetranja, primeniti i razne mere za ukрупnjenje, koaguliranje submikronskih frakcija, čime se dobijaju zadovoljavajući rezultati.

U ovom radu razmotriće se samo uticaj brzine vazdušnog strujanja na zaprašenost radilišta (izuzev komornih), pri raznim proizvodnim operacijama u metalnim rudnicima, konkretno, pri podetažnom zarušavanju rudnog tela »Kamenjar« u jami Bor.

Aerodinamika strujanja vazduha u jamskim horizontalnim prostorijama

Osnovno svojstvo vazdušne struje od kojeg zavisi proces kretanja, lebdenja ili taloženja čestica prašine, zavisi od karaktera vazdušnog strujanja. U većini slučajeva u

jamskim hodnicima je kretanje vazduha turbulentno, a obezbeđuje se određenom kritičnom brzinom vazdušne struje. Za određivanje te brzine postoje razni kriterijumi, koji se daju ili u funkciji poprečnog preseka prostorije ili aerodinamičkog otpora.

Inače, turbulentnost vazdušnog strujanja, prema novijim saznanjima, predstavlja rezultantu osnovnog usmerenog i pulzacionog kretanja, izazvanog vrtložnim strujanjima, koje je u normalnim uslovima rada potencirano još i promenom otpora prostorija usled odvijanja tehnološkog procesa.

Pri kretanju vazduha duž hrapavih površina hodnika nastaju vrtložna kretanja različitih intenziteta, koja crpe energiju iz osnovnog usmerenog kretanja. Vrtlozi najvećeg intenziteta predaju energiju manjim vrtlozima, a energija najmanjih se rasejava u energiju toplotnog kretanja molekula.

Eksperimentalna ispitivanja na provodnicima kružnog i pravougaonog preseka, pokazuju da se srednja kvadratna vrednost pulzacionog kretanja, idući od ose ka površini provodnika, povećava i obrnuto.

Brzine kretanja i taloženja čestica prašine, koje su pod uticajem navedenih sila, kao i pod uticajem stalnog prisustva sile teže, zavisiće od međusobnog odnosa tih sila i kretaće se po njihovoj rezultanti. Međutim, čestice prašine submikronskih veličina, čija je masa neznatna i uticaj sile teže zanemarljiv, nalaze se pod dominantnim uticajem usmerenog i pulzacionog kretanja. Svi ovi činioći utiču na sposobnost transportovanja i iznošenja čestica prašine, koja će biti različita za različite krupnoće čestica.

V. N. Voronin je razradio metodu proračuna neophodne brzine kretanja vazduha za odvođenje prašine iz horizontalnih prostorija, s obzirom na turbulentnost kretanja vazduha. Pri tom, autor je pošao od postavke da će se samo one čestice nalaziti u lebdećem stanju kod kojih je srednja kvadratna vrednost pulzacione brzine u pravcu sile teže veća od brzine padanja u mirnom vazduhu. Shodno tome, pri brzini vazduha od 0,2 m/sec sve čestice manjeg prečnika od 10 mikrona nalaziće se u lebdećem stanju.

L. I. Baron i P. N. Torskiy predlažu da se kao minimalna potrebna brzina za iznošenje prašine iz horizontalnih prostorija uzme ona, koja je ravna ili nešto veća od brzine sedimentacije čestica u mirnom vazduhu (autori ovu hipotezu ne obrazlažu).

Dues i Slek polaze od hipoteze da je pri turbulentnom kretanju vazduha pojednaka verovatnoća padanja i dizanja čestica, i da će sedimentacija čestica biti ista kao i u mirnom vazduhu pod dejstvom sile teže. N. A. Fuks, podržavajući iznetu postavku kaže, da se sa dovoljnom tačnošću može koristiti formula Stoksa, za čestice krupnoće od 0,1 do 50 mikrona.

V. V. Nedin i O. D. Nejkov predlažu sledeću formulu za proračun efektivne brzine iznašanja prašine iz horizontalnih prostorija:

$$v = \frac{0,375 \cdot d^2 \cdot g \cdot \rho}{\mu \cdot \nu \cdot \alpha} \quad (1)$$

gde je:

- * — koeficijent oblika čestica
- α — koeficijent aerodinamičkog otpora, kp. sec²/m⁴.

Napred navedeni kriterijumi za određivanje potrebne brzine vazdušnog strujanja u cilju efikasnog iznašanja prašine iz horizontalnih jamskih prostorija, uglavnom se zasnivaju na uzajamnom dejstvu sile teže i sile pulzacionog kretanja. Međutim, kretanje čestica i njihova sedimentacija predstavljaju složeniji proces, koji još uvek nije tačno determinisan i zahteva dalja izučavanja. Teškoće se javljaju u činjenici da pored navedenih sila, deluju i drugi mehanizmi, kao: sila inercije, električno i toplotno uzajamno dejstvo čestica, molekulska difuzija i dr. Pored toga mikroklimatske prilike i primenjena tehnologija dobijanja takođe su od znatnog uticaja. Zatim, nataložena prašina na zidovima jamskih prostorija, pod uticajem parametara režima provetravanja, udarnih talasa posle miniranja ili nekih operacija u tehnološkom procesu, može biti uskovitlana i zahvaćena ventilacionom strujom, čime se povećava koncentracija prašine u vazduhu.

Podizanje čestica sedimentovane prašine nastupa onda kada aerodinamička sila strujanja vazduha postane veća od adhezionih sila između čestica i adhezionih sila između čestica i površine zidova. Taj momenat nastupa pri određenoj brzini strujanja vazduha, tj. kritičnoj brzini, koja je za različite krupnoće čestica različita. Veličina kritične brzine za određenu frakciju prašine zavisi i

od vlažnosti vazduha, svojstva površine na kojoj je nataložena prašina, ugla padanja u darnih talasa i dr.

Teoretska proučavanja procesa uzvitlavanja prašine još uvek nisu dovoljno razjasnila ovu pojavu zbog uticaja niza nabrojanih faktora, a i zbog nedovoljnog poznavanja veličine adhezionih sila, koje se suprotstavljaju podizanju čestica prašine. Eksperimentalni radovi Sirkina i Klimanova su pokazali da se smanjenjem razmera čestica, smanjuje i kritična brzina, dok za submikronske čestice, sa umanjem prečnika čestica, kritična brzina počinje rasti. To se objašnjava uvećanim dejstvom adhezionih sila.

Završavajući prednje razmatranje o problemu kretanja čestica i sedimentacije prašine iz turbulentnih strujanja, potrebno je naglasiti da se u literaturi vrlo često susreću podaci o veličini tzv. optimalne brzine kretanja vazduha, pri kojoj je odvođenje prašine najefikasnije, a koncentracija prašine u vazduhu najmanja, dobivenoj opitima in situ ili u laboratoriji.

Veličina optimalne brzine, prema raznim autorima, kreće se u širokim granicama i to počev od 0,25 m/sec do 2,0 m/sec. Međutim, i pored raznolikosti podataka, većina autora daje prednost eksperimentalnom određivanju optimalne brzine u odnosu na teoretska izračunavanja.

U tablici 1 iznet je pregled optimalnih brzina po raznim autorima.

Analiza mnogih ispitivanja i iznađenih optimalnih brzina vazdušnog strujanja u različitim uslovima, došlo se do sledećih opštih zaključaka:

- pri brzini od 0,25 m/sec ne obezbeđuje se efikasno sniženje zaprašenosti vazduha;
- pri brzini od 0,5 do 0,6 m/sec, dobijaju se povoljniji rezultati u plitkim jamama;
- pri visokim vlažnostima i temperaturama vazduha najpogodnije su brzine od 0,7 do 1,2 m/sec.

Odvođenje prašine sa radilišta u uslovima podetažnog zarušavanja rudnog tela »Kamenjar«

Disperzni sastav jamske prašine koja nastaje pri otkopavanju rudnog tela »Kamenjar« vrlo je heterogen, tako da se u vazduhu susreću čestice veličine od blizu nule do preko 100 mikrona. Sa udaljavanjem od radilišta, izvora prašine, krupnije čestice, u zavisnosti od prečnika i specifične težine, talože se na različitim odstojanjima od izvora prašine. To su pokazala i izvršena merenja pri utvrđivanju stanja zaprašenosti na radilištima u rudnom telu.

Za izračunavanje puta taloženja čestica određene krupnoće još uvek nema tačnih analitičkih definicija, o čemu je bilo reči u prethodnom poglavlju, već samo približno

Tablica 1

Prikaz vrednosti optimalnih brzina vazdušnog strujanja u različitim jamskim uslovima

Autor	Optimal. brz. m/sec.	Uslovi ispitivanja
Korčin	0,8—1,2	Jame sa visokom vlažnošću i temperaturama
V. N. Voronin	0,3	Za hodnike poprečnog preseka od 4—12 m ²
V. V. Nedin	0,4—0,8	Bušenje minskih bušotina u metalnim rudnicima
G. Hartman	0,25	Otkopni hodnici u metalnim rudnicima
G. V. Radčenko	0,6	Bušenje minskih bušotina u metalnim rudnicima
S. I. Lugovskij	0,5—1,0	Na metalnim rudnicima
IGD AN Kaz. SSR	0,8—1,0	Na metalnim rudnicima
A. I. Patrik	0,25	Priprema radovi u kanadskim rudnicima zlata
F. Kene	2,0	Otkopni hodnici vrlo dubokih jama

definisanje, uz zanemarivanje niza već ranije pobrojanih uticajnih faktora.

U tom cilju, pri rešavanju problematike odvođenja prašine ventilacijom u uslovima Borske jame, uzeta su u obzir samo dva dominantna uticaja na lebdivost prašine: sila gravitacije i usmereno kretanje vazdušne struje u jamskim hodnicima, dok su svi ostali uticaji zanemareni, jer se smatraju minimalnim. Ovakvo uprošćavanje ima za posledicu dobijanje samo orijentacionih podataka, koji su ipak za praktične svrhe prihvatljivi.

Uticaj sile gravitacije računat je po Stoksovom zakonu, jer se radi o česticama koje sedimentuju, čija je orijentacija u prostoru po smeru, vertikalno naniže, a uticaj sile usmerenog kretanja je horizontalan, paralelan osi hodnika. Prema tome, na svaku česticu prašine u datom trenutku dejstvuju dve sile, a kretanje čestice ostvarivaće se po njihovoj rezultanti.

Vreme lebdenja čestica, računato po Stoksovom zakonu, odnosi se na mirnu, nepokretnu sredinu i na čestice okruglog oblika. U jamskim prilikama ovakvi uslovi ne postoje. To je i razlog zbog kojega dosta naučnika proučava ovu problematiku i vrši modifikaciju Stoksovog obrasca za određene uslove. Međutim, još uvek ima malo podataka o tome, a i ono što je publikovano odnosi se na strogo određene uslove. Zbog toga, za proračun brzine sedimentovanja čestica prašine pod uticajem sile teže, uzima se osnovni Stoksov obrazac, dobijen iz jednakosti sile teže i sile otpora sredine:

$$v_v = \frac{1}{18} d^2 \frac{\rho - \rho_1}{\mu} g, \text{ cm/sec} \quad (2)$$

gde je:

- d — prečnik čestice, cm
- ρ — specifična težina čestica ($3,0 \text{ p/cm}^3$)
- ρ_1 — specifična težina vazduha
- g — ubrzanje sile teže, 981 cm/sec^2
- μ — viskozitet nepokretnog vazduha,

$$1,83 \cdot 10^{-4} \frac{\text{p}}{\text{cm} \cdot \text{sec}}$$

Pošto je specifična težina vazduha u odnosu na specifičnu težinu čestica vrlo mala, to se njenim zanemarivanjem, dobija

$$v_v = 0,003 \cdot \rho \cdot d^2, \text{ cm/sec} \quad (3)$$

gde je veličina d izražena u mikronima.

Prema tome, brzina sedimentovanja zavisiće od specifične težine čestica i kvadrata njihovog prečnika. Za jamsku prašinu Borskog rudnika i za čestice krupnoće iznad 1,5 mikrona, brzina sedimentovanja prikazana je u tablici 2.

Tablica 2
Brzina taloženja čestica prašine

d (μ)	v (cm/sec)	d (μ)	v (cm/sec)
70	44,100	5	0,225
50	22,500	4	0,144
30	8,100	3	0,081
20	3,600	2	0,036
10	0,900	1,5	0,020

Za čestice manjih dimenzija od 1,5 mikrona, po Nedinu i Nejkovu, Stoksov zakon treba biti modifikovan Cumingham-ovom dopunom^{*)}, s obzirom da se ove čestice ponašaju slično gasnim molekulima. Brzine sedimentovanja ovih frakcija, međutim neće biti ni računute, jer je vreme njihovog lebdenja u vazduhu vrlo dugo, što znači da praktično u jami ne sedimentuju.

Brzina usmerenog kretanja vazduha u jamskim prostorijama za određene uslove dobija se direktnim merenjem, i sa izvesnom ogradom, može se smatrati konstantnom.

Prema tome, pri $v_h = 0,06 \text{ m/sec}$, kolika je brzina kretanja vazduha u poprečnim podetažnim hodnicima rudnog tela »Kamenjar«, i vrednosti brzine sedimentovanja po Stoksu, za različite krupnoće čestica (tab. 2), njihovim vektorskim zbirom dobija se rezultujuća brzina sedimentovanja

$$\vec{v}_r = \vec{v}_h + \vec{v}_v$$

gde je:

- v_h — horizontalna komponenta
- v_v — vertikalna komponenta.

*) Za čestice prašine manjih dimenzija od 1,5 mikrona, brzina taloženja se tačnije određuje po formuli:

$$v = 0,003 \rho d^2 (1 + A 21/d)$$

gde je izraz u zagradi poznat kao Cumingham-ova dopuna a oznake:

- A — koeficijent, koji za uslove vazdušnog strujanja u jamama ima vrednost 0,70
- 1 — srednji slobodni put gasnih molekula, ravan $0,94 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$.

Tablica 3

Proračun dužine puta sedimentovanja čestica prašine krupnoće iznad 1,5 mikrona u hodnicima rudnog tela »Kamenjar« pri usmerenom kretanju vazduha od 0,06 m/sec

d (mikr.)	Horizontalna komponenta $v_h = 6 \text{ cm/sec}$			
	v_v (cm/s)	v_T (cm/s)	t (sec) za H = 2,5 m	L (m)
70	44,10	44,50	5,66	2,52
50	22,50	23,30	11,10	2,60
30	8,10	10,00	33,80	3,38
20	3,60	7,00	70,00	4,90
10	0,90	6,06	277,00	16,70
5	0,225	6,004	1112,00	66,76
4	0,144	6,002	1737,00	104,26
3	0,081	6,0005	3085,00	185,12
2	0,036	6,0001	7000,00	420,01
1,5	0,020	6,00003	12500,00	750,00

Ako je, pak, visina hodnika 2,5 m i ista se uzme za početnu visinu sedimentovanja čestica u vremenu $t = 0$, onda potrebno vreme sedimentovanja po Stoksu za visinu 2,5 m, a za čestice krupnoće iznad 1,5 mikrona, pomnožene sa veličinom rezultujuće brzine, daće i dužinu puta koju treba čestice određene krupnoće da pređu, da bi se sedimentovale.

Vrednosti rezultujućih brzina, vremena sedimentovanja i dužine puta, za sadašnje prilike u rudnom telu »Kamenjar« su prikazane u tablici 3.

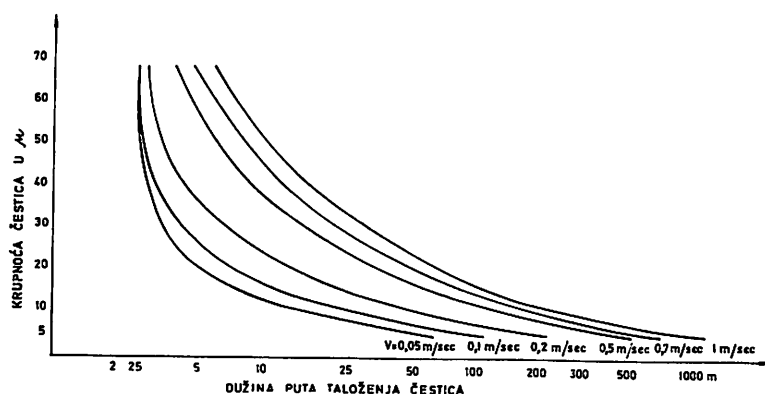
Dužina puta i vreme taloženja čestica manje krupnoće od 5 mikrona — prema datoj tablici — naglo se povećavaju, što je posledica smanjene vrednosti vertikalne komponente. Prema tome, može se smatrati da u rejonu rudnog tela veći deo ovih frakcija ne sedimentuje, naročito zato jer je u smernim podetažnim hodnicima veća brzina kretanja vazduha od brzine u poprečnim podetažnim hodnicima.

Ukoliko se brzina kretanja vazduha u hodniku povećava, onda dolazi do promene raspodele taloženja po frakcijama prašine oko svog izvora. Na dijagramu (sl. 1), data je zavisnost dužine puta sedimentovanja različitih frakcija prašine od brzine usmerenog kretanja vazduha (u granicama od 0,06 do 1 m/sec).

Pri brzini od 0,1 m/sec, čestice prečnika 5 mikrona se talože na oko 100 m od izvora prašine. Ukoliko se brzina kretanja vazduha poveća na 0,7 m/sec, put taloženja

čestica od 5 mikrona je mnogo duži i iznosi 778 m. Sa daljim povećavanjem brzine usmerenog kretanja, vreme sedimentovanja postaje znatno duže, pogotovu za čestice manjeg prečnika od 5 mikrona.

Iz napred izloženog može se zaključiti da u domenu rudnog tela »Kamenjar« pri brzini usmerenog kretanja od 0,7 do 0,8 m/sec treba očekivati taloženje čestica većeg prečnika od 5 mikrona, dok će se sitnije čestice nalaziti stalno u lebdećem stanju. Pri manjim brzinama od 0,5 m/sec došlo bi i do taloženja sitnijih frakcija od 5 mikrona, koje bi mogle biti lako uskovitlane, čime bi postojala permanentna mogućnost povećanja koncentracije prašine u vazduhu.



Sl. 1 — Dužina puta taloženja čestica

Abb. 1 — Die Weglänge zur Ablagerung von Staubteilchen.

Kod frakcija prašine iznad 5 mikrona, rezultujuće dejstvo sile teže i sile usmerenog kretanja je odlučujuće za transportovanje čestica u odnosu na uticaj drugih faktora (termički, električni, inercioni i dr.).

Na sitnije frakcije prašine, naročito one ispod 1,5 mikrona, to se ne bi moglo odnositi, jer pored dejstva rezultujuće sile usmerenog kretanja i sile gravitacije, do naročito izražaja dolaze uticaji ovih drugih faktora, koji utiču na lebdivost prašine.

Prema tome, iznalaženje one brzine kretanja vazduha, pri kojoj će koncentracija prašine u vazduhu biti minimalna, predstavlja jednu od osnovnih mera u borbi protiv prašine.

U iznalaženju te optimalne brzine, prednost se dalje eksperimentalnim određivanjima, pa je zbog toga za uslove Borske jame i izvršeno njeno eksperimentalno određivanje, što je i predmet izlaganja u narednom poglavlju.

Eksperimentalno određivanje optimalne brzine kretanja vazduha

Velike razlike u do sada poznatim vrednostima optimalne brzine kretanja vazduha u jamskim prostorijama (tab. 1) ukazuju i na potrebu njenog eksperimentalnog određivanja za uslove koji vladaju u Borskoj jami.

U principu, zadatak se može rešiti na dva načina: ispitivanjem na modelu ili eksperimentisanjem in situ.

Eksperimentalno određivanje optimalne brzine u uslovima otkopavanja rudnog tela »Kamenjar« je izvršeno neposredno u jami.

Lokacija opitnog mesta nije mogla biti izabrana u jamskim prostorijama rudnog tela zbog ometanja proizvodnog procesa, već je kao najpogodniji izabran hodnik br. 15—1, jer postoji potpuna geometrijska sličnost sa podetažnim hodnicima, a osim toga u njemu su slični mikroklimatski uslovi i postoji mogućnost regulacije brzine protoka vazduha.

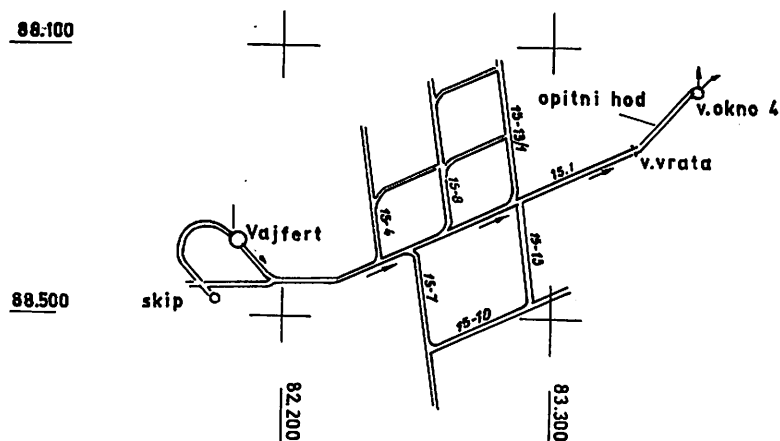
Na slici 2 prikazana je dispozicija opitnog mesta u sklopu postojećih jamskih prostori-ja XV-og horizonta jame.

Za izvođenje eksperimenta u cilju iznalaženja optimalne brzine vazdušnog strujanja, pošlo se i od postavke da je za opit neophodno potreban izvor prašine, koji će za duži vremenski period konstantno dozirati prašinu u vazdušnu struju. U tom cilju, na pogodnom postolju smešten je pribor za doziranje, prikazan na slici 3, koji se sastoji od staklene boce zapremine 10 l, napunjene jamskom prašinom, ejektora tipa AERA, rotametra i U-depresiometra.

Princip rada prikazanog uređaja za za-prašivanje sastoji se u sledećem:

— kroz gornji otvor boce, u kojoj se nalazi jamska prašina, smeštene su dve staklene cevi prečnika 6 mm. Jedna cev je preko gumenih creva povezana sa ejektorom za uduvavanje vazduha u bocu, čime se stvara određeni natpritisak u boci i uskovitlava prašina. Emitovanje prašine u tok vazdušne struje, usled nastalog natpritisaka vrši se preko druge staklene cevi istog prečnika,

— konstantnost doziranja vazduha se kontroliše preko rotametra i U-depresiometra. Utvrđeno je da ona zavisi od nivoa uro-



Sl. 2 — Situacioni plan XV horizonta jame Bor.

Abb. 2 — Situationsplan der XV. Sohle der Grube Bor.

njenih cevčica u boci. Da bi se ostvario protok vazduha od 20 l/min, potrebno je da krajevi cevčica budu neposredno iznad nivoa prašine u boci. Pri tome stvoreni natpritisak u boci iznosi 137 kp/m²,

— izvođenje eksperimenta u opitnom hodniku sastojalo se, dakle, u održavanju konstantnog intenziteta stvaranja prašine pri raznim brzinama vazdušnog strujanja, i merenju koncentracije prašine primenom konimetra i impindžera u tretiranim opsezima protoka,

— uzorkovanje je vršeno na udaljenosti 50 m od izvora stvaranja prašine. Lokacija merne tačke u poprečnom preseku hodnika, izabrana je tako, da odgovara srednjoj brzini kretanja vazduha.

Rezultati neposrednog merenja koncentracije prašine u funkciji određene brzine vazdušnog strujanja, a pod napred iznetim uslovima, prikazani su u tablicama 4 i 5.

Tablica 4

Konimetrijska merenja koncentracije prašine pri raznim brzinama vazdušnog strujanja

Broj merenja	Koncentracija praš. č/cm ³	Brzina vazd. m/sec
15	194	0,17
15	135	0,28
15	89	0,32
15	84	0,48
15	268	1,00
15	290	1,25

Rezultati merenja koncentracije prašine, izraženi u gravimetrijskim i granulometrijskim pokazateljima, a pri različitim brzinama

Tablica 5

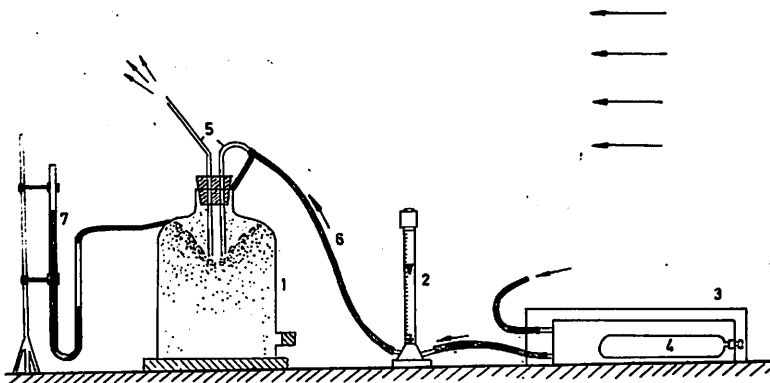
Gravimetrijski pokazatelji koncentracije prašine pri raznim brzinama vazdušnog strujanja

v(m/sec)	0,17	0,28	0,32	0,48	1,00	1,25
n(mg/m ³)	38,125	28,223	33,122	20,445	30,000	33,340

ma vazdušnog strujanja, iniciraju određenu zavisnost između koncentracije prašine u vazduhu i brzine vazdušnog strujanja. Ta zavisnost se ogleda u tome, što je pri malim brzinama strujanja vazduha koncentracija prašine, u zavisnosti od intenziteta izdvajanja prašine, izražena određenom vrednošću. Povećavanjem brzine strujanja, koncentracija prašine se smanjuje do određene vrednosti (minimuma), da bi se pri daljem povećanju brzine strujanja, opet povećala. Ovim rezultatima merenja ustanovljeno je da postoji parabolična zavisnost koncentracije prašine od promene brzine vazdušnog strujanja.

Očigledno je, dakle, da se zavisnost između koncentracije prašine i brzine strujanja vazduha može, prema tome, i analitički izraziti formulom:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (4)$$



Sl. 3 — 1. Boca sa jamskom prašinom; 2. Rotametar; 3. Aera; 4. Boca komprimiranog vazduha; 5. Staklene cevi ϕ 6 mm; 6. Gumena creva ϕ 6 mm; 7. U — depresiometar.

Abb. 3 — 1. Flasche mit Grubenstaub; 2. Rotameter; 3. Aera; 4. Druckluftflasche; 5. Glasrohr ϕ 6 mm; 6. Gummischlauch ϕ 6 mm; 7. U — Depressiometer.

gde se kao nezavisna promenljiva x može uzeti brzina vazdušnog strujanja v u m/sec, a za zavisno promenljivu y — koncentracija prašine n , izražena u granulometrijskim ili gravimetrijskim pokazateljima. Po tome je zavisnost određena izrazom:

$$n = a \cdot v^2 + b \cdot v + c \quad (4a)$$

gde su nepoznati koeficijenti: a , b i c .

Određivanje ovih koeficijenata, na bazi teorije najmanjih kvadrata se vrši formiranjem normalnih jednačina, oblika,

$$a \cdot \sum v_i^4 + b \cdot \sum v_i^3 + c \cdot \sum v_i^2 = \sum n_i \cdot v_i^2$$

$$a \cdot \sum v_i^3 + b \cdot \sum v_i^2 + c \cdot \sum v_i = \sum n_i \cdot v_i$$

$$a \cdot \sum v_i^2 + b \cdot \sum v_i + c \cdot m = \sum n_i$$

čije su vrednosti, na osnovu merenih gravimetrijskih pokazatelja sledeće:

$$\begin{aligned} a &= 63,4 \\ b &= -91,6 \\ c &= 52,4. \end{aligned}$$

Prema tome, zavisnost između brzine vazdušne struje i koncentracije prašine izražene u mg/m³, data je relacijom:

$$n = 63,4 \cdot v^2 - 91,6 \cdot v + 52,4 \quad (5)$$

čiji je grafički prikaz dat na slici 4.

Zavisnost između koncentracije prašine izražene u granulometrijskim pokazateljima i brzine vazdušnog strujanja, po napred iznetom postupku, data je relacijom:

$$n = 607,5 \cdot v^2 - 715,0 \cdot v + 290 \quad (6)$$

a njen grafički prikaz na slici 5.

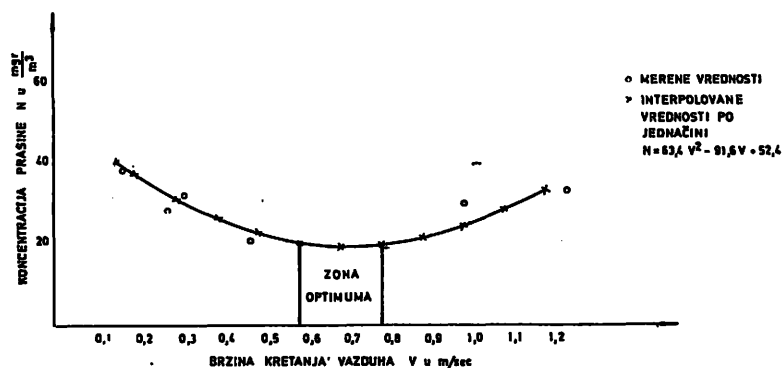
Iz prikazanog eksperimenta i date interpretacije rezultata merenja, zaključuje se:

1. Optimalne brzine strujanja vazduha u uslovima otkopavanja rudnog tela »Kamenjar«, dobijene praćenjem gravimetrijskih i granulometrijskih pokazatelja zaprašnosti, pri raznim brzinama strujanja, dovoljno su podudarne — 0,6 i 0,7 m/sec.

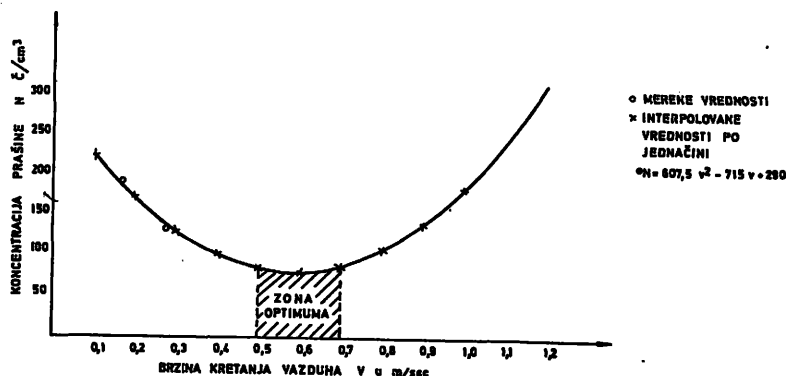
2. Veličini optimalne brzine, dobijene gravimetrijskim uzorkovanjem vazduha na zaprašnost, pridaje se veći značaj, zbog prednosti same primenjene metode, pa se usvaja vrednost optimalne brzine $v_{opt} = 0,7$ m/sec.

3. Kontrolnim merenjem mikroklimat-

Sl. 4 — Kriva promene koncentracije prašine u zavisnosti od brzine kretanja vazduha (jama Bor).
Abb. 4 — Die Veränderungskurve der Staubkonzentration in Abhängigkeit von der Wettergeschwindigkeit (Grube Bor).



Sl. 5 — Kriva promene koncentracije prašine u zavisnosti od brzine kretanja vazduha (jama Bor).
Abb. 5 — Die Veränderungskurve der Staubkonzentration in Abhängigkeit von der Wettergeschwindigkeit (Grube Bor).



skih prilika i u drugim rudnim telima jame Bor, konstatovana je velika podudarnost sa mikroklimatskim prilikama u rudnom telu »Kamenjar«, pa se predlaže da optimalna brzina strujanja vazduha u otkopnim prostorijama (izuzev komora) kod svih rudnih tela jame Bor, bude u granicama od 0,6 do 0,8 m/sec.

Zaprašenosť radilišta kod podetažnog zarušavanja rudnog tela »Kamenjar« u uslovima obezbeđenja optimalne brzine vazdušnog strujanja

Pri podetažnom zarušavanju rudnog tela »Kamenjar«, osnovni izvori stvaranja prašine na radilištima su operacije bušenja, miniranja i utovara.

Intenzitet stvaranja prašine pri bušenju je 10,7 mg/sec, a pri utovaru 131,2 mg/sec. Zaprašenosť radilišta pri operaciji miniranja se ne razmatra, iz razloga što se proces miniranja vrši u neproduktivnoj smeni ili između smena, kada se na radilištima aktivno ne radi.

Brzina kretanja vazduha na sada aktivnim radilištima je minimalna i iznosi oko 0,06 m/sec, pri kojoj su utvrđene sledeće koncentracije prašine: pri bušenju, 30,4 mg/m³, a pri utovaru 365 mg/m³.

Sagledavanje pokazatelja zaprašenosťi u uslovima obezbeđenja optimalne brzine kretanja vazduha na radilištima, a pri istim intenzitetima stvaranja prašine, je od posebnog interesa. U tom cilju, ako se zna da pri kontinuiranom procesu stvaranja prašine, kao što je slučaj kod bušenja minskih rupa i bušotina, potrebna količina vazduha koju treba dovesti na radilište, da bi se koncentracija prašine smanjila ispod MDK, dobija po obrascu:

$$Q = \frac{k \cdot A}{n - n_0}, \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (7)$$

gde je:

- k — koeficijent, koji po Sačkovu za uslove mokrog bušenja iznosi 0,5
- A — intenzitet stvaranja prašine, mg/sec
- n — MDK, mg/m³
- n₀ — koncentracija prašine u ulaznom vazduhu, mg/m³,

onda je modifikacijom gornjeg obrasca moguće dobiti zavisnosť između zaprašenosťi i brzine vazdušnog strujanja, uzimajući da je:

- n — zaprašenosť pri određenoj brzini vazduha, mg/m³
- F — poprečni presek prostorije, m²
- k = 1

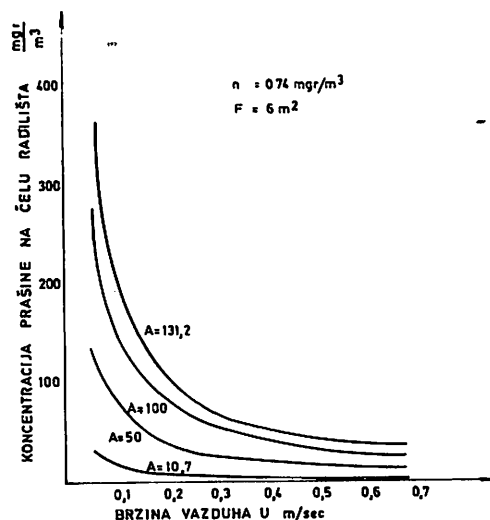
Shodno tome, dobija se:

$$n = n_0 + \frac{A}{F \cdot v}, \quad \text{mg/m}^3 \quad (8)$$

što predstavlja hiperboličnu zavisnosť.

Dobijena jednačina važi u granicama promene brzine od nule do vrednosťi optimalne brzine. Prekoračenjem optimalne brzine remeti se hiperbolična zavisnosť, usled sekundarnog povećanja koncentracije prašine prozurokovane uzvitlavanjem nataložene prašine.

Na dijagramu u slici 6 prikazana je zavisnosť koncentracije prašine od brzine vazdušnog strujanja za jamske prostorije poprečnog preseka 6 m², početne zaprašenosťi



ulaznog vazduha n₀ = 0,74 mg/m³, a pri različitim intenzitetima stvaranja prašine, koji se susreću pri izvođenju operacija bušenja i utovara u rudnom telu »Kamenjar«.

Izneti princip prognoziranja zaprašenosti kod procesa bušenja a u zavisnosti od promene brzine vazdušnog strujanja, apliciran je i na fazu utovara, iako se ta faza ne odlikuje kontinualnim procesom stvaranja prašine, već periodičnim, uslovljenim radom utovarača autolodera. Prema tome, i dobijeni podaci za proces utovara su orijentacioni sa tendencijom pokazivanja veće zaprašenosti, jer se primena obrasca odnosi na kontinualni rad, dok je rad autolodera periodičan.

Na osnovu izloženog, očekivana zaprašenost radilišta u uslovima optimalne brzine vazdušnog strujanja je:

— pri bušenju	3,29 mg/m ³
— pri utovaru	31,9 mg/m ³

što znači za oko 10 puta manja od postojeće.

Zaključni osvrt

Kompleksnost problematike otprašivanja otkopnih i drugih radilišta u jami se ogleda u uzajamnom dejstvu niza činilaca: fizičkih, hemijskih, električnih, toplotnih, aerodinamičkih i činilaca koji proističu iz primenjene tehnologije rada. Prema tome i zaštita od štetnog dejstva prašine zahteva primenu kompleksnih inženjersko-tehničkih mera. U kompleksu primenjivanih mera zaštite, ventilacija zauzima vidno mesto i predstavlja bazu u rešavanju problematike zaprašenosti radilišta. Međutim, za potpuno otklanjanje prašine iz vazduha, samo istovremena pri-

mena ventilacije i drugih mera za obaranje prašine (voda, koagulatori, filtri i dr.) daju zadovoljavajuće rezultate.

U ovom radu, problematika otprašivanja i uticaj ventilacije na zaprašenost radilišta je posmatrana na konkretnom primeru podeležnog zarušavanja rudnog tela »Kamenjar«.

Eksperimentima u Borskoj jami ustanovljeno je:

— da vrednost optimalne brzine od 0,7 m/sec u uslovima otkopavanja rudnog tela »Kamenjar« obezbeđuje minimalnu koncentraciju prašine u jamskom vazduhu;

— da sličnost mikroklimatskih prilika i drugih parametara, između rudnog tela »Kamenjar« i ostalih rudnih tela u jami Bor (izuzev onih koji se komorno otkopavaju), omogućava apliciranje dobijene vrednosti optimalne brzine i na ostale uslove otkopavanja.

Teoretskim razmatranjem za konkretne uslove otkopavanja rudnog tela »Kamenjar« ustanovljen je raspored taloženja čestica prašine u funkciji promene brzine usmernog kretanja vazduha, a što je i važno sa aspekta iznalaženja optimalne brzine vazdušnog strujanja, jer se time ukazuje na frakcioni sastav sedimentovane prašine.

Data je i zavisnost zaprašenosti vazduha od promene brzine vazdušnog strujanja, a za različite vrednosti intenziteta stvaranja prašine, kojim se postupkom dolazi do zaključka da se zaprašenost optimizacijom režima provetravanja desetostruko smanjuje u odnosu na početnu zaprašenost radilišta.

ZUSAMMENFASSUNG

Einfluss der Grubenwetterströmung auf die Verstaubung am Arbeitsort

Dipl. Ing. Ž. Nikolić*)

In dem Aufsatz wurde der Einfluss der Wettergeschwindigkeit auf die Verstaubung am Arbeitsort beim Teilsohlenbruchbau des Erzkörpers in der Grube Bor behandelt.

Die durchgeführten Versuche »in situ« haben gezeigt, dass die optimale Geschwindigkeit der Wetterströmung (Geschwindigkeit, bei der Verstaubung ein Minimum erreicht) bei den gegebenen Verhältnissen in den Grenzen von 0,6—0,8 m/s sich bewegt und dass dabei die Staubkonzentration um rd. 10 Mal im Verhältnis zur Verstaubung zu Beginn herabgesetzt wurde.

*) Doc. dipl. ing. Živojin Nikolić, Rudarsko geološko-metalurški fakultet, Beograd—Bor.

Der gegebene analytische Ausbruck der Adhängigkeit der Staubkonzentration von der Wettergeschwindigkeit bei verschiedenen Kennwerten der Staubbildungsintensität ermöglicht auch die Vorhersage der Verstaubung am Ort.

Literatura

1. Voronin, V. N. 1961: Provetrovanie gornyh vyrabotok, Moskva.
2. Vorinina L. D., 1961: Rasčet rudničnoj ventilacii, Moskva.
3. Nedin, V. V. Nejkov, O. D., 1965: Bor'ba s pil'ju na rudnikah, Moskva.
4. Nedin, V. V., Nejkov, O. D. 1967: Savremennye metody issledovanija pili. — »Nedra«, Moskva.
5. Nikolić, Ž.: Određivanje optimalne brzine vazdušne struje u cilju smanjenja zaprašnosti radilišta kod otkopavanja rud. tela »Kamenjar« podetažnim zarušavanjem (mag. rad).

Rezultati međunarodne konvencije o jamskoj prašini

Dr ing. Libor Suchan

Razmatrani su rezultati međunarodne konvencije u standardizaciji navih uzimanja proba i proučavanja i fizikalnih proučavanja fizikalnih prašina, o stanju preventive protiv pneumokonioze, o metodama merenja zaprašenosti i epidemiološkog sprečavanja pneumokonioze te o klimatskoj i zdravstvenoj preventivi i eksperimentalnom ispitivanju pneumokonioza.

U vremenu od 27. do 29. oktobra 1970. godine održana je u Gotvaldovu Međunarodna konferencija o jamskoj prašini, koju je organizovao Naučno-istraživački institut za ugalj u Ostravi - Radvanice, pod pokroviteljstvom Međunarodnog odbora za sigurnost rada u rudarstvu, obrazovanog pri MASZ u Ženevi (Međunarodno udruženje za socijalnu sigurnost).

Konferenciji je prisustvovalo 130 stručnjaka iz 13 evropskih zemalja. Podneseno je ukupno 70 referata, a u diskusiji su data 52 predloga.

Rad konferencije je bio podeljen na šest tematskih grupa, po kojima su dati uvodni generalni referati.

Prva grupa tema, koja je na konferenciji raspravljana, odnosila se na problematiku osobina prašine. Iz generalnog referata dr Kupke i iz diskusije utvrđeno je da je osnovna polazna tačka za rešenje ovog opsežnog problema ispitivanje osobina prašine u više pravaca, a koje se zasniva naročito na poznavanju mehaničkog i toksičnog štetnog dejstva prašine kao osnove za traženje postupaka čiji bi zahvati delovali direktno protiv aktivnih osobina štetnosti prašine.

Iz najnovijih saznanja o kojima je na ovoj konferenciji raspravljano, može se konstatovati da je prvobitna toksična reakcija jamske prašine u plućima spojena sa poluprovodljivim, heterogeno katalitički aktivnim osobinama čestica čvrste faze modifikacije SiO₂.

Za uspešan razvoj ovog ispitivanja nužno je da se u najskorije vreme sprovede stan-

dardizacija i odredi način uzimanja proba prašina, koji treba da se propiše za native (prirodne) prašine koje se analogno stvaraju. Na taj način smanjuje se broj slučajnih i nedefinisanih upliva pri eksperimentalnom radu. Potrebno je da se detaljnije razradi osnova ispitivanja značaja mineralnih sastojaka native jamske prašine sa ciljem da se kompleksnije definišu fizikalne osobine sistema u odnosu na potencijalnu opasnost od prašine.

Za studij fizikalnih osobina sistema prašina potrebno je da se zavede standard kojim će se postići biološki ekvivalentna tačnost za klasu koja se upoređuje.

Druga grupa tema obuhvatila je tehničku preventivu protiv prašine. Generalni referat o ovom problemu podneli su dr Nedbalék i ing. Fiala. U toku raspravljanja ispoljila se težnja za daljim usavršavanjem dosadašnjih metoda tehničke borbe protiv prašine, i to kako suvim, tako i pretežno mokrim postupkom. Međutim, nisu objavljeni nikakvi novi principi koji bi mogli da donesu principijelni kvalitativni preokret u tehničkoj preventivi. Sredstva za kvašenje su efikasnija i njima bi se moglo postići značajno poboljšanje jer mogu povoljno profilaktično da deluju pri upotrebi — udisanju. Isto je i sa upotrebom hidroskopskih pasta za zahvatanje prašine, i to kako u rudnicima uglja, tako i u rudnicima metala. Zanimljive su bile studije o upotrebi filtra za odstranjivanje prašine iz vetrene struje i pored toga što se rešenje ovog problema nalazi u stadijumu osnovnog ispitivanja.

Treća grupa tema odnosila se na metode merenja. O tome je podneo generalni referat ing. Naméstka. Ukazano je na nagli razvoj ove discipline i na pažnju koja joj se poklanja u celom svetu. Ponekad se dobija dojam da se iz težnje za sopstvenim pristupom u svakoj zemlji, pa na kraju i u svakom institutu, uzaludno razbijaju snage.

Iz dosadašnjih razmatranja proizilazi da se najuspešnije merenje razvija u pravcu lične dozimetrije prašine pomoću jednostavnih i skromnih metoda i aparata. Nadalje, tu je i neprekidni razvoj metoda koje omogućuju potpuno i kompleksno objašnjenje svih osobina prašine potrebnih radi karakterisanja opasnosti, a koje mogu da posluže za krajnju ocenu odnosa stvaranja količine i učinka, kao i za objašnjenje svih etioloških egzogenih faktora pneumokonioze.

Generalni referat dr Gomboša otvorio je četvrtu grupu tema — epidemiološka proučavanja. Tok raspravljanja u ovoj oblasti dokazao je da u rudnicima postoji stalna opasnost. U poslednjoj deceniji općenito se primećuje povoljna tendencija opadanja godišnjeg prirasta pneumokonioza. Ali neki radovi su pokazali da se taj trend zaustavlja i da je došlo do skraćivanja vremena ekspozicije u početnom stadijumu pneumokonioza. Disproporcija između progresije radova na dobijanju i pripremi, i zaostajanja tehničke preventive, mogla bi da rasvetli ovu malo povoljnu situaciju.

Veoma važna saznanja i rezultate dali su radovi koji su dokazali zavisnost broja pneumokonioza od izmerenih koncentracija respirabilne prašine. Pri realizaciji preventivnih mera može se polaziti od utvrđene kumulativne količine respirabilne prašine. Ova vrednost koristi se pri organizovanim postupcima prilikom postavljanja i premeštanja rudara na opasan rad, što je u sadašnje vreme složen i nedovoljno rešen problem.

Kumulativna količina respirabilne prašine daje osnov za određivanje dozvoljene koncentracije prašine u smeni na količinu ispod 5 mg/m^3 , koja vrednost takođe proizilazi iz saglasnih rezultata nekolicine autora, koji su do nje došli preko analize opasnosti jama u raznim oblastima.

Pri ovoj dozvoljenoj koncentraciji rudari bi mogli da rade bar 30 godina u relativno malo opasnoj sredini, što bi obezbedilo perspektivu rudarske profesije.

Peta grupa tema odnosila se na kliničku i zdravstvenu preventivu. Generalni referat podneo je dr Kadlec. U diskusiji je bilo istaknuto da samo izmena gledišta između lekara i tehničara o načinu i taktici borbe protiv prašine i direktna saradnja po pojedinačnim problemima može da donese dobre rezultate. Tako npr. neka sredstva za kvašenje imaju osobine koje su povoljne kako za tehničku preventivu protiv prašine, tako i za biološki proces reakcije organizma na prašinu. Rezultati dijagnostičkih i funkcionalnih radova pokazuju koliko je važno da se bolesnici ispitaju čitavim nizom metoda, da bi se pravilno procenilo ne samo funkcionalno aktuelno stanje, nego takođe i prognoza oboljenja. Dalje, mi danas možemo da kažemo da je udeo hroničnog bronhitisa u razvoju funkcionalnih poremećaja sasvim dokazan, i za to je potrebno da se ovom prapatnom oboljenju pokloni povećana svestrana pažnja.

Generalnim referatom dr Ulriha počela je šesta i poslednja grupa tema — eksperimentalno ispitivanje pneumokonioza. Iz rezultata raspravljanja po ovoj problematici proizilazi da je za ocenu bioloških delovanja nužno potrebna stroga standardizacija fizikalnih, hemijskih i mineraloških osobina ispitivanih prašina. Ogledi na izolovanim ćelijama uglavnom rešavaju mehanizam prvobitnog dejstva prašine na nivou ćelije, njenih subcelularnih elemenata, enzimskog sistema itd. Pri tome se polazi od teorije o prvobitnom dejstvu prašine na nivou plućnog makrofaga. Rezultati se mogu ekstrapolirati i na dugotrajno delovanje. Kvantitativni kriterijumi stepena plućne fibroze (količina stvorenog kolagena, prisustvo lipida u plućima, vlažna i suva težina pluća) jesu osetljivi pokazatelji, ukoliko se uzajamno slažu. Postepeno se objašnjavaju važni odnosi, kao što su npr. aktivna elektronska energija veznih mesta SiO_2 .

Iz mnogih predloga datih u diskusiji po raznim temama ispoljena je potreba da se kompleksno pristupi problemu pneumokonioze u svim naučnim oblastima koje se bave ovim pitanjima.

U zaključku je konstatovano da je na ovoj konferenciji izmena iskustava, principa i mišljenja između obe glavne grupe učesnika, tj. tehničko-prirodno naučnog i biološko-medicinskog smera, bila korisna i plodna, da

je svima pružila nove podsticaje u prosudivanjima o daljim usmeravanjima rada. Na osnovu toga postala je sredstvo za stimulisanje u razvoju osnovnog i primenjenog is-

pitivanja u svim oblastima preventive pneumokonioze. Svemu tome sigurno doprinose i lični kontakti, koji su prilikom održavanja konferencije bili uspostavljeni.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse der Internationalen Konvention über den Grubenstaub

Dr. Ing. L. Suchan*)

Aus den neuesten Erkenntnissen, die auf dieser Tagung behandelt wurden, kann geschlossen werden, dass die ursprüngliche toxische Reaktion des Grubenstaubs in den Lungen mit halbleitenden, heterogen katalitisch aktiven Teilcheneigenschaften der festen Modifizierungsphase des festen SiO_2 verbunden war.

Für die erfolgreiche Entwicklung dieser Sorschung ist erforderlich, dass binnen kürzester Zeit Standardisierung durchgeführt wird und eine ganz genaue Weise der Staubprobenahme bestimmt wird.

Für das Studium der physikalischen Eigenschaften der Staubsysteme ist erforderlich Standarde einzuführen, mit welchen biologisch equivalente Genauigkeit für die zu vergleichende Klasse erreicht wird.

Während der Tagung hat sich die Tendenz geäußert nach der weiteren Vervollkommung der bisherigen Verfahren der technischen Bekämpfung des Grubenstaubs und zwar sowohl im Trocken als auch überwiegend im Nassverfahren. Es wurden aber keine neuen Grundsätze veröffentlicht, die zu einer qualitativen Vendung in der technischen Präventive führen könnten.

Bei den Messverfahren wurde auf die starke Entwicklung dieser Disziplin und die Aufmerksamkeit, die ihr in der ganzen Welt gewidmet wird, hingewiesen. Man gewinnt jedoch den Eindruck, dass die Kräfte zersplittert werden.

*) Dr. Ing. Libor Suchan, Naučno-istraživački institut za ugalj, Moravska Ostrava — Radvanice — ČSSR.

Mogućnosti poboljšanja ventilacionog režima analizom potencijalnih šema na primeru jednog rudnika uglja

(sa 3 slike)

Docent ing. Vesna Jovičić — asistent ing. Anka Čović

Na primeru jednog rudnika uglja čija će ventilacija biti organizovana pomoću dva ventilatora. Ukazano je na značaj analize potencijalne šeme postojeće jamske ventilacione mreže radi utvrđivanja racionalnosti raspodele pada potencijala vazduha, kao i značaj raspodele vazduha za stabilnost ventilacionog sistema. U napisu su dati kriteriji za donošenje zaključaka o stabilnosti i za kategorizaciju stabilnosti vetrenog sistema na naučnoj osnovi.

Primer koji želimo ovde da analiziramo, predstavlja perspektivno stanje jednog našeg rudnika uglja, čija će ventilacija biti organizovana pomoću dva glavna ventilatora.

Na osnovu projektovane mreže jamskih radova, dinamike otkopavanja i pripreme, u posmatranoj fazi predviđen je način razvođenja vazdušne struje, kako je to prikazano kanonskom šemom ventilacije (slika 1).

U tu svrhu izvršen je proračun otpora u pojedinim ograncima ventilacione mreže, a dobijene vrednosti pregledno su prikazane u tablici 1. Tok proračuna otpora i sam proračun kako pojedinačnih otpora tako i lokalnih ovde ne dajemo, jer je to dovoljno poznato [1].*

Tablica 1-

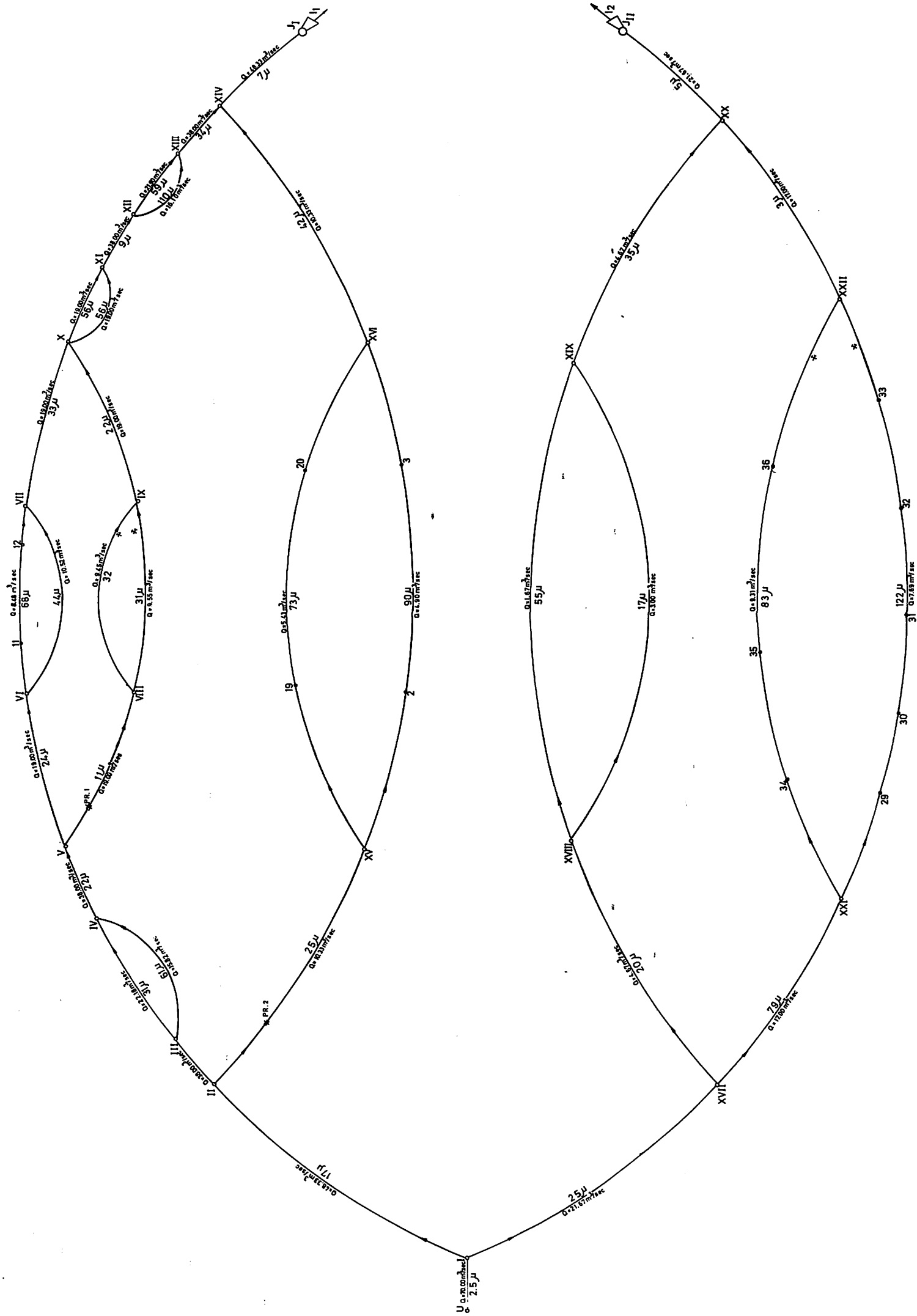
Otpori jamskih prostorija

Red. br.	Naziv prostorije	Oznaka prostorije	Otpori u mijurzima
1.	Glavno izv. okno	U-I	2,5
2.	Navozište i gl. izvozni hodnik	I-II	17,0
3.	Glavni izv. hodnik	II-III	5,0
4.	Izvozni hodnik	III-IV	31,0
5.	Pomoćni vent. hod.	III-6-IV	61,0
6.	Hodnik na trećem horizontu	IV-V	22,0
7.	Hodnik na trećem horizontu	V-VI	24,0

* Brojevi u uglastim zagradama označuju stručnu literaturu koja je navedena u spisku na kraju ovog članka.

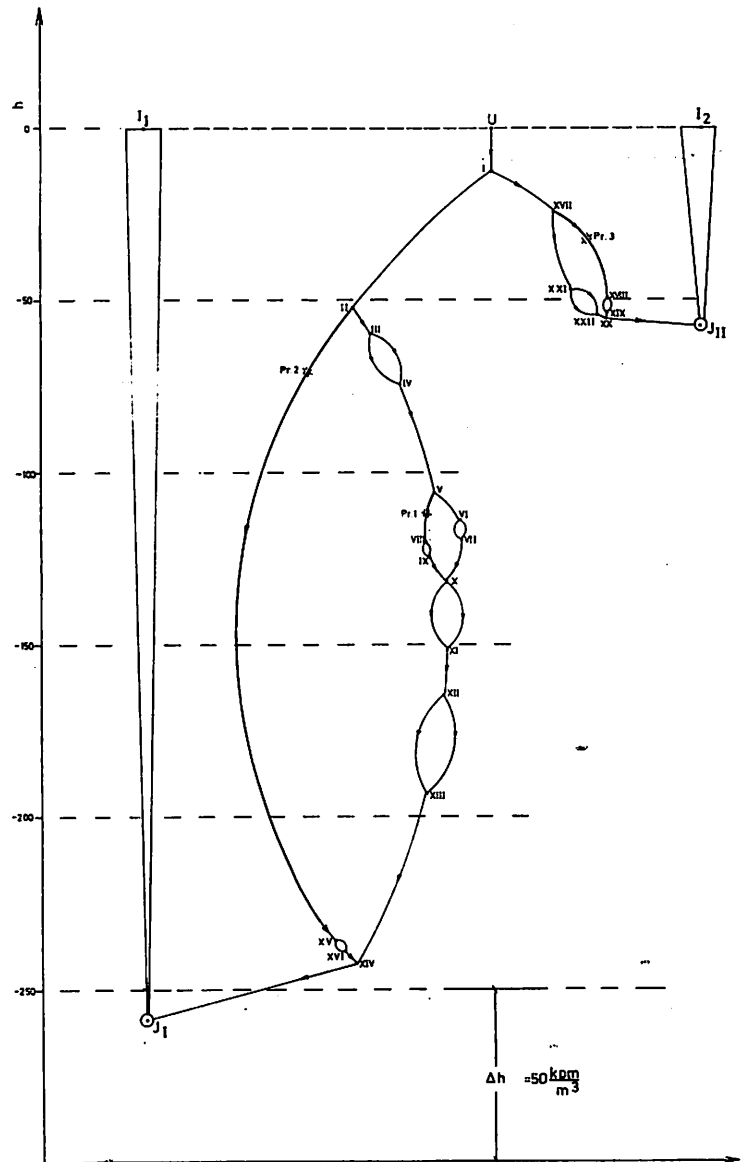
8. Široko čelo	VI-VII	44,0
9. Široko čelo	VI-12-VII	68,0
10. Vent. hodnik	VII-X	33,0
11. Transpor. hodnik	V-VIII	11,0
12. Široko čelo	VIII-IX	31,0
13. Široko čelo	VIII-9-IX	32,0
14. Vent. hodnik	IX-X	22,0
15. Vent. hodnik	X-XI	56,0
16. Vent. hodnik	X-XI	56,0
17. Vent. hodnik	XI-XII	9,0
18. Vent. hodnik	XII-16-XIII	110,0
19. Vent. hodnik	XII-17-XIII	59,0
20. Vent. hodnik	XIII-XIV	34,0
21. Vent. okno	XIV-J _I	7,0
22. Hodnik	II-XV	14,0
23. Pripr. radovi	XV-19-XVI	73,0
24. Pripr. radovi	XV-2-XVI	7,0
25. Vent. uskop	XVI-XIV	42,0
26. Hodnik	I-XVII	25,0
27. Hodnik	XVII-XVIII	20,0
28. Pom. vent. hodnik	XVIII-24-XIX	55,0
29. Izvozni hodnik	XVIII-XIX	17,0
30. Vent. hodnik	XIX-26-XX	35,0
31. Glavni izv. hod.	XVII-XXI	79,0
32. Hodnici i široko čelo	XXI-29-XXII	122,0
33. Hodnici i široko čelo	XXI-34-XXII	83,0
34. Vent. hodnik	XXII-XX	3,0
35. Vent. okno	XX-J _{II}	5,0

Ukupna projektovana količina vazduha za obe jame koje su spojene u jednu ventilacionu celinu iznosi 70 m³/s. Na osnovu otpora u pojedinim ograncima i potreba, zavise od položaja radnih mesta, izvršen je proračun raspodele ulazne količine vazduha. Ovako dobijena raspodela data je u šemi na slici 1.



Sl. 1 — Kanonska šema ventilacije.
 Abb. 1 — Kanonisches Wetterführungsschema.

Sl. 2 — Potencijalna šema jame.
Abb. 2 — Potentialschema des Bergwerks.



Već ovi podaci ukazuju na izvesne ključne nedostatke ovako projektovane ventilacione mreže. Naročito pada u oči, da su ventilacioni putevi u jednom delu jame vrlo tesni i dugački, usled čega su otpori u prostorijama izlazne vazdušne struje izrazito visoki (ventilacioni hodnici X-XI-XII-XIII-XIV). Sličan je slučaj i sa prostorijama ulazne vazdušne struje (hodnik 1-II-III-IV-V).

Da bismo pokazali da uočeno stanje ne predstavlja povoljno tehničko rešenje, izvršili smo proračun hidrodinamičkog pada potencijala vazduha [2]. Ovaj proračun izvršen je po sledećem obrascu:

$$\Delta h = l\beta + l\alpha - l\gamma \quad (1)$$

gde je:

- $l\beta$ — disipacija energije u ventilacionom ogranaku
- $l\alpha$ — disipacija energije u ventilacionim regulacionim vratima
- $l\gamma$ — hidrodinamička kumulacija energije, odnosno depresija ventilatora

Rezultati ovog proračuna prikazani su u tablici 2.

Osim izračunatog pada potencijala, radi konstrukcije potencijalne šeme potrebno je izvršiti još i isti proračun u tačkama račvanja (kumulativno), pošto te vrednosti ne mo-

žemo dobiti direktno iz tablice 2. Zbog toga je na osnovu tablice 2 i kanonske šeme, izvršen proračun pomenutog potencijala. Re-

zultati ovog proračuna dati su u tablici 3, a sama potencijalna šema konstruisana na osnovu tih podataka na sl. 2.

Hidrodinamički pad potencijala vazduha

Tablica 2

Red. br.	Naziv prostorije	Oznaka prostorije	Opori u mijurzima	Količina vazduha Q m ³ /s	Hidrod. pad potencijala vazduha (kppm/m ²)
1.	Glavno izv. okno	U-I	2,5	70,00	12,25
2.	Navozište i gl. izvozni hodnik	I-II	17,0	48,33	39,70
3.	Hodnik na trećem horizontu	II-III	5,0	38,00	7,22
4.	Hodnik na trećem horizontu	III-IV	31,0	22,18	15,25
5.	Pomoćni vent. hodnik	III-6-IV	61,0	15,82	15,26
6.	Hodnik na trećem horizontu	IV-V	22,0	38,00	31,77
7.	Hodnik na trećem horizontu	V-VI	24,0	19,00	8,66
8.	Široko čelo	VI-VII	44,0	10,52	4,87
9.	Široko čelo	VI-12-VII	68,0	8,48	4,89
10.	Vent. hodnik	VII-X	33,0	19,00	11,91
11.	Transp. hodnik	V-VIII	11,0	19,00	3,97
12.	Široko čelo	VIII-IX	31,0	9,55	2,83
13.	Široko čelo	VIII-9-IX	32,0	9,45	2,86
14.	Vent. hodnik	IX-X	22,0	19,00	7,94
15.	Vent. hodnik	X-XI	56,0	19,00	20,22
16.	Vent. hodnik	X-XI	56,0	19,00	20,22
17.	Vent. hodnik	XI-XII	9,0	38,00	13,00
18.	Vent. hodnik	XII-16-XIII	110,0	16,10	28,51
19.	Vent. hodnik	XII-17-XIII	59,0	21,90	28,30
20.	Vent. hodnik	XIII-XIV	34,0	38,00	49,09
21.	Vent. okno	XIV-J ₁	7,0	48,33	16,35
22.	Hodnik	II-XV	14,0	10,33	1,49
23.	Pripr. radovi	XV-19-XVI	73,0	5,43	2,15
24.	Pripr. radovi	XV-2-XVI	90,0	4,90	2,16
25.	Vent. uskop	XVI-XIV	42,0	10,33	4,48
26.	Hodnik na drugom horizontu	I-XVII	25,0	21,67	11,74
27.	Hodnik	XVII-XVIII	20,0	4,67	0,44
28.	Pom. vent. hodnik	XVIII-24-XIX	55,0	1,67	0,15
29.	Izvozni hodnik	XVIII-XIX	17,0	3,00	0,15
30.	Vent. hodnik	XIX-26-XX	35,0	4,67	0,76
31.	Glavni izv. hodnik	XVII-XXI	79,0	17,00	22,83
32.	Hodnici i široko čelo	XXI-29-XXII	122,0	7,69	7,21
33.	Hodnici i široko čelo	XXI-34-XXII	83,0	9,31	7,20
34.	Vent. hodnik	XXII-XX	3,0	17,00	0,87
35.	Vent. okno	XX-J ₁₁	5,0	21,67	2,35

Kumulativne vrednosti hidrodinamičkog potencijala

Tablica 3

Ogranak	Hidrod. disipacija energije		Hidrodinam. kumulacija energije kpm m ³	Hidrodinam. pad potencijala vazduha kpm m ³	Tačka račvanja	Hidrodinamički potenc. vazduha kpm m ³
	u ogranaku	na prigušivačima				
U-I	12,25	0	0	12,25	U i I ₁	0
I-II	39,70	0	0	39,70	I	-12,25
II-III	7,22	0	0	7,22	II	-51,95
III-IV	15,66	0	0	15,26	III	-59,17
IV-V	31,77	0	0	31,77	IV	-74,43
V-VI	8,66	0	0	8,66	V	-106,20
VI-VII	4,89	0	0	4,89	VI	-114,86
VII-X	11,91	0	0	11,91	VII	-119,75
					X	-131,66
V-VIII	3,97	10,69	0	14,66	V	-106,20
VIII-IX	2,86	0	0	2,86	VIII	-120,86
IX-X	7,94	0	0	7,94	IX	-123,72
X-XI	20,22	0	0	20,22	X	-131,66
XI-XII	13,00	0	0	13,00	XI	-151,88
XII-XIII	28,51	0	0	28,51	XII	-164,88
XIII-XIV	49,09	0	0	49,09	XIII	-193,39
II-XV	1,49	182,40	0	183,89	II	-51,95
XV-XVI	2,16	0	0	2,16	XV	-253,84
XVI-IV	4,48	0	0	4,48	XVI	-238,0
XIV-J	16,35	0	0	16,35	XIV	-242,48
J -I ₁ -U	0	0	258,83	-258,83	J _I	-258,83
U-I	12,25	0	0	12,25	U i I ₂	0
I-XVII	11,74	0	0	11,74	I	-12,25
XVIII-XIX	0,15	0	0	0,15	XVIII	-53,99
XIX-XX	0,76	0	0	0,76	XIX	-54,14
					XX	-54,90
XVII-XXI	22,83	0	0	22,83	XVII	-23,99
XXI-XII	7,21	0	0	7,21	XXI	-46,82
XXII-XX	0,87	0	0	0,87	XXII	-54,03
XX-J _{II}	2,35	0	0	2,35	XX	-54,90
J _{II} -I ₂ -U	0	0	57,25	-57,25	J _{II}	-57,25

Kao što proračun pokazuje za ventilaciju prve jame (J_I) potreban je ventilator sledećih karakteristika (J_I):

$$\Delta p = 260 \text{ kp/m}^2$$

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$$

a za drugu jamu (J_{II})

$$\Delta p = 60 \text{ kp/m}^2$$

$$Q = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analizirajući potencijalnu šemu jamske ventilacione mreže utvrđujemo racionalnost

raspodele pada potencijala vazduha. Naime, ako su padovi potencijala u ventilacionim odeljenjima veći od padova potencijala u skupnim ograncima, onda je raspodela pada potencijala u ventilacionoj mreži racionalna.

Skupnim ogranakom nazivamo onaj ogranak kojim se dovodi ili odvodi vazduh za najmanje dva ventilaciona odeljenja.

Na neracionalnost ventilacione mreže naročito ukazuju takozvana uska grla u mreži, na kojima je pad potencijala izrazito veliki. U tom slučaju i troškovi ventilacije u ogromnoj meri rastu.

Ako je raspodela padova potencijala vazduha u ventilacionoj mreži racionalna, stabilnost ventilacionog odeljenja je veća. Pod stabilnošću ventilacionog sistema podrazumevamo mogućnost konstantnog zadržavanja pravca vazdušne struje, bez opasnosti da u izvesnim slučajevima može doći do nekontrolisane i iznenadne promene.

Obezbeđivanje visoke stabilnosti vazdušne struje ima ogroman značaj u rudarskoj praksi. Iz tih razloga želimo naročito da ukažemo na stabilnost projektovanog režima ventilacije za citirani primer.

Tu stabilnost smo utvrdili:

— na osnovu stepena stabilnosti

(σ) koja se izražava obrascem:

$$\sigma = \frac{\Delta h_0}{\Delta p_v - \Delta h_0} \quad (2)$$

gde je:

Δh_0 — pad potencijala u ogranku za koji se određuje stabilnost
 Δp_v — depresija ventilatora (mehanička kumulacija) pod čijim se uticajem ostvaruje kretanje vazduha

Sistem je stabilan ako je ispunjen uslov da je:

$$\sigma \geq 0,25 \quad (3)$$

— na osnovu proporcije stabilnosti (μ) koja se određuje po obrascu:

$$\mu = \frac{\Delta h_0}{\Delta p_v} \quad (4)$$

Sistem je stabilan ako je ispunjen uslov:

$$\mu \geq 0,20 \quad (5)$$

— na osnovu koeficijenta stabilnosti (ν) datog jednačinom:

$$\nu = k \times \mu \quad (6)$$

gde je:

k — koeficijent depresije ventilacione mreže tj.

$$k = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{min}} \quad (7)$$

U obrascu (7) Δp_{min} predstavlja minimalnu depresiju kojom je neophodno da se rudnici ventiliraju. Naime, u tehnički razvijenim zemljama propisima su određene minimalne vrednosti depresije ventilatora.

Uslov za zadovoljavajuću stabilnost jeste da koeficijent stabilnosti bude veći od 0,20 tj.

$$\mu_{min} \geq 0,20 \quad i \quad (8)$$

$$k_{min} = 1 \quad (9)$$

Kada se za jednu jamu utvrde navedeni parametri, onda se na osnovu niže citiranih kriterijuma daje opšta ocena o stabilnosti ventilacionog sistema. Ta stabilnost se ocenjuje kao vrlo mala, mala, srednja, velika i vrlo velika.

Uslovi za pojedine navedene kategorije stabilnosti su sledeći:

a) vrlo mala stabilnost

$$\mu < 0,10$$

$$\text{ili } \sigma < \frac{1}{9} \quad (10)$$

b) mala stabilnost

$$0,10 \leq \mu < 0,20 \quad \text{ili} \quad \frac{1}{9} \leq \sigma < \frac{1}{4} \quad (11)$$

c) srednja stabilnost

$$0,20 \leq \mu < 0,30, \quad \text{ili} \quad \frac{1}{4} \leq \sigma < \frac{3}{7} \quad (12)$$

d) velika stabilnost

$$0,30 \leq \mu < 0,40, \quad \text{ili} \quad \frac{3}{7} \leq \sigma < \frac{2}{3} \quad (13)$$

e) jako velika stabilnost

$$\mu \geq 0,40, \quad \text{ili} \quad \sigma > \frac{2}{3} \quad (14)$$

Autor izložene metodike je H. Bystrón [3].

Radna mesta u rudniku čija je šema analizirana, nalaze se u ograncima (slika 1) V-VI-VII-X-, V-VIII-IX-X, zatim u ograncima XVII-XVIII-XIX-XX i XVII-XXI-XXII-XX.

Za pomenute ogranke izvršena je analiza stabilnosti na izloženi način, a rezultati proračuna dati su u tablici 4. Napominjemo da je koeficijent depresije računat po obrascu (7) za minimalnu mehaničku depresiju $\Delta p_{\min} = 80 \text{ kp/m}^2$.

U hodniku izlazne vazdušne struje (X-XI-XII-XIII-XIV) na sledećim mestima:

- u ogranaku X-XI sa 56μ na 12μ
- u ogranaku XI-XII sa 9μ na 3μ
- u ogranaku XII-XIII sa 59μ na 12μ
- u ogranaku XIII-XIV sa 34μ na 8μ .

Stabilnost ventilacionog sistema

Tablica 4

Ogranak	Vent. odeljenje	Hidrod. pad potenc. vazduha kp/m^3 $\text{m}^3 (\Delta h_0)$	Suma pada potencijala u spoljnoj konturi kp/m^3 (Δp_v)	Stepen stabil. σ_1	Proporcije stabil. μ_1	Koeficijent stabilnosti ν_1	Koeficijent depresije k
V-VI-VII-X	R ₁	25,46	258,83	0,109	0,098	0,318	3,23
V-VIII-IX-X	R ₂	25,46	258,83	0,109	0,098	0,318	3,23
XVII-XVIII-XX	R ₃	30,91	57,25	1,173	0,539	0,539	1,00
XVII-XXI-XX	R ₄	30,91	57,25	1,173	0,539	0,539	1,00

Na osnovu izloženog, kao i izvršenih proračuna, sada se mogu doneti, na naučnoj osnovi, zaključci o stabilnosti navedenog ventilacionog sistema, za koji smo već u početku rekli da ima nedostataka:

— stabilnost u ograncima V-VI-VII-X i V-VIII-IX-X tj. na otkopima prve jame (J_I), gde je koncentrisan najveći broj zaposlenih radnika, ne zadovoljava.

Stepen stabilnosti ukazuje na to da je prema navedenim kriterijumima stabilnost vrlo mala ($\sigma = 0,109 < 0,11$, $\mu = 0,098 < 0,10$).

Prema tome, ventilacioni sistem u tom smislu ima ozbiljnih nedostataka.

— Zadovoljavajući rezultati dobijaju se samo za drugu jamu (J_{II}).

Prema tome ocenjujemo da ventilacioni sistem opšte uzevši ne zadovoljava i da se moraju tražiti bolja rešenja.

Jedan od mogućih načina povećanja stabilnosti i racionalnosti datog sistema ventilacije sastojao bi se u tome da se smanje otpori u ograncima ulazne i izlazne vazdušne struje za prvu jamu (J_I).

Tehničkom analizom i proračunima utvrdili smo da je moguće smanjiti otpore i to:

U hodniku I-II-III-IV-V na sledećim mestima:

- u ogranaku I-II sa 17μ na 6μ
- u ogranaku III-IV sa 31μ na 8μ
- u ogranaku IV-V sa 22μ na $7,5 \mu$

Za predložene izmene postoje realni uslovi pošto se radi o profilima koji nisu dovoljni za protok projektovanih količina vazduha, kao i regulaciji krivina kod kojih nije vođeno računa o aerodinamičnosti.

Na osnovu novih otpora izvršen je ponovo proračun hidrodinamičkog pada potencijala vazduha čiji su rezultati dati u tablici 5.

Tablica 5 i kanonska šema (na slici 1) omogućuju da se izvrši ponovo proračun kretanja potencijala u tačkama račvanja jamske ventilacione mreže. Rezultati tog proračuna uneseni su u tablicu 6.

Nova potencijalna šema čiji se elementi nalaze u tablici 6 data je na slici 3.

Prema tome, vidi se da je regulacijom navedenih prostorija ukupna depresija smanjena za 50%, sa 260 kp/m^2 na $126,38$ odnosno 130 kp/m^2 .

Za ovako rekonstruisane ventilacione puteve odnosno usavršenu ventilacionu šemu, izvršena je provera celokupne stabilnosti. Nove vrednosti stepena stabilnosti (σ), proporcije stabilnosti (μ) kao i koeficijenta stabilnosti (ν) date su u tablici 7.

Hidrodinamički pad potencijala nakon rekonstrukcije

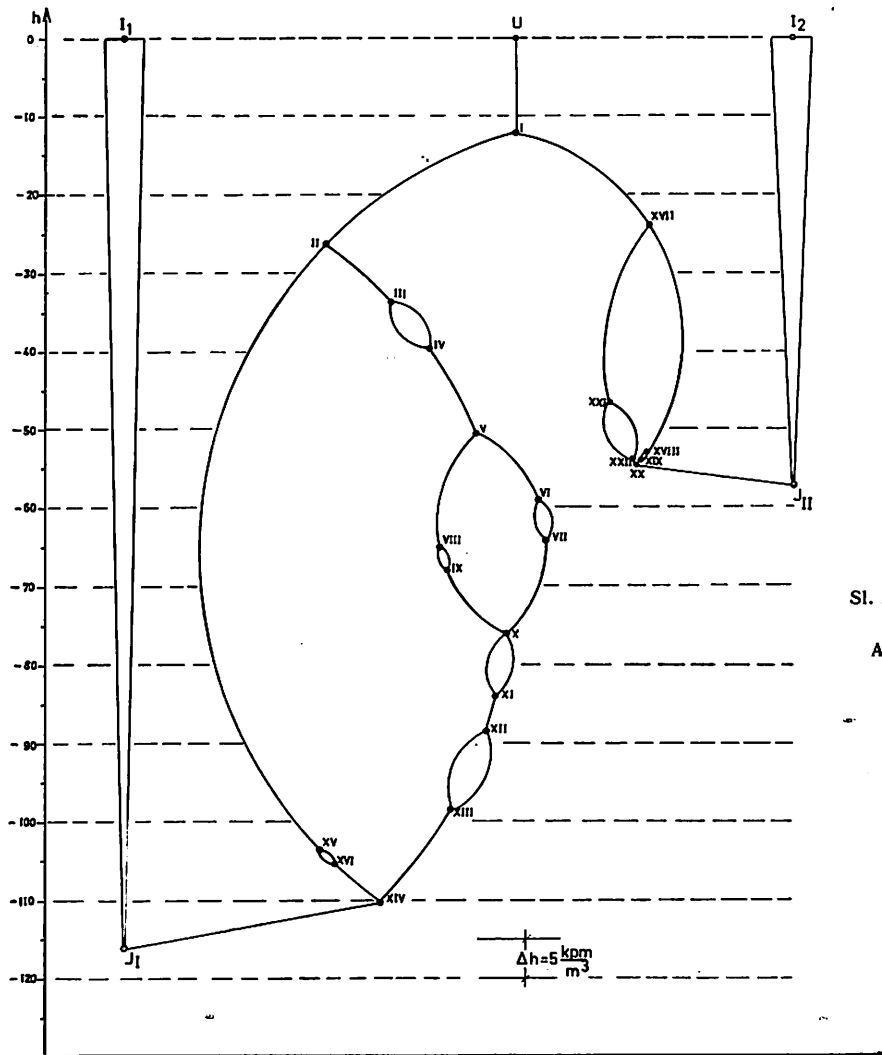
Tablica 5

Red. br.	Naziv prostorije	Oznaka prostorije	Otponi u mijurzima	količine vazduha u m ³ /s	Hidrodinam. pad potencijala K _{sp} m ³
1.	Glavno izv. okno	U—I	2,5	70,00	12,25
2.	Navozište i glavni izv. hodnik	I-II	6,0	48,33	14,02
3.	Hodnik	II-III	5,0	38,00	7,22
4.	Hodnik	III-IV	4,2	38,00	6,10
5.	Hodnik	IV-V	7,5	38,00	10,85
6.	Hodnik	V—VI	24,0	19,00	8,66
7.	Široko čelo	VI—VII	44,0	10,52	4,87
8.	Široko čelo	VI-12-VII	68,0	8,48	4,89
9.	Vent. hodnik	VII-X	33,0	19,00	11,91
10.	Transp. hodnik	V—VIII	11,0	19,00	3,97
11.	Široko čelo	VIII-IX	31,0	9,55	2,83
12.	Široko čelo	VIII-9-IX	32,0	9,45	2,86
13.	Ventil. hodnik	IX-X	22,0	19,00	7,94
14.	Ventil. hodnik	X-XI	5,6	38,00	8,10
15.	Ventil. hodnik	XI-XII	3,0	38,00	4,33
16.	Ventil. hodnici	XII-XIII	7,0	38,00	10,10
17.	Ventil. hodnik	XIII-XIV	8,0	38,00	11,60
18.	Ventil. okno	XIV-J _I	7,0	48,33	16,35
19.	Hodnik	II-XV	14,0	10,33	1,49
20.	Pripr. radovi	XV-19-XVI	73,0	5,43	2,15
21.	Pripr. radovi	XV-2-XVI	90,0	4,90	2,16
22.	Ventil. uskop	XVI-XIV	42,0	10,33	4,48
23.	Hodnik	I-XVII	25,0	21,67	11,74
24.	Hodnik	XVII-XVIII	20,0	4,67	0,44
25.	Pom. vent. hodnik	XVIII-24-XIX	55,0	1,67	0,15
26.	Izvozni hodnik	XVIII-XIX	17,0	3,00	0,15
27.	Ventil. hodnik	XIX-26-XX	35,0	4,67	0,76
28.	Gl. izv. hodnik	XVII-XXI	79,0	17,00	22,83
29.	Hodnici i otkop	XXI-29-XXII	122,0	7,69	7,21
30.	Hodnici i otkop	XXI-34-XXII	83,0	9,31	7,20
31.	Ventil. hodnik	XXII-XX	3,0	17,00	0,87
32.	Ventil. okno	XX-J _{II}	5,0	21,67	2,35

Kumulativne vrednosti hidrodin. pada potencijala nakon rekonstrukcije

Tablica 6

Ogranak	Hidrodinam. disipacija energije		Hidrodinam. kumulacija energije kpm m ³	Hidrodinam. pad pot. vazduha kpm m ³	Tačka račvanja	Hidrodinam. potencijal vazduha kpm m ³
	u ogranku	na prigušivačima				
U-I	12,25	0	0	12,25	U i I ₁	0
I-II	14,02	0	0	14,02	I	-12,25
II-III	7,22	0	0	7,22	II	-26,27
III-IV	6,10	0	0	6,10	III	-33,49
IV-V	10,85	0	0	10,85	IV	-39,59
V-VI	8,66	0	0	8,66	V	-50,44
VI-VII	4,89	0	0	4,89	VI	-59,10
VII-X	11,91	0	0	11,91	VII	-63,99
					X	-75,90
V-VIII	3,97	10,69	0	14,66	V	-50,44
VIII-IX	2,86	0	0	2,86	VIII	-65,10
IX-X	7,94	0	0	7,94	IX	-67,96
X-XI	8,10	0	0	8,10	X	-75,90
XI-XII	4,33	0	0	4,33	XI	-84,00
XII-XIII	10,10	0	0	10,10	XII	-88,33
XIII-XIV	11,60	0	0	11,60	XIII	-98,43
					XIV	-110,03
II-XV	1,49	75,63	0	77,12	II	-26,27
XV-XVI	2,16	0	0	2,16	XV	-103,39
XVI-XIV	4,48	0	0	4,48	XVI	-105,55
XIV-J _I	16,35	0	0	16,35	XIV	-110,03
J _I -I ₁ -U	0	0	126,38	-126,38	J _I	-126,38
U-I	12,25	0	0	12,25	U i I ₂	0
I-XVII	11,74	0	0	11,74	I	-12,25
XVII-XVIII	0,44	29,56	0	30,00	XVII	-23,99
XVIII-XIX	0,15	0	0	0,15	XVIII	-53,99
XIX-XX	0,76	0	0	0,76	XIX	-54,14
					XX	-54,90
XVII-XXI	22,83	0	0	22,83	XVII	-23,99
XXI-XXII	7,21	0	0	7,21	XXI	-46,82
XXII-XX	0,87	0	0	0,87	XXII	-54,03
XX-J _{II}	2,35	0	0	2,35	XX	-54,90
J _{II} -I ₂ -U	0	0	57,25	-57,25	J _{II}	-57,25



SI. 3 — Potencijalna šema nakon rekonstrukcije.

Abb. 3 — Potentialschema nach dem Umbau.

Stabilnost ventilacionog sistema nakon rekonstrukcije

Tablica 7

Ogranak (ventil. odeljenje)	Hidrodinam. pad poten- cijala vazduha kpm/m ³ (Δh_0)	Suma pada poten. u spoljnoj konturi kpm/m ³ (Δp_v)	Stepen stabilnosti σ_1	Proporcija stabilnosti μ_1	Koeficijent stabilnosti ν_1	
V-VI-VII-X	R ₁	25,46	126,38	0,252	0,201	0,318
V-VII-IX-X	R ₂	25,42	126,38	0,252	0,201	0,318
XVII-XVIII-XX	R ₃	30,91	57,25	1,173	0,539	0,539
XVII-XXI-XX	R ₄	30,91	57,25	1,173	0,539	0,539

Kao što se vidi ovakvom intervencijom jedinstveni sistem dveju jama koji je projektovan sa vrlo niskom stabilnošću može se svrstati dve kategorije više, tj u kategoriju srednje stabilnosti što je veoma značajno (obraci 11).

Pošto se u navedenom primeru radi o ventilacionom sistemu sa dva glavna ventilatora, potrebno je razmotriti još i njihovu usaglašenost.

Usaglašenost rada dva glavna ventilatora ocenjuje se preko tzv. koeficijenta regulacije ventilatora koji je dat jednačinom:

$$k_{rv} = \frac{A_1 + A_2}{A_{uk}} \quad (15)$$

gde je:

- k_{rv} — koeficijent regulacije ventilatora koji treba da bude što bliže jedinici ($k_{rv} \cong 1$)
- A_1 — ekvivalentni otvor prve jame (J_I)
- A_2 — ekvivalentni otvor druge jame (J_{II})
- A_{uk} — ukupni ekvivalentni otvor ventilacione mreže, koji se računa po obrascu:

$$A_{uk} = 0,38 \frac{Q_1 + Q_2}{\sqrt{\frac{Q_1 \Delta p_1 + Q_2 \Delta p_2}{Q_1 + Q_2}}} \quad [m^2] \quad (16)$$

Ekvivalentni otvori pojedinih jama za projektovani sistem, kao i ukupni ekvivalentni otvor iznosili su:

$$A_1 = 0,38 \frac{48,33}{\sqrt{260}} = 1,06 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,38 \frac{21,67}{\sqrt{60}} = 1,13 \text{ m}^2$$

$$A_{uk} = 0,38 \frac{48,33 + 21,67}{\sqrt{\frac{48,33 \times 260 + 60 \times 21,67}{48,33 + 21,67}}} = 1,9 \text{ m}^2$$

a koeficijent regulacije ventilatora (obrazac 15):

$$k_{rv} = \frac{1,06 + 1,13}{1,9} = 1,15$$

Nakon otklanjanja uskih grla u hodnicima ulazne i izlazne vazdušne struje odgovarajuće vrednosti su sledeće:

Ekvivalentni otvor prve jame (J_I) iznosi:

$$A_1 = 0,38 \frac{48,33}{\sqrt{130}} = 1,62 \text{ m}^2$$

Ekvivalentni otvor druge jame ostaje nepromenjen, tj.:

$$A_2 = 1,13 \text{ m}^2$$

Ukupni ekvivalentni otvor jame iznosiće:

$$A_{uk} = 0,38 \frac{70}{\frac{48,33 \cdot 130 + 21,67 \cdot 60}{70}} = 2,56 \text{ m}^2$$

Koeficijent regulacije u ovom slučaju iznosi:

$$k_{rv} = \frac{1,62 + 1,06}{2,56} = 1,04$$

što je znatno povoljnije.

Na ovaj način, pored veće stabilnosti, postignuta je i bolja usaglašenost rada dva ventilatora.

Daljom analizom projektovanog rešenja i predloženog poboljšanja dolazi se i do određenih zaključaka u vezi sa ekonomičnošću sistema.

Pre izvršene regulacije, godišnji izdaci samo za električnu energiju ventilatora na prvoj jami iznosili su:

$$I = \frac{Q \cdot \Delta p}{102 \cdot \eta} \text{ kw } 24 \text{ čas} \cdot 365 \text{ dana} \cdot 0,40 \text{ din/god.}$$

$$I = \frac{48,33 \cdot 260}{102 \cdot 0,65} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,40 = 78.000 \text{ din/god.}$$

Posle izvršene rekonstrukcije, godišnji troškovi za električnu energiju će biti:

$$I' = \frac{48,33 \cdot 130}{102 \cdot 0,65} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,40 = 39.000 \text{ din/god.}$$

Predložena rekonstrukcija obuhvata regulaciju oko 350 m' hodnika ukupno. Ako

uzmemo da cena radova po dužnom metru iznosi 1500 din, onda će ukupni izdaci za ovu rekonstrukciju iznositi:

$$350 \text{ m} \cdot 1500 \text{ din/m} = 52500 \text{ din.}$$

Prema tome, samo iz ušteda na električnoj energiji za manje od 17 meseci isplatiće se izdaci uloženi za regulaciju prostorija i ventilacione mreže.

Na osnovu toga vidi se da su i ekonomski razlozi, pored sigurnosnih koje stavljamo u prvi plan, sasvim evidentni.

ZUSAMMENFASSUNG

Verbesserungsmöglichkeiten der Wetterverhältnisse durch Analyse der Potentialschemen auf dem Beispiel eines Kohlenbergwerks

Dozent Dipl. Ing. V. Jovičić — Assistent Dipl. Ing. A. Čović*)

Für zwei Schächte, die miteinander unterirdisch in eine Wetterführungseinheit verbunden und durch ein Kakonschema in der Abb. 1 dargestellt sind, wurden Widerstände, Wetterverteilung, hydromechanisches Potentialgefälle der Grubenwetter (Tab. 1, 2 und 3) berechnet. Den Schacht I bewettert der Lüfter mit einem Unterdruck von 260 kp/m² und Wettermenge von 50 m³/s und den Schacht II mit dem Unterdruck von 60 kp/m² und Wettermenge von 22 m³/s.

Die Einschätzung der Stabilität wurde über den Stabilitätsgrad (σ), Stabilitätsproportionen (ε) und Stabilitätskoeffizienten (ν) gegeben und die gewonnenen Ergebnisse sind in der Tab. 4 dargestellt. Dieses System wurde als ungenügend stabil eingeschätzt, weil alle angeführten Koeffizienten nicht zufriedenstellend waren.

Als eine von den Verbesserungsmaßnahmen wurde der Umbau der Wetterwege vorgeschlagen. Danach wurde die Berechnung aller Elemente durchgeführt und neues Potentialschema ausgearbeitet. Dabei wurde im Schacht II, dessen Wetterverhältnisse zufriedenstellend waren, kein Umbau vorgenommen, sondern bloss im Schacht I. Neuer Unterdruck des Lüfters I beträgt 130 kp/m². Die Stabilität des Systems ist jetzt (Tab. 7) ganz zufriedenstellend.

Durch die Analyse der Kosten dieses Umbaues wurde bewiesen, dass die Aufwendungen für den Umbau in nicht ganz anderthalb Jahren durch Ersparnisse im Kraftverbrauch gedeckt werden könnten.

Literatura

1. Jokanović, B., 1959: Provetranje rudnika, Beograd.
2. Bystrón, H., 1969: Podstawy schematu potencjalnego kopalnianej sieci wentylacyjnej, Katowice.
3. Bystrón, H.: Metoda regulacji skrepowanej rozplywu powietza w kopalni. — Zrzegląd Gornyczy, tom XXIV, No. 11, Katowice.
4. Skočinskij, A. A., Komarov, V. B., 1959: Rudničnaja ventiljacija, Moskva.

*) Docent ing. Vesna Jovičić i dipl. ing Anka Čović, Rudarsko-geološki fakultet — Beograd.

Automatizacija kontinuiranog transporta u rudnicima

(sa 13 slika)

Dipl. ing. Nenad Marinović — dipl. ing. Predrag Vranić

U ovom napisu dat je kritički osvrt na postojeće stanje transportnog sistema u rudnicima i na koristi razvoja moderne elektrotehničke tehnologije, a prije svega integralnih digitalnih i linearnih strojeva, koji omogućuju ekonomičnu realizaciju i vrlo složenih sistema automatskog upravljanja, sa apsolutno pouzdanim uređajima malih gabarita, dugog veka trajanja i sa jednostavnim održavanjem.

Uvod

Automatizacija kontinuiranog transporta predstavlja jedan od značajnih kvaliteta suvremene eksploatacije rude. Osnovne prednosti automatskog upravljanja kontinuiranim transportom, u odnosu na dosad gotovo isključivo primjenjivana konvencionalna rješenja koja su se svodila na ručno ili polu-automatsko upravljanje, mogu se svesti na slijedeće:

- eliminiranje praznog hoda
- povećana sigurnost pogona
- smanjen broj ljudi zaduženih za kontrolu i nadgledanje transporta.

Dosad poznata rješenja automatski upravljanih sistema transporta bazirala su se u pravilu na klasičnim relejnim sklopovima, bila su opterećena nedostacima koje primjena elektromehaničkih elemenata redovito donosi, pa se zbog toga i dosta mali broj investitora odlučivao na uvođenje automatizacije. Vrlo veliki nedostaci relejnih sistema bili su mala pogonska pouzdanost, vrlo ograničen vijek trajanja, velike dimenzije uređaja, a ako se radi o već malo složenijoj automatici, i česta potreba za intervencijama. Osim toga, jedno sveobuhvatno rješenje automatizacije transporta koje će zadovoljiti sve zahtjeve koji se sa stanovišta tehnološkog procesa mogu postaviti na uređaje za automatsko upravljanje nije se niti moglo realizirati u relejnoj tehnici.

Tek razvoj modernih elektrotehničkih tehnologija, a prije svega integriranih digitalnih i linearnih sklopova, omogućava realizaciju i vrlo složenih sistema automatskog

upravljanja po vrlo pristupačnim cijenama, malih gabarita i sa vrlo malim zahtjevima za održavanje. Osnovne karakteristike takvih uređaja su gotovo apsolutna pouzdanost, dugi vijek trajanja i sasvim jednostavno održavanje.

Uzimajući sve nabrojane karakteristike u obzir, u projektu je razrađeno rješenje automatskog upravljanja koje se bazira na maksimalnoj primjeni integriranih sklopova iz porodice HLL, koja je specijalno razvijena za primjene u industrijskim pogonima. Osnovne karakteristike ovih sklopova su veliki imunitet na ulazni šum i povišeni napon napajanja. Sklopovi čija bi realizacija bila skupa u integriranoj formi izvedeni su na bazi diskretnih poluvodičkih komponenata (tranzistori, diode i thyristori), tako da samo rješenje predstavlja tipičan hibrid klasične i integrirane elektronike. U predloženom rješenju releji su našli mjesto samo kao izvršni organi za upravljanje motorskim sklopnicima i sistema za zvučnu najavu kretanja djela transporta u pogon.

Idejno rješenje automatike transporta je koncipirano tako da utrošak kablova bude minimalan. Upravo su želja za što jednostavnijim kabliranjem i težnja da se usvojeni princip može bez ikakvih promjena primjeniti na bilo koju konfiguraciju transportne mreže bili odlučujući po izbor koncepcije.

Karakteristično je za usvojeno rješenje to da je svakom transporteru pridružen upravljački sklop koji je potpuno jednak bez obzira na položaj transportera u sistemu. Jedina iznimka su upravljačke jedinice pridružene transporterima na radilištu koje su,

pored ostalog, opskrbljene sklopom za indikaciju transportera u kvaru. Za slanje svih potrebnih informacija iz bloka u blok, izuzimajući telefoniju, dovoljne su samo tri žile. Ako tome dodamo još dvožilni kabel kojim se napajaju trube uzduž transporta i dvožilni kabel koji povezuje krajnje sklopke za izbacivanje sistema u slučaju nužde, kompletiran je broj kablova uzduž transportnih linija. Pritom treba napomenuti da bi se primjenom specijalnog kontaktnog kabela mogle eliminirati krajnje sklopke za izbacivanje u slučaju nužde i pripadajući kabel, tako da bi se broj kabela uzduž transporta sveo svega na dva. Naime, kontaktni kabel bi bio ujedno i upravljajući kabel sistema sa tri žile od kojih se dvije mogu međusobno kratko spajati.

Kako se ovaj specijalni kabel za sada ne proizvodi, rješenjem je omogućen i klasični način izbacivanja sistema u slučaju nužde pomoću krajnjih sklopki ili poteznog užeta.

Tehnološki su elektronički sklopovi izvedeni kao jedinice standardnih dimenzija. Ove jedinice zajedno sa ostalim elementima bloka, pomoćni releji i izvor za napajanje smješteni su u neprodorno oklopno kućište, a svi upravljajući strujni krugovi su izvedeni kao samosigurni, tako da se mogu koristiti i u metanskim jamama. Pristup svim elementima je vrlo lagan, a otklanjanje eventualnih kvarova se svodi na promjenu pojedinih »plug-in« jedinica.

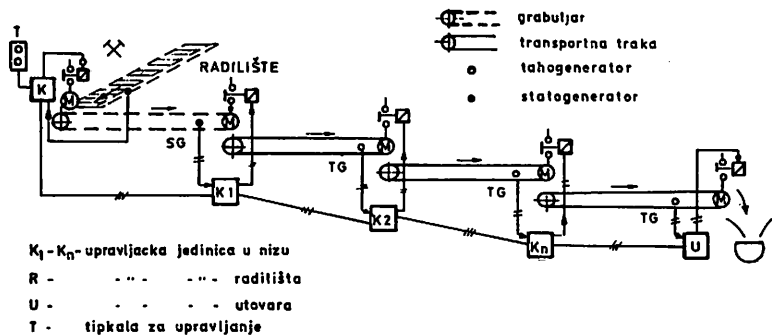
Osnovi sistema automatizacije

Tehnološki uslovi

Pod kontinuiranim transportom smatramo cijeli niz transportnih uređaja ili više nizova koji eksploatiranu rudnu supstancu kontinuirano transportiraju od mjesta dobivanja do mjesta utovara, prerade ili separacije. Transportni uređaji se kod toga mogu sastojati od lančanih transportera, bilo jednolančanih ili dvolančanih, zatim člankastih transportera ili transportera sa transportnim trakama.

Posebno za rudnike sa jamskom eksploatacijom konfiguracija transportnih puteva nije stalna, već ovisi o razvoju rudarskih radova. Prema tome, konfiguracija transporta stalno mjenja svoju dužinu pojedinih transportnih puteva, a također i broj ograna. Naime, vrlo često dolazi do likvidacije nekog radilišta, a istovremeno do uspostavljanja nekog novog radilišta, tako da može doći do promjene same sheme transporta. Polazeći sa tog stanovišta, automatizacija treba biti tako riješena da sami uređaji ni u kojem slučaju ne smiju ovisiti o konfiguraciji transporta niti o broju transportera u nizu.

Na slici 1 imamo prikazan jedan transportni niz od radilišta do mjesta utovara koji se sastoji od dvolančanog grabuljara na radilištu koji rudnu supstancu prenosi na jednolančani grabuljar, a zatim se transportnom trakom transportira do mjesta utovara, na primjer — u jamska kolica. Kod toga vidimo da s obzirom na tehnologiju automatizacije transporta možemo imati specijalne zahtjeve samo na radilištu i na mjestu uto-



Sl. 1 — Šema automatizacije kontinuiranog vazduha.

Fig. 1 — Continuous air automation diagram.

vara, dok preostali uređaji za automatizaciju označeni kao »K«: $K_1, K_2 \dots K_n$ u biti moraju biti jednaki i u svakom slučaju udovoljavati uvjetima automatizacije bez obzira na konfiguraciju transporta i njihov položaj u sistemu transporta.

Zadatak svakog uređaja za automatizaciju je u biti da:

- dobiveni podatak na osnovu napred utvrđenih kriterija preradi i u formi zaključka prenese na energetski sistem transporta,
- kod stavljanja u pogon prije pokretanja transporta treba obavijestiti pogonsko osoblje u okolini transporterera, da će transporter krenuti u pogon, kako bi se eliminirale eventualne nezgode u slučaju iznenadnog pokretanja transporta,
- prije stavljanja transportnog puta u pogon potrebno je osigurati potvrdu utovarnog mjesta da se utovar može obaviti, što znači da treba da postoji dovoljan priliv materijala na radilište i bude osiguran odvoz materijala na kraju transportnog puta,
- uzduž svakog transporta treba biti omogućeno sa svakog mjesta da se transporter može zaustaviti u slučaju nužde, a ponovno puštanje takvog transporta treba biti omogućeno samo nadzornom osoblju,
- u slučaju kvara na bilo kojem transporteru, bilo da se radi o klizanju transportne trake, pucanju lanca ili zaustavljanju zbog greške na energetskom dijelu električnih uređaja, određeni transporter treba da bude momentalno zaustavljen, a istovremeno treba prouzrokovati zaustavljanje svih transporterera u nizu u smjeru radilišta od mjesta kvara, a na upravljačkom uređaju dotičnog transporterera takav kvar treba biti signaliziran,
- svako zaustavljanje transportnog niza uslijed kvara na transporteru treba biti na mjestu upravljanja signalizirano oznakama o tome koji je po redu transporter na kojem je došlo do kvara,

— ukoliko dođe do kvara na nekom od uređaja za automatizaciju, isti treba biti signaliziran na samom uređaju, transport zaustavljen i to sve do radilišta, a na mjestu upravljanja signalizirano, koji je po redu transporter u kvaru,

— signalizacija pri kretanju u pogon transporterera ili transportnog niza treba da traje cca 10 sec.

Kod transporterera sa trakom, pored kontrole klizanja trake na pogonskom valjku, treba također kontrolirati i ispravnost položaj transportne trake i to tako da se u slučaju skretanja trake transport zaustavi i smatra da je transporter u kvaru.

Kod dvolančanih transporterera pucanje samo jednog lanca treba biti registrirano i obustavljen pogon dotičnog transporterera.

Način upravljanja i signalizacija

Kod svake automatizacije kontinuiranog transporta kao prvo postavlja se pitanje da se u sistemu automatizacije odredi mjesto upravljanja transportom, odnosno mjesto stavljanja u pogon i postavljanja. Tu može postojati više mogućnosti i to:

- a) signalizacija sa radilišta, a stavljanje u pogon na mjestu utovara
- b) signalizacija sa radilišta i sa mjesta utovara, a stavljanje u pogon sa dispeterskog centra
- c) signalizacija i upravljanje sa radilišta s time da mjesto utovara uvjetuje rad transportnog puta, odnosno dozvoljava stavljanje u pogon, a u svako doba može isključiti iz pogona transport, ne znajući sa kojeg radilišta se transport vrši.

Čini nam se da je tehnološki najispravniji sistem, a ujedno i najefikasniji, onaj naveden pod c) i to iz slijedećeg razloga:

- u pogonu će biti uvijek samo onaj transportni put koji raspolaže supstancom za transport
- transport će se obavljati samo u slučaju ako se na kraju transporta može vršiti i utovar u kolica ili bunker.

Na ovakav način možemo potpuno izbjeći povećani prazni hod onog dijela transporta koji momentalno ne raspolaže rudnom supstancom.

Opravdanost ovakvog načina upravljanja sa radilišta uz dobivanje potvrđnog signala na kraju transporta naročito dolazi do izražaja ako imamo složenu konfiguraciju transportnih puteva sa više paralelnih grana kao što to prikazuje slika 2.

Bilo koje od 4 radilišta treba da aktivira samo svoj transportni put do mjesta utovara ili odgovarajućeg bunkera pri čemu drugo radilište nakon pokretanja nekog transportnog niza, pokreće samo onu granu transportnog puta do transportera koji se već nalazi u pogonu.

U slučaju da jedno od radilišta prestaje transportirati, zaustavlja se samo ona grana koju momentalno isključivo koristi dotično radilište, odnosno onaj transportni put kojeg koristi dotično radilište. Tako, na primjer, ako na slici 2 radilište II transportira supstancu, radilište IV će kod pokretanja transporta staviti u pogon samo svoj ogranak do transportnog puta kojeg je zauzimalo radilište II, ali ako nakon toga radilište II prestane transportirati, ostatak će u pogonu transportni put radilišta IV do utovara, a isključiti će se samo ogranak od radilišta II do transportnog puta »radilište IV — utovar«.

Ovakav način upravljanja transportom i automatizacije djeluje potpuno fleksibilno u pogledu zauzimanja i korištenja transportnog puta neophodnog za nesmetani rad po-

jedinih radilišta i mjesta utovara. Ovo vrijedi jednako, kako za transport sastavljen od niza pojedinih transporterata u seriji kao što to prikazuje slika 1 (bez obzira na broj transporterata), tako isto i za jednu složenu konfiguraciju transporta bez obzira na broj transporterata i broj paralelnih grana, prikazan na slici 2.

Komponente automatizacije

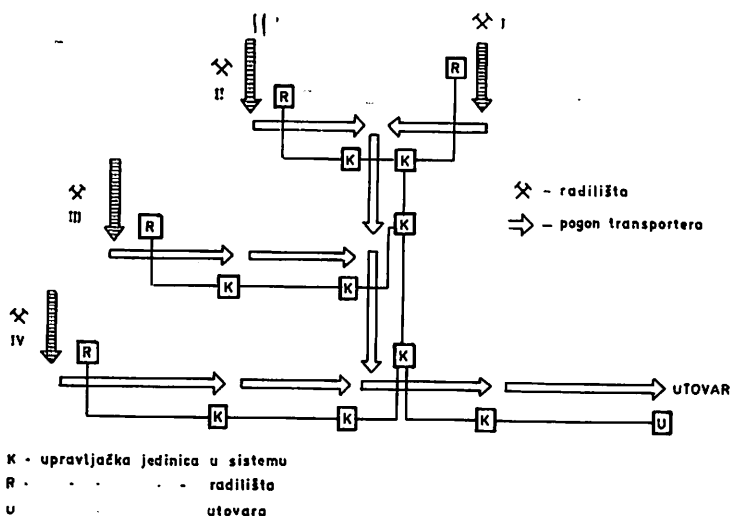
Davači podataka

Svaki sistem za automatizaciju da bi mogao donositi određene zaključke, potrebno je da dobije pouzdani podatak o režimu rada na osnovu kojeg uređaj za automatizaciju treba da daje nalog izvršnoj elektroenergetskoj jedinici.

Prema tome stanje pogona pojedinog transporta treba ovisiti o parametrima koji su neophodni da bi se odvijao koristan rad. Ove parametre dobivamo od takozvanih »davača podataka«.

Za kontinuirani transport davača podataka su u prvom redu značajni ispravnost transportnog sistema ili transportnog lanca, i njihov ispravan položaj. Prema tome, da bismo mogli postaviti sistem za automatizaciju, moramo imati pouzdane davače podataka, pretvorene u električne veličine i to:

a) Za transportne trake: tahogenerator, koji se okreće kretanjem transportne trake, predstavljajući time jedan linearni izvor električnog napona ovisan o brzini kretanja trake,



Sl. 2 — Šema automatizacije kontinuiranog transporta u podzemnim rudnicima.

Fig. 2 — Diagram of continuous transport automation in underground mines.

b) za jednolančane i člankaste transportere: statogenerator, koji predstavlja indukcionu davača sa svitkom i permanentnim magnetom, sa zatvorenim magnetskim krugom preko lanca transportera. Kretanjem lanca mjenjaju se parametri magnetskog kruga što rezultira u induciranom naponu u svitku indukcionog davača, koji je ovisan o brzini kretanja lanca;

c) za dvolančane grabuljare: statogenerator, koji je identičan sa davačima pod b) s tom razlikom da mu magnetski krug iznad indukcionog davača zatvara grabilica grabuljara, a ne lanac i to na takav način da je magnetski krug zatvoren samo u slučaju okomitog položaja grabilice na smjer kretanja, jer je poznata činjenica da kod pucanja jednog lanca dolazi do iskrivljenja grabilice u odnosu na smjer kretanja, a što je ujedno podatak da transporter treba zaustaviti.

Kod transportnih traka pored brzine kretanja trake moramo također kontrolirati i ispravan položaj transportne trake, jer skretanje transportne trake sa pravog položaja može poremetiti transport isto kao i zaustavljanje jednog od transportera. Kontrolu položaja transportne trake povjeravamo tzv. »graničniku transporta« koji se sastoji od jedne granične sklopke koju aktivira skretanje transportne trake.

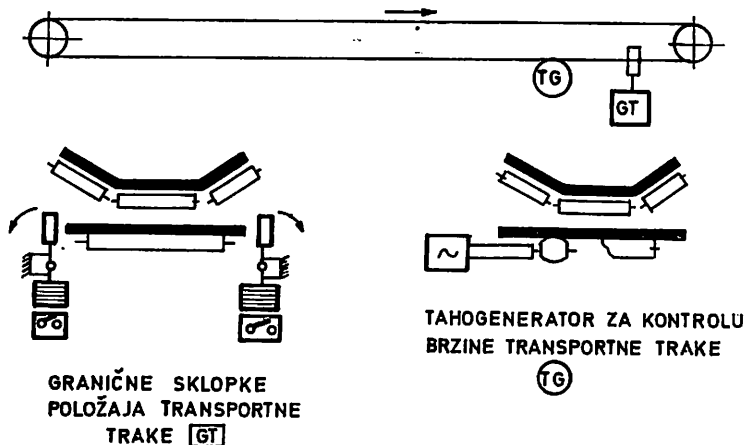
Na slici 3 vidimo shematski prikazan transporter sa transportnom trakom kao i položaj postavljanja tahogeneratora i graničnika transportera u odnosu na pogon.

Prema slici vidimo da je najpovoljniji položaj postavljanja tahogeneratora i graničnika trake neposredno u blizini pogonske glave, ali na povratnoj traci, i to radi izbjegavanja utjecaja transportirane supstance.

Položaj davača podatka o kretanju lanca ili grabilica, odnosno položaj statogeneratora vidimo na slici 4. Najpovoljnije ga je postaviti cca 2 m od pogonske glave i to ispod pogonskog lanca. Veoma je povoljan položaj ako ga se može postaviti tako da na njega djeluje povratni dio lanca, jer je pri tom izbjegnuto trošenje površine statogeneratora uslijed kretanja transportne supstance.

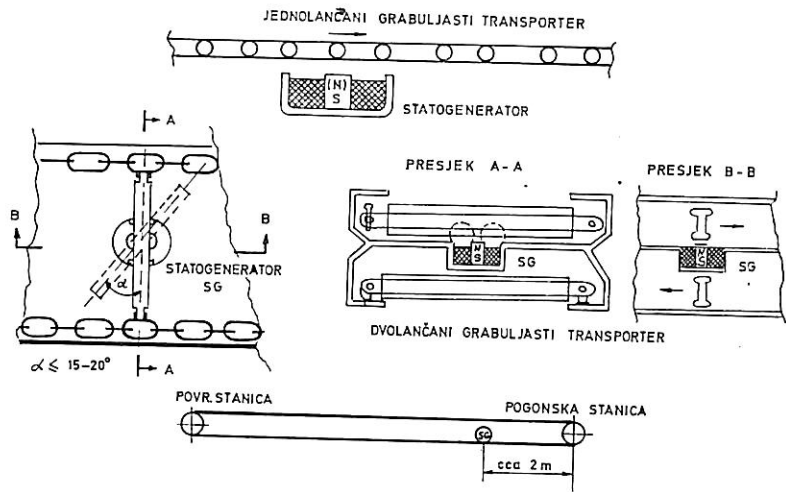
Naime, statogenerator treba tako montirati da sam lanac, odnosno grabilica, zatvori magnetski krug. Kod dvolančanih transportera davač treba postaviti na gornji lanac, jer na donjem lancu neće doći do iskrivljenja grabilice ukoliko dođe do pucanja samo jednog lanca. Na slici je prikazan primjer postavljanja statogeneratora kako na jednolančanom tako i na dvolančanom transporteru pri čemu se vidi da kod zakretanja grabilice na cca 15–20° i više neće biti zatvoren magnetski krug statogeneratora te će isti dati podatak o neispravnosti dotičnog transportera.

Na slici 5 imamo prikazanu električnu shemu kako tahogeneratora tako i statogeneratora pri čemu vidimo da dobiveni napon u tahogeneratoru ispravljamo u jednom ispravljaču i preko jednog filtra, kao istosmjerni napon ovisan o brzini kretanja trake, i prenosimo u pretvarački uređaj.



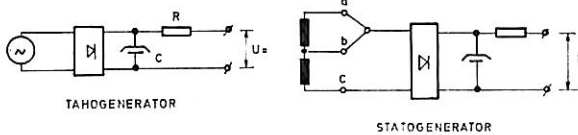
Sl. 3 — Kontrola brzine i položaja transportne trake.

Fig. 3 — Control of conveyor belt speed and position.



Sl. 4 — Raspored i položaj statogeneratora za kontrolu brzine i pucanja lanca kod jednolančanih i dvolančanih transportera.

Fig. 4 — Distribution and position of stogenerators for the control of speed and chain breakage of single chain and double chain conveyors.



Sl. 5 — Sema davača za kontrolu i automatizaciju kontinuiranog transporta.

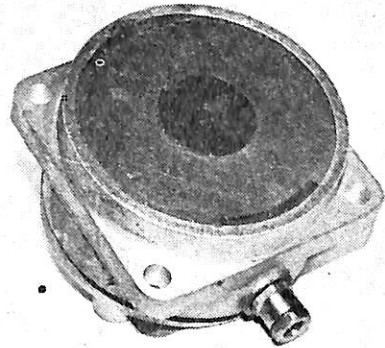
Fig. 5 — Feeder scheme for the control and automation of continuous transport.

postavljen na jednolančanom grabuljaru ili na dvolančanom grabuljaru. Kod jednolančanog grabuljara su magnetske promjene češće, pa je dovoljno koristiti svitak b — c, dok kod dvolančanog grabuljara, kod kojeg su promjene magnetskog polja sporije moramo koristiti veći broj zavoja, odnosno svitak a — c.



Sl. 6 — Tahogenerator.

Fig. 6 — Tachogenerator.



Sl. 7 — Statogenerator.

Fig. 7 — Statogenerator.

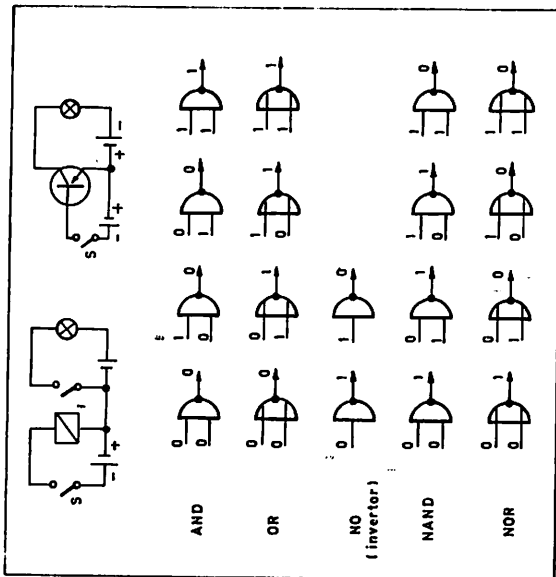
Kod statogeneratora dobiveni napon u svicima na isti način ispravljamo i preko filtra prenosimo u pretvarački uređaj kao istosmjerni napon ovisan o brzini kretanja lanca. Kod statogeneratora možemo koristiti jedan ili dva svitka, što ovisi o tome da li je

Na slici 6 vidimo jednu stvarnu izvedbu jednog takvog tahogeneratorsa namjenjenog za kontrolu brzine transportne trake, a na slici 7 vidimo statogenerator koji nam daje podatak o brzini kretanja lanca, odnosno grabilice, kod člankastih i lančanih transportera.

Pretvarački sklopovi

Osnovni zadatak uređaja za automatizaciju je da pored prerade primljenih podataka, upravlja izvršnim članovima, koji redovito imaju samo dva izbora: »pogon« ili »van pogona«. Ulaznih podataka može biti više, a pogotovo ako se radi o promjenljivim podacima u odnosu na pokretanje, signalizaciju, normalan pogon, kvar na transporteru, kvar na uređaju itd. Prema tome, sve te podatke treba pravilno sabrati i na jedan logički način »preraditi«, tako da rezultati budu ili »pogon« ili »van pogona« za dotični transporter. Danas se u savremenoj automatizaciji prerada ovih podataka vrši, možemo reći, isključivo logičkim jedinicama kojih ima nekoliko osnovnih tipova, a njihovim kombinacijama možemo ostvariti bilo kakve stepene prerade, odnosno rezultate.

Sistem logičkih sklopova. — Logičke jedinice su sastavljene od poluvodi-



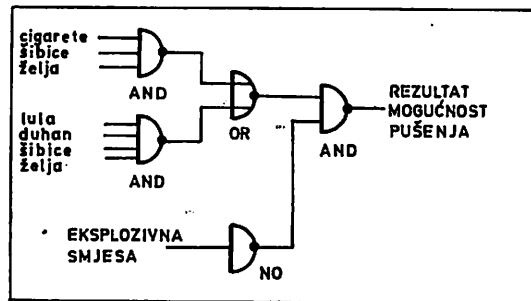
Sl. 8 — Logičke jedinice pretvaračkog sklopa.
Fig. 8 — Logical unit of transformer complex.

čkih elemenata koji danas vrlo uspješno zamjenjuju relejni sistem što je u principu prikazano na slici 8, na kojoj vidimo da se relejni sklop za upravljanje sa jednom sijalicom može na adekvatan način zamjeniti tzv. poluvodičkim sklopom pomoću tranzis-

tora koji u ovom slučaju predstavlja tzv. »tranzistorsku sklopku«. Na istoj slici su prikazane i osnovne logičke jedinice sa odgovarajućim oznakama, kao i broj kombinacija izlaznog podatka u odnosu na 2 ulazna podatka.

Pri tome treba istaći da je broj ulaznih podataka praktično neograničen. Kod logičkih jedinica uključujemo samo 2 stanja tj. tzv. logičku 0 ili logičku 1. Logička 0 označava da nema napona, dok logička 1 označava da napon postoji. Sam naziv logičkog elementa ukazuje i na njegovu funkciju, tako na primjer »I« elemenat znači da se logička »1« može prenijeti dalje samo ako su na svim ulazima također logičke »1«. Isto tako logički elemenat »ILI« znači da je dovoljno da postoji bilo koja logička »1« na ulazu da bi se logička »1« prenijela dalje. Preostale dvije vrste jedinica predstavljaju prije opisane elemente sa inverznom funkcijom preko elementa »NE«.

Kao primjer rješavanja jedne logičke »prerade« podataka imamo slikovito prikazan slučaj pušenja na slici 9. Naime, do pušenja može doći bilo sa cigaretom ili sa lulom.



Sl. 9 — Primjer logičke obrade.
Fig. 9 — Example of logical processing.

U jednom i drugom slučaju treba imati vatru, želju, a uz lulu također i duhan.

Prema tome dva elementa »i« mogu prenijeti logičku jedinicu samo ako su i za jedan i za drugi slučaj ispunjeni svi uvjeti. Takva dva podatka mogu sada proći kroz jednu »ILI« jedinicu, jer će do pušenja doći ili da se pali cigareta ili da se pali lula, i logička jedinica će se prenijeti u sljedeći logički elemenat »I«.

Logička jedinica će se prenjeti dalje samo u slučaju ako i drugi podatak »I« elementa dobije logičku jedinicu, a to je podatak da u dotičnom prostoru ne postoji eksplozivna smjesa.

Takav podatak ćemo dobiti preko jedne inverzne »NE« jedinice koja će prenjeti logičku »1« samo u slučaju ako ne postoji eksplozivna smjesa, drugim riječima logička »1« će se prenjeti dalje kao rezultat, a to znači mogućnost pušenja uz nepostojanje eksplozivne smjese.

Na sličan način su izrađene i upravljačke jedinice automatizacije kontinuiranog transporta koji upravljaju pojedinim transporterima.

Upravljačke jedinice sistema

Upravljački sklopovi, odnosno uređaji pojedinih transportera, u sebi sadrže pored sklopova za preradu primljenih podataka, također i izvršne elemente pomoću kojih upravljaju energetskim strujnim krugovima bilo za signalizaciju ili za motorni pogon transportera. S obzirom na tehnološki zahtjev upravljanja cijelog sistema razlikujemo 3 vrste upravljačkih jedinica i to:

I Upravljačka jedinica radilišta »R« sa koje se vrši upravljanje transportnim putem, a to znači:

- biranje transportnog puta, što je istovjetno sa željom za transportiranje
- stavljanje u pogon transportnog puta nakon dobivanja potvrđnog signala o mogućnosti odvoza, odnosno utovara materijala
- stavljanje van pogona transportnog puta u slučaju pomanjkanja rudne supstance.

II Upravljačka jedinica u nizu »K«, čiji broj ovisi o broju transportera ili točnije o broju pogona, kojoj su povjerene tranzitne operacije u sistemu.

III Upravljačka jedinica na mjestu utovara »U« odnosno na kraju transportnog puta čiji je zadatak da primi signal o potrebi pokretanja transporta, što može biti optički i akustički i »dozvoli« pokretanje transporta bez obzira sa kojeg radilišta će se vršiti

transport. Ova dozvola se može dati automatski npr. na osnovu nivoa materijala u nekom bunkeru ili daljnjeg procesa prerade, ili ručno u koliko se vrši utovar u jamska kolica.

Sve upravljačke jedinice, pored ovoga što je navedeno, udovoljavaju svim zahtjevima i uslovima navedenim u tač. 2.

Na slici 10 imamo prikazanu blok shemu svih triju prije navedenih upravljačkih jedinica koje u stvari predstavljaju jedan transportni put od radilišta do mjesta utovara. Upravljačke jedinice su međusobno povezane trožilnim kabelom od kojih:

- »a« žila služi za biranje transportnog puta i pripremu upravljačkih jedinica za pogon,
- »b« žila - za postepeno stavljanje u pogon transportnog puta od mjesta utovara prema radilištu,
- »c« žila - zajedničko uzemljenje sistema.

Svaka upravljačka jedinica upravlja vlastitom signalizacijom (akustičkom) uzduž transportera prije njegovog pokretanja i pogonom vlastitog transportera.

Pored navedenog, svaka upravljačka jedinica imade i vlastitu optičku signalizaciju preko signalne sijalice S. Ovom signalizacijom upravlja posebni blok za signalizaciju, tako da je signalizacija kodirana za različite svrhe.

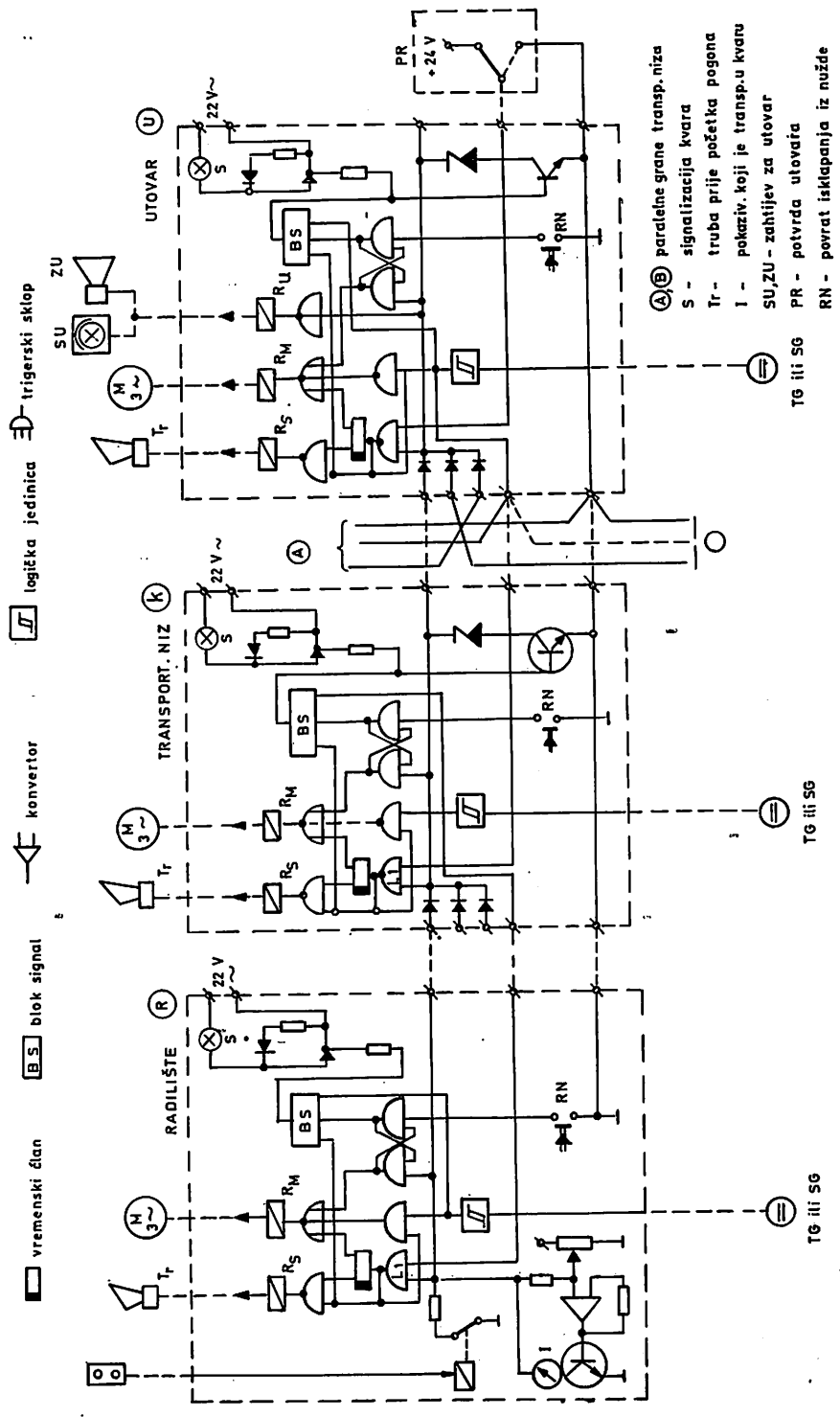
Tako, na primjer, preko ove sijalice se dobivaju različiti signali:

- da li je došlo do zaustavljanja pogona zbog vanjskog uzroka, npr. pomanjkanja električne energije,
- da li je došlo do klizanja ili skretanja transportne trake, odnosno pucanja lanca,
- da li je došlo do kvara u samom pretvaračkom sklopu.

Pri tome sijalica signalizira kvar:

kratkim gašenjem, kratkim bljeskovi-
ma, ili pravilnim treptanjem svijetla.

Svaka upravljačka jedinica ima na sebi posebnu tipku kojom se omogućava ponovno



Sl. 10 — Blok šema upravljačkih jedinica automatizacije kontinuiranog transporta.
 Fig. 10 — Block diagram for control units of continuous transport automation.

stavljanje transporterera u pogon nakon kvara. Pristup ovoj tipki je dozvoljen samo nadzornom osoblju.

Da bi lakše mogli pratiti blok shemu na slici 10, u slijedećim slikama su izvučeni posebni strujni krugovi, koji se odnose na pojedine funkcije sistema automatizacije.

Biranje transportnog puta i upravljanje transportom. — Na slici 11 je shematski prikazan način biranja transportnog puta do mjesta utovara i postepeno stavljanje u pogon cijelog transportnog niza. Ako neko od radilišta želi pokrenuti transport, onda će svojom tipkom T poslati logičku »1« preko »a« žile prema mjestu utovara, a to znači napajanje od + 24 V. Time će staviti u stanje pripravnosti sve logičke jedinice na koje reagira akustička signalizacija prije stavljanja u pogon transporterera. Upravljačka jedinica »U«, na kraju transporterera, čim dobije logičku jedinicu preko »a« žile, preko jednog pojačala će aktivirati optičku i akustičku signalizaciju koja će rukovaocu utovara staviti do znanja da je potrebno vršiti transport.

Ukoliko mjesto utovara može primiti rudnu supstancu, posebnom preklopkom će preko »b« žile vratiti logičku »1« u upravljačku jedinicu »U«, a time i pokrenuti signalizaciju kretanja transporterera, koja traje 10 sec. Nakon signalizacije od 10 sec, koju obavlja posebna vremenska jedinica, automatski će se staviti u pogon dotični transporter. Pokretanje transporterera aktivirati će davač odnosno tahogenerator ili statogenerator koji će dati potvrdu da je prvi transporter ispravno krenuo i ujedno logičku »1« preko »b« žile proslijediti u slijedeći transporter u smjeru prema radilištu, čija će upravljačka jedinica aktivirati signalizaciju od 10 sec i nakon toga staviti u pogon transporter. Taj se povratni put pojedinog davača i »b« žile obavlja sve do stavljanja posljednjeg transporterera na radilištu u pogon. Ako se radi o transporterima u nizu bez paralelnih odvojaka, onda se signalizacija prije puštanja u pogon može obaviti za cijeli niz sa jednog transporterera, a stavljanje pojedinih transporterera u pogon može se ubrzati bez pojedinog zatezanja od 10 sec. Kod toga treba napomenuti da su tahogenerator ili statogenerator davači analognog podatka, koji prima jedna trigerska jedinica, a prenosi dalje logičku »1« u »b« žilu samo ako je primljeni napon od tahoge-

neratora odnosno statogeneratora veći iznad neke određene granice. Na ovaj način je onemogućeno da neispravno pokrenuti transporter (npr. na dvije faze) prouzrokuje pokretanje slijedećeg transporterera.

Kod biranja transportnog puta napon »a« žile je usmjeren preko diode na takav način da sa svakog radilišta može ići samo prema mjestu utovara, a nikako od radilišta prema drugom radilištu, čime se osigurava stavljanje u pogon samo onih transporterera koji su potrebni za to radilište.

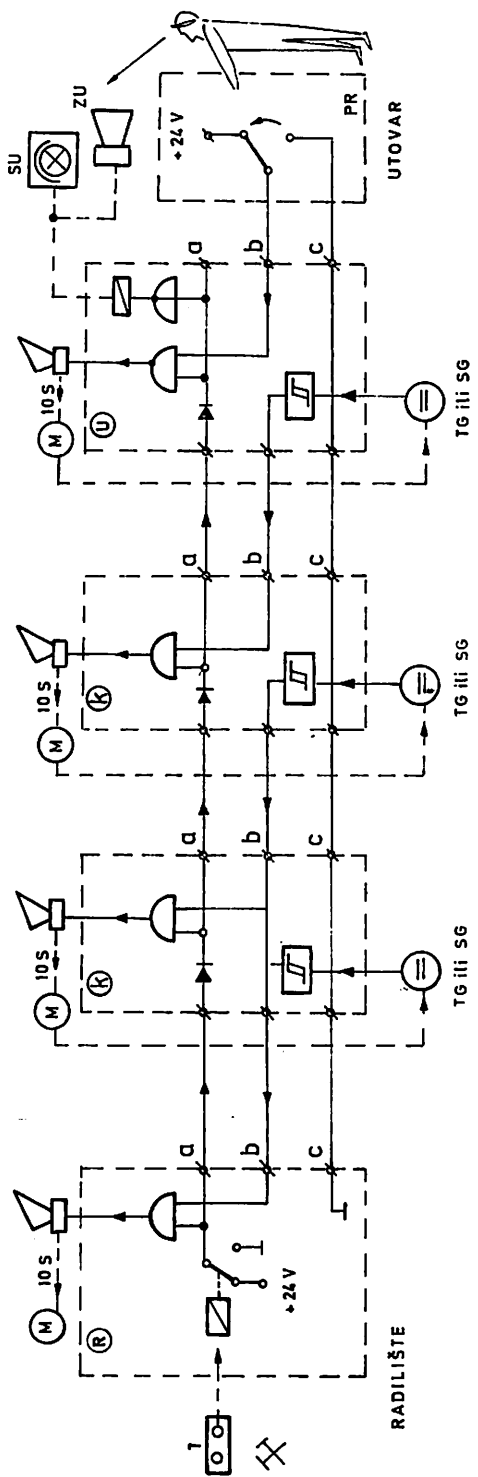
Ako je neko radilište pokrenulo transport do mjesta utovara, a nakon toga drugo radilište želi pokrenuti transport, po »a« žili će poslati napon do mjesta gdje već napon u »a« žili postoji, a istovremeno će preko »b« žile dobiti podatak da je transporter u pogonu, što znači da će u dotičnom ogranku početi stavljanje u pogon transporterera ogranka do tog radilišta kao što je ranije opisano.

Kod zaustavljanja transporta sa bilo kojeg radilišta preklopka T prebacuje »a« žilu sa logičke »1« na logičku »0«, tj. uzemljuje se, čime se momentalno ruši osnovni uvjet pogona svim upravljačkim jedinicama čija je »a« žila ostala bez napona.

To znači, ako je sa nekog drugog ogranka »a« žila napajana naponom, taj dio transportnog puta ostat će i dalje u pogonu, jer se diodom u pojedinoj upravljačkoj jedinici spriječava napajanje »a« žile u smjeru prema radilištu.

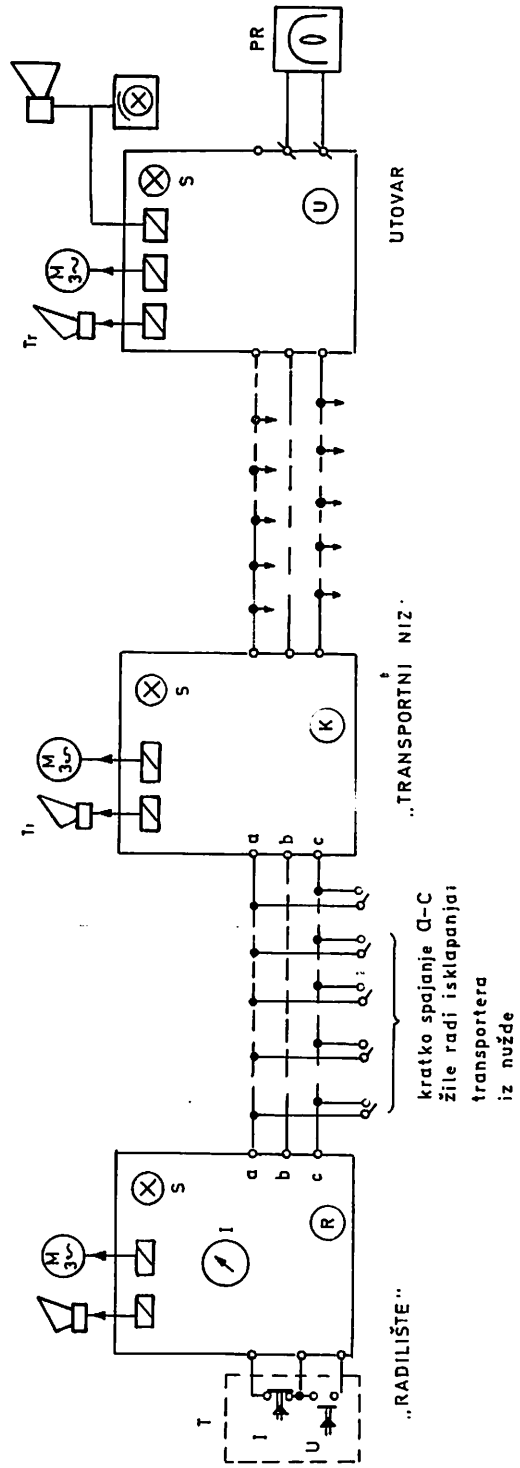
Na taj način je ostvareno potpuno neovisno upravljanje transportom i njegovim ograncima sa pojedinih radilišta.

Zaustavljanje transporta iz »nužde«. — Kako je postojanje logičke »1« na »a« žili, odnosno napajanje »a« žile, osnovni uvjet za pogon svih transporterera, to se uzemljenje »a« žile na bilo kojem mjestu može koristiti za trenutno zaustavljanje transporta. To spajanje »a« žile na zemlju može se izvesti preko krajnje sklopke i užeta nategnutog uzduž transporterera, ili sa više tipkala postavljenih uzduž transporterera, ili specijalnim kontaktnim kabelom čijim se savijanjem izaziva kontakt, ili specijalnim upravljačkim kabelom sa kojim su povezane upravljačke jedinice na kojemu se na određenim razmacima ugrađuju odgovarajuća tipkala, za uzemljenje »a« žile kao što je to upravo i prikazano na slici 12.



Sl. 11 — Šematski prikaz biranja transportnog puta do utovara i postepeno stavljanje u pogon transportnog niza nakon signalizacije 10 s.

Fig. 11 — Diagramic display of loading transport route selection and gradual activation of transport series after signal 10 s.



Sl. 12 — Šema povezivanja upravljačkog kabla i upravljačkih jedinica sa isklapanjem transporta iz nužde.
Fig. 12 — Control cable and control units connection diagram with emergency transport cut-offs.

Kod zaustavljanja iz nužde zaustaviti će se kompletni transportni put osim dijela transporta u smjeru prema utovaru, ako je zauzet od nekog drugog radilišta. Od mjesta aktiviranja »nužde« pa prema radilištima trenutno se zaustavljaju svi transporteri.

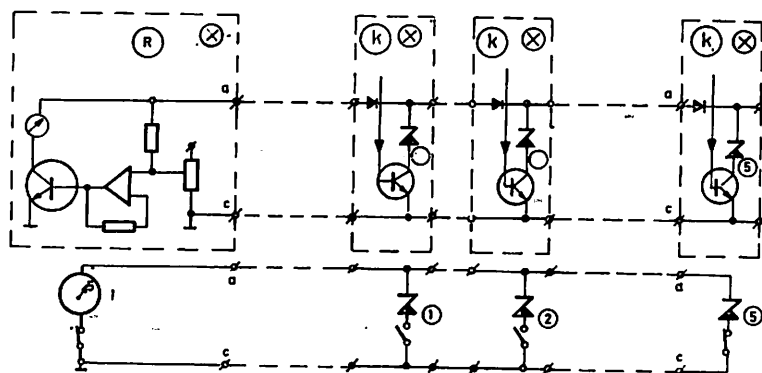
Indikacija transporta u kvaru. — Ako bilo gdje u transportnom putu dođe do kvara na nekom od transporterata bilo da je došlo do klizanja transportne trake, skretanja transportne trake u stranu, pucanja nekog lanca ili do kvara na upravljačkom uređaju ili do neispravnog pogona transporterata, dotični transporter će biti zaustavljen i na dotičnoj upravljačkoj jedinici će biti signalizirana vrsta kvara. Istovremeno će se zaustaviti i transport u smjeru svih radilišta, a i transport prema utovaru ukoliko nije zauzet od nekog drugog ispravnog ogranka. Da bi na radilištima bili informirani gdje je došlo do zastoja, svaka upravljačka jedinica »R« na radilištu pokazat će na posebnom instrumentu I koji je transporter po redu zaustavljen.

pomoću jednog tranzistora, uklopi mjerni instrument na »a« žilu.

Priključeni instrument I izmjeri napon one zener-diode koja je spojena između »a« i »c« žile. Spajanjem pojedinih zener-dioda može na instrumentu I označiti točno na koji se to transporter po redu odnosi gledajući u smjeru od radilišta prema utovaru. Na taj način je svako radilište informirano na kojem je transporteru došlo do kvara, tako da može zahtijevati hitnu intervenciju na tom mjestu.

Komunikacioni sistem uz transportni put

U cilju sporazumjevanja uzduž transportnog puta veoma je korisno postaviti sistem »bez baterijske« telefonije sa utičnicama za džepne telefone svakih, na primjer, 25 m. Na radilištu i na utovaru džepni telefoni ostaju trajno priključeni dok se uzduž transportnog puta priključuju prema potrebi. Kod takvog sistema je veoma korisno imati različite pozivne signale da se može razliko-



Izvod iz blok sheme za ovu indikaciju prikazan je na slici 13. Kao što se vidi na slici 10 svaka upravljačka jedinica osim jedinice »R« ima između »a« i »c« žile preko tranzistorske sklopke ugrađenu jednu zener-diodu različitog napona. Tranzistorska sklopka spoji zener-diodu na zemlju u onoj upravljačkoj jedinici čiji je transporter u kvaru. U upravljačkoj jedinici na radilištu posebni komparator, kad nestane napona u »a« žili,

vati da li se poziva sa radilišta, sa mjesta utovara ili uzduž transportnog puta. Ovi signali se mogu razlikovati po frekvenciji ili mogu biti promjenljive frekvencije sa različitim zvučnim uređajima.

Eksplorziona zaštita

Ako se radi o jamama ugroženim metanom ili eksplozivnom ugljenom prašinom,

upravljačke jedinice treba da budu smještene u neprodorno oklopno kućište kao i sklopni aparati i svi ostali električni uređaji. Upravljački strujni krugovi u upravljačkom kabe-lu izvedeni su u zaštiti samosigurnosti, tako da bilo kakva prekidanja ili kratko spajanje žila upravljačkog kabela ne može zapaliti eksplozivnu smjesu. To se isto odnosi na strujni krug isklapanja iz nužde kao i na mjerni strujni krug za indikaciju mjesta kvara.

Podatak koji daju davači odnosno tahogenerator i statogenerator također su izvedeni sa strujnim krugovima u samosigurnoj izvedbi tako da ni oni ne mogu izazvati paljenje eksplozivne smjese. Prema tome, i tipkala za nuždu ne moraju biti izvedena u eksplozionoj zaštiti, jer su priključena na samosigurni strujni krug.

Ekonomski efekti i zaključak

Svako uvođenje automatizacije pa tako i ovo mora imati svog odraza u ekonomičnosti poslovanja. Jedan od najizrazitijih ekonomskih efekata unosi smanjenje potrebne radne snage, a s time i smanjene pogonske troškove. Pored toga ovakova automatizacija unosi cijeli niz ekonomskih efekata koji se ne mogu egzaktno uzeti u račun rentabiliteta, kao što su:

- ušteda na električnoj energiji radi smanjenog praznog hoda transporta,
- smanjeni gubici zbog čestih zastoja radi nepouzdanosti rukovalaca,
- bolje iskorištenje transportnog puta i povećanje kapaciteta transporta, što znači i povećani opći učinak proizvodnje, što naročito dolazi do izražaja ako je taj transport bio usko grlo proizvodnje.

Neposredni ekonomski efekat u smanjenim pogonskim troškovima se može izraču-

nati općenito uz nekoliko pretpostavki, a to su:

a) Vezani godišnji troškovi po jednom čovjeku T_{ϵ} . Nabavna cijena automatizacije po 1 transporteru T_1 .

Približno možemo uzeti međusobni odnos ovih vrijednosti da je:

$$T_{\epsilon} = 3 T_1$$

b) Svaka dva transportera u sistemu kod automatizacije oslobađaju kao minimum jednog čovjeka.

c) Uređaji za automatizaciju se moraju amortizirati u 3 godine.

d) Troškovi investicionog i tekućeg održavanja uređaja za automatizaciju iznose 8% godišnje.

Na osnovu ovakovih pretpostavki ušteda u godišnjim pogonskim troškovima iznosi:

$$T_u \approx \frac{n}{3} \cdot T_{\epsilon}$$

gdje je:

- n — ukupan broj transportera u sistemu
- T_{ϵ} — ukupni godišnji troškovi vezani na jednog čovjeka odgovarajuće kvalifikacije (din/god).

Tako, na primjer, u jednom reviru sa ukupno 15 transportera i godišnjim troškovima vezanim na jednog čovjeka od 50.000 dinara, automatizacijom smanjujemo godišnje troškove.

$$T_u = \frac{15}{3} \cdot 50.000 = 250.000 \text{ din}$$

što je ujedno i red veličine potrebnih investicija za realizaciju takove automatizacije.

Iz toga proizilazi da za ovakvu investiciju nije potrebno tražiti nikakove kredite, već da se ista može realizirati vlastitim sredstvima koja se unutar jedne godine zatvori i nigdje posebno ne iskazuje.

SUMMARY

Automation of Continuous Transport in Underground Mines in High Level Logic Technique

N. Marinović, min. eng. — P. Vranić, min. eng.*)

The article deals with problems of automation of continuous transport in underground mines. A short critical review of the existing solutions is given in the introduction and the necessity of development of a new system is discussed. The new system would be based on the maximum application of integrated current circuits both linear and digital. Conditions imposed to the device for automatic control by the technological process are defined in the text.

On the basis of the requirements, a solution of the system of automatic control has been found out, according to which each conveyor has its control unit in which all the necessary data for the control are elaborated. The stations are interconnected with only three cores through which all the necessary exchange of information between stations is effected. The most significant feature of the proposed solution in relation to the existing ones is certainly the control of transport from the working place. Only the permission for switching on is given from the place of transferring of load, and the possibility of choosing of the transport route, as well as indication of transporter in defect in the working station. Besides the above mentioned, all the other usual requirements for the device of automatic control have been met (such as speed control and control of position of transporter, pulling down of system in emergency case, acoustic signalling of movements in the plant or similar).

*) Dipl. ing. Nenad Marinović i dipl. ing. Predrag Vranić, Elektrotehnički institut preduzeća »Rade Končar« — Zagreb.

Istraživačko — eksperimentalni rad na iznalaženju novih metoda za savlađivanje jamskih požara upotrebom hemijskih i inertnih materija*)

III deo — B — Rezultati primene inhibitora i lateksa u postupku površinskog nanošenja

Dipl. ing. Aleksandar Ćurčić — dipl. ing. Miodrag Petrović — dipl. hem. Branka Vukanović

Prikazane su opšte osobine lateksa i izneseni su rezultati ispitivanja efikasnosti površinskog nanošenja inhibitora na bokove injektiranog ugljenog stuba, na izolacione pregrade, požarni zid i izolacionu protivpožarnu pregradu u Ibarskim rudnicima, kao i pregradni zid u rudniku Velenje.

Paralelno sa industrijskom primenom inhibitora u postupku injektiranja pristupilo se proveriti rezultata istraživačkog rada o mogućnosti primene inhibitora i lateksa za površinsku impregnaciju i hermetizaciju izolacionih objekata. Prva poluindustrijska ispitivanja izvršena su u Ibarskim rudnicima kamenog uglja. Ostvareni rezultati su bili veoma povoljni tako da smo odmah proširili praktična ispitivanja i u rudnicima: Rudniku lignita Velenje, IEK Kostolac — jama Ćirikovac i Staroj jami, Kakanj.

Za hermetizaciju starih napuštenih radova, mesta ugroženih požarom, razdvajanja suprotnih vazdušnih struja, grade se izolacioni objekti — zidovi i pregrade od drvenih kladića i gline, betona, cigle i drveta.

*) Istraživački rad iz ove oblasti prikazuje se u četiri poglavlja s tim što predstavlja jednu celinu. Laboratorijska istraživanja i eksperimentalni radovi u praksi vršeni su 5 god. i postignuti su zadovoljavajući rezultati koje smo saželi u četiri sledeća poglavlja:

I deo — Laboratorijska istraživanja

II deo — Izbor opreme i razrada konstrukcije za sprovođenje praktičnih opita

III deo — Rezultati primene istraživačkog rada u praksi — praktični primeri

A — Rezultati primene inhibitora u postupku injektiranja

B — Rezultati primene inhibitora i lateksa u postupku površinskog nanošenja

IV deo — Metodologija praćenja razvoja i stanja oksidacionih procesa.

S obzirom na značaj funkcije zidova i pregrada, njihovoj mikrolokaciji i izboru pogodnog materijala za izgradnju treba pristupiti sa naročitom pažnjom, da bi obezbedili što je moguće bolju hermetizaciju.

Sve vrste pregrada, zidane i betonske kao i one od kladića i gline, ma kako bile pažljivo izgrađene, znatno propuštaju vazduh, i to ne sažno zbog nesavršenog tehnološkog načina građenja, već i zbog toga što je upotrebljeni materijal uglavnom propustljiv za vazduh. Čak i onda, kada se povećanim dimenzijama (debljinom) izolacionih objekata želi povećati hermetičnost, najveća propustljivost se javlja kod obodnih delova tj. prelaznih zona sa zida na bokove i krov prostorije, naročito ako stenska masa nije čvrsta celina.

Usled pojačanog jamskog pritiska stvaraju se u zidu ili pregradi i njenoj okolini pukotine, koje su razlog još većeg prodiranja vazduha u zatvorene jamske prostorije.

Ove okolnosti su dovele do toga da se traži najpogodniji materijal, kojim bi se obezbedila pouzdana hermetizacija izolacionih objekata i odstranili navedeni nedostaci.

Prema svrsi upotrebe raznih vrsta zidova i pregrada razlikujemo i sledeće načine hermetizacije i izolacije:

— hermetizacija privremenih izolacionih objekata,

— hermetizacija stalnih izolacionih objekata i njihove okoline,

— hermetizacija rudarskih radova ugroženih od produkata požara.

U našem izlaganju naročitu pažnju ćemo posvetiti načinu hermetizacije stalnih izolacionih objekata.

Hermetizacija stalnih izolacionih objekata, zbog potrebe za dužim postojanjem i uloge koju vrše u ventilacionom sistemu jame, treba da budu izgrađeni tako da ne propuštaju vazduh. Za obezbeđenje nepropustljivosti objekata pristupilo se izolaciji pomoću premazivanja gustim rastvorom smeše (pastom) kalcijumhlorida i gline, a kod drugih nanošenjem lateksa. Ovakvim načinom izolacije, izvršen je pokušaj da se spreči pristup kiseonika iz vazduha u izolovani prostor, a s tim i mogućnost razvijanja požara.

Opšte osobine sredstava površinske izolacije

U dosadašnjim izlaganjima (»Sigurnost u rudnicima« br. 4/70, br. 1/71 i br. 2/71) opširno su prikazana svojstva, sastav, način upotrebe i način pripremanja inhibitivne materije i pasti. U ovom delu ćemo prikazati samo opšte osobine lateksa, koji smo upotrebili kod izvođenja praktičnih eksperimenata.

«Lateks Al-1.000 firme Dunlop Chemical Product Division predstavlja tečnost visoke lepljivosti (viskoziteta), sivo maslinaste boje, specifične težine 1,36 g/cm³. Izrađen je od polihloroprena sa dodacima drugih hemijskih sredstava u cilju postizanja željenih osobina, a koje su neophodne za njegovu primenu u jamskim prostorijama.

Fizičko-mehaničke osobine »lateksa« su sledeće:

— dobro prijanja na sve površine (drvo, ugalj, žičane pregrade, sargije, pregrade od džakova sa peskom, kamene pregrade, betonske pregrade i pregrade od cigala i metala);

— nezapaljiv je (sagorljivi predmeti premazani slojem »lateksa« ne mogu da gore ni na otvorenom plamenu za duži vremenski period);

— nepropustljiv je za gasove (film od 2—3 mm lateksa na požarnim pregradama ne propušta gasove odnosno propustljivost je svedena na minimum);

— velika elastičnost filma;

— postojanost i mogućnost sušenja, odnosno stvrdnjavanja na vlažnim mestima i na mestima povišene temperature;

— vreme vezivanja filma na mestima gde se vrši premazivanje je relativno kratko, tako da se onemogućuje brzo i efikasno širenje požara, odnosno prodora gasova;

— nije toksičan, niti korozivan što ne predstavlja posebne teškoće kod primene;

— primena jednostavna i brza;

— isporučuje se u plastičnim džakovima koji su smešteni u metalnu burad težine oko 45 kg.

Prijanjanje premaza stvorenog prskanjem lateksa na podloge od drveta, betona, cigle, uglja, kamena i čelika je potpuno zadovoljavajuće. Pri radu se pokazalo da se povećana izolacija zidova i pregrada pomoću lateksa može postići i pri povećanom jamskom pritisku.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva površinskog nanošenja lateksa utvrđeno je da se može upotrebiti na podlozi malo vlažnoj, ali nikako mokroj. Lateks, takođe, slabo prijanja, za podlogu od gline, naročito ako je glina sasušena. Ukoliko se radi o hermetizaciji već izrađenih pregrada i zidova koji su premazivani glinom, tada je neophodno potrebno da se stara sasušena glina prethodno najpažljivije odstrani, pa tek onda, da se nanosi lateks. I zidovi od cigle i betona moraju se, pre nanošenja lateksa, očistiti od gline i nataložene prašine.

Radi poređenja i očigledne predstave o propustljivosti lateksa prilažemo tablicu iz sračunatih ekvivalentnih debljina zidova od mekih materijala, koji bi imali približno istu propustljivost za vazduh kao sloj od 1 mm debljine hloroprenovog lateksa. Za upoređenje rezultata datih u tablici 11, koristili smo rezultate ispitivanja o propustljivosti raznih građevinskih materijala koji su objavljeni u knjizi »Jamski požari« (1954) od A. Skočinskog i V. M. Ogijevskog.

Tablica 11

Materijal zida	Ekvivalentna debljina zida
Pesak nepran, neprosejan slobodno nasut	> 10 km
Glina drobljena	> 5 km suva, oko 500 m vlažna
Pepeo od uglja suv, prosejan kroz sito od 1 mm	120 m
Cigla obična, slabo pečena	130 m suva, 90 m vlažna
Beton običan, liven	25 m
Drvo smrekovo	5 m
Drvo hrastovo	1 m

Iz rezultata datih u tablici 11 vidi se da je lateks u odnosu na druge građevinske materijale praktično nepropustiv za vazduh.

Izbor lokaliteta za industrijske opite i rezultati ispitivanja

Kod izbora lokaliteta objekata za nanošenje inhibitora i lateksa u jamama, koji je vršen u zajednici sa predstavnicima rudnika, težilo se da objekti budu u različitim uslovima mikroklimе, ventilacije, jamskog pritiska, temperatura itd.

Primer 1 — Površinsko nanošenje inhibitora na bokove ugljenog stuba koji je injektiran u hodniku br. 2 na K + 442 — Stara jama Ibarski rudnici.

Karakteristične radne sredine. — Hodnik je rađen u cilju stvaranja nove transportno ventilacione veze za proizvodna radilišta koja se nalaze iznad kote +442 m. U članku koji čini III deo — A («Sigurnost u rudnicima» br. 2/71.) data je detaljna skica ovog radnog mesta kao i karakteristike radne sredine.

Da bi izolacija stvorena nanošenjem inhibujućeg sredstva bila što efikasnija i dugotrajnija neophodno je bilo izvršiti i odgovarajuće pripreme objekta. Labave komade uglja u levom boku i krovu hodnika uklonili smo lakim okrampavanjem i to svuda gde je to bilo moguće. Na mestima gde su bokovi bili slabi i trošni morali smo ostaviti već ugrađene okorke, kako ne bi došlo do stvaranja još većih šupljina. Nataloženu ugljenu prašinu saprali smo vodom dva dana pre nanošenja inhibitorne paste.

Glina kojom su ranije bile zapunjene šupljine između okoraka i koja je bila potpuno

sasušena, uklonjena je iz svih šupljina, kako bi na njeno mesto došla pasta.

Najveći problem su predstavljala prelazna mesta u boku i krovu prostorije između delova koji su založeni okorcima i delova koji su mogli ostati bez okoraka. Kod prvih je inhibitor morao biti nanosen na okorke, a kod drugih direktno na bokove uglja.

— Nanošenje paste je izvršeno na tri načina i to:

- ručno
- pomoću uređaja za nanošenje lateksa
- pomoću injektora sa ejektorskim raspršivačem.

Ručno nanošenje je izvršeno pomoću četke premazivanjem u dva sloja čime se postigao premaz debljine 5—8 mm. Naročita pažnja je bila posvećena sastavima između okoraka na prelazima između bokova i krova hodnika. Pojedini delovi prostorije (krov hodnika i bokovi iza okoraka), koji su bili teško pristupačni, prskani su četkom. Kod ovakvog načina rada velika gustina paste predstavljala je znatne poteškoće.

Kod mehaničkog nanošenja paste (uređaj za nanošenje lateksa i injektor) zbog malih otvora ejektorskih raspršivača pasta je morala biti prethodno proceđena na sito sa 20 otvora na 1 cm². Radni pritisak kod oba uređaja je iznosio 4—5 at, što je bilo sasvim dovoljno za efikasno nanošenje paste na podlogu sa udaljenosti 1,5—2 m.

Rezultati istraživanja. — Prvi eksperimentalni radovi površinskog nanošenja izvršeni su u mesecu septembru 1966. godine.

Pripremljena je pasta od 25% vodenog rastvora CaCl_2 i punioca novopazarske gline u odnosu Č:T = 60 : 40 težinskih delova. Pasta je naneta na bokove hodnika br. 2 koji je prethodnih dana bio injektiran.

Na osnovu iskustava, izvršenih merenja i makroskopskih opažanja došli smo do sledećih zaključaka:

— vreme trajanja plastičnosti paste u mnogom zavisi od prethodne vlažnosti podloge na koju se pasta nanosi,

— bez obzira na podlogu i primenjenu koncentraciju CaCl_2 osetljivost paste u odnosu na vlažnost vazduha je jako velika. Ukoliko je vazduh vlažniji, utoliko je pasta postojanija,

— na vreme sušenja paste bitno utiče brzina i količina protočne vazdušne struje. Ukoliko je mesto nanošenja paste udaljenije od glavnih pravaca kretanja vazdušne struje, tj. ukoliko je slepi krak duži utoliko je i postojanost paste veća,

— čvrst i kompaktno ugljen pokazao se kao najpogodnija podloga,

— bez obzira na postignutu trajnu plastičnost paste, zbog pojačanog jamskog pritiska pasta se nije mogla zadržati na ugljenim zidovima već je otpala zajedno sa ugljem.

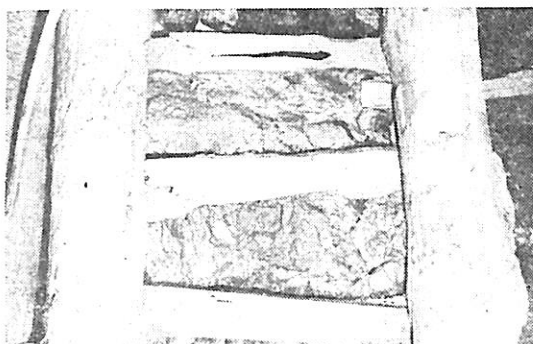
Izgled levog boka hodnika br. 2 na koji su naneti 25% vodeni rastvor CaCl_2 i novopazarske gline prikazan je na sl. 32.

Primer 2. — Površinska nanošenja inhibitora na izolacione pregrade zatvorenog istočnog revira jame Ušće (K + 356 m) — Ibarski rudnici

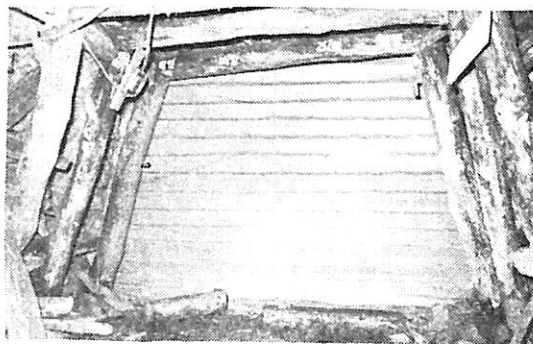
Karakteristike radne sredine. — Dvema izolacionim pregradama zatvoren je napušteni Istočni revir jame »Ušće«.

Obe pregrade se nalaze udaljene svega 6—8 m od protočne vazdušne struje kojom se provetravaju glavne saobraćajnice ovog revira i magacin eksploziva.

Zbog malih količina i brzina vazdušne struje u blizini ovih objekata vladaju gotovo konstantni mikroklimatski uslovi.



Sl. 32 — Izgled boka hodnika br. 2 Δ a nanetom pastom.
Fig. 32 — View of drive side No. 2 Δ with paste coating.



Sl. 33 — Izgled pregrade posle nanošenja inhibitora.
Fig. 33 — View of bratiice after coting with the inhibitor.

Pristupni hodnici su izrađeni u andezitima, pešćarima i laporcu i podgrađeni su hrastovom podgradom.

Pregrade su izrađene od hrastovih dasaka debljine 3—4 cm.

Na sl. 33 i 34 prikazano je mesto nanošenja inhibitora u jami »Ušće« revira Istok.

Priprema podloge i način nanošenja paste. — Priprema podloge sastojala se u skidanju sasušene gline sa bokova i krova pristupne prostorije. Naročitu poteškoću činilo je struganje gline sa daščane pregrade i spojeva između dasaka.

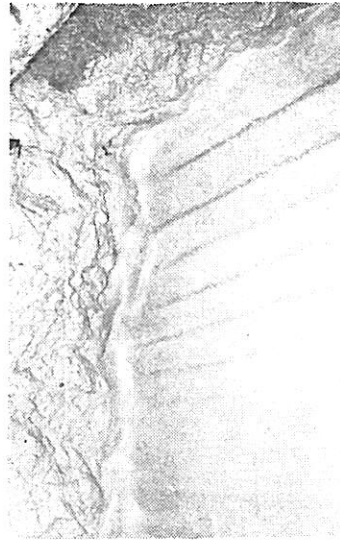
Posle detaljnog čišćenja pregrade pristupili smo ručnom nanošenju inhibitorске paste. Veće šupljine na prelaznim delovima između pregrade, bokova i krova prostorije za-

punili smo gustom pastom pripremljenom od 20% vodenog rastvora CaCl_2 gline iz Novog Pazara u težinskom odnosu 30:70. Posle ova-ko pripremljene podloge oba izolaciona ob-jekta smo podelili u četiri zone na koje su nanete četiri vrste paste pripremljene na ba-zi istog punioca, ali sa različitim koncentracijama CaCl_2 (15%, 20%, 25% i 30%), bez obzira na mikroklimatske uslove koji su vla-dali u neposrednoj blizini izolacionih obje-kata ($t_s = 17,2^\circ\text{C}$, $t_v + 16,8^\circ\text{C}$, $R_v = 96\%$).

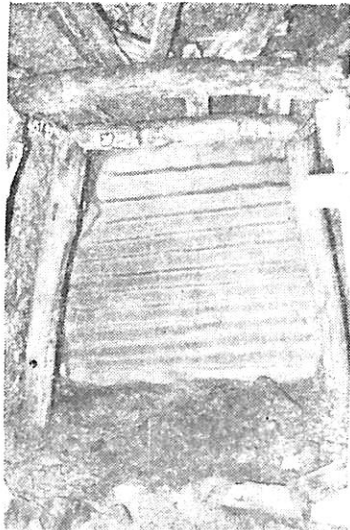
Nanošenjem četiri vrste paste, jedne do druge, na istom objektu, želeli smo uočiti u-porednu razliku u pogledu ponašanja paste kod približno konstantnih mikroklimatskih uslova.

S obzirom da se radilo sa četiri vrste pa-ste na jednom objektu, posle svakog nano-šenja četka je bila brižljivo očišćena i oprana čistom vodom.

Rezultati istraživanja. — Kon-trolnim merenjima temperature i relativne vlažnosti na ovim objektima ustanovljene su minimalne razlike, za svega nekoliko delova stepena, u periodu od jula 1966. do marta 1967. godine.



Sl. 35 — Izgled levog boka pregrade.
Fig. 35 — View of brattice left flank.



Sl. 34 — Izgled pristupnog hodnika i pregrade posle nanošenja inhibitora.
Fig. 34 — View of crosscut and brattice after coating with the inhibitor.



Sl. 36 — Izgled desnog boka pregrade.
Fig. 36 — View of brattice right flank.

Na slikama 35 i 36 prikazani su detalji izgleda levog i desnog boka pregrade (sl. 34) na koju je dva meseca ranije naneta pasta. Očigledno je, da u posmatranom periodu nije došlo ni do kakvih promena na nanetoj pasti, iako je levi bok pregrade premazan pastom spremljenom od 15% rastvora CaCl_2 .

Primer 3. — Površinsko nanošenje lateksa na izolaciono protivpožarni zid u VI sloju na K + 538 revira Karpati — Ibarski rudnici.

Karakteristike sredine. — Jamski požar u severnom krilu revira »Karpati«, koji je bio u fazi likvidacije, izolovan je zidom od kladića i gline u ventilacionom hodniku na koti + 538 m. Usled slabe hermetičnosti zida dolazilo je do prosisavanja požarnih gasova u aktivne delove jame. Zato je odlučeno da se krajem avgusta meseca 1966. godine, na ovaj objekat nanese lateks i tako isproba njegova efikasnost.

Pre nanošenja lateksa sasušena i ispućana glina, koja se nalazila ugrađena u zid, bila je potpuno odstranjena. Takođe su sa naročitom pažnjom bili očišćeni prelazni delovi između zida i bokova i krova prostorije. Veća udubljenja i pukotine stvorene struganjem sasušene gline zapunjene su cementnim malterom.

Rezultati istraživanja. — Na slici 37 prikazan je izgled desnog boka i desne polovine izolacionog zida na koji je nanet lateks.

U toku praćenja ponašanja nanetog lateksa zapažena je pojava pukotina na nekoliko mesta. Ove pukotine su svakako posledica povećanog jamskog pritiska i sleganja izolacionog zida.

Mesec dana posle prvog nanošenja izvršeno je drugo ponovno nanošenje lateksa na zid i bokove prostorije čime su nastale pukotine potpuno zatvorene. Posle drugog nanošenja lateksa pukotine se nisu više stvarale. Propuštanje požarnih gasova kroz izolacioni zid bilo je zaustavljeno.



Sl. 37 — Izolacioni zid na kome je nanese lateks.

Fig. 37 — Insulation wall coated with latex.

Za utvrđivanje efikasnosti izvršene izolacije vođena su opažanja temperature i gasnog stanja svakog meseca iza i ispred izolacionog objekta (vidi tablicu 12) i dobijeni sledeći rezultati.

Početno gasno stanje iza pregrade dana 20. VIII 1966. godine bilo je:

CO_2 mol %	8,5
CO mol %	0,12
CH_4 mol %	0,00
O_2 mol %	18,00
N_2 mol %	73,50

U toku ispitivanog perioda od šest meseci usled intenzivnog jamskog pritiska, koji je izazvao osetne deformacije samog izolacionog objekta, došlo je i do deformacija nanetog lateksa, koje su se ogledale u mestimičnom odvajanju lateksa od podloge i stvaranju nabora.

Primer 4. — Površinsko nanošenje lateksa na izolacionu protivpožarnu pregradu ispod V. O. »Jemuović« — Ibarski rudnici

Temperatura i gasno stanje iza i ispred pregrade

	1. 09. 1966. god.		11. 10. 1966. god.		3. 11. 1966. god.	
	iza izolacionog objekta	ispred izolacionog objekta	iza izolacionog objekta	ispred izolacionog objekta	iza izolacionog objekta	ispred izolacionog objekta
t°C	30	25	30	27	27	24
CO ₂ mol %	10,60	0,60	11,40	0,65	9,00	0,70
CO mol %	0,15	0,015	trag	0,00	0,00	0,00
CH ₄ mol %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O ₂ mol %	10,80	19,80	2,10	19,65	2,60	19,95
N ₂ mol %	78,45	79,585	86,50	79,70	88,40	79,35

Karakteristike radne sredine. — U fazi likvidacije otkopnog polja u reviru »Stara jama« na koti + 442 m došlo je do pojave požara u starom radu na lokalitetu između 7 i 17-og uskopa. Ovi uskopi su ranije služili za izlaznu vazдушnu struju iz ovog revira i predstavljali su spoj otkopnog polja sa V. O. »Jemuović«. Pojavom požara, u ovom delu jame, pristupilo se izradi izolacionih objekata — zida od kladića i naboja gline u ulaznoj vazdušnoj struji i drvene pregrade, na 6 m udaljene od V. O. »Jemuović« u izlaznoj vazdušnoj struji.

Zbog slabe hremetizacije izolacione pregrade, odlučili smo da i na ovaj objekat nanesimo lateks. Nanošenje je izvršeno u julu mesecu 1966. godine.

Pre nanošenja lateksa hermetizacija pregrade bila je izvedena pomoću gline koju smo morali prethodno skinuti.

Pregrada je postavljena u čvrstom i kompaktnom laporcu tako da nije došlo do većih deformacija same pregrade te nije bilo potrebe za detaljnom i pojačanom podgradom u pristupnom hodniku niti na samoj pregradi.

Nanošenje lateksa je izvršeno ručno pomoću četke premazivanjem u tri sloja čime se formirao film od 4—5 mm.

Rezultati istraživanja. — Na slici 38. prikazan je izgled levog boka izolacione pregrade dva meseca posle nanošenja lateksa.

Čvrsti i kompaktni bokovi i krov pristupne prostorije nisu dozvolili veće deformacije same pregrade. Do vitoperenja dasaka, od kojih je izgrađena pregrada došlo je usled



Sl. 38 — Izgled pregrade sa nanesenim lateksom posle 2 meseca.

Fig. 38 — View of brattice two months after coating with latex.

većih količina vodene pare koja se kondenzovala iza pregrade u prostoru koji je bio izolovan.

Rezultati temperature i gasnog stanja iza i ispred pregrade u toku tri meseca dati su u tablici 13.

Temperaturno gasno stanje iza pregrade pre nanošenja lateksa bilo je sledeće:

t	45°C
CO ₂ mol %	25,50
CO mol %	0,30
CH ₄ mol %	0,00
O ₂ mol %	18,00
N ₂ mol %	76,20

Tablica 13

Temperatura i gasno stanje iza i ispred pregrade

	1. 03. 1966. god.		3. 07. 1966. god.		1. 09. 1966. god.		11. 10. 1966. god.	
	iza izolacione pregrade	ispred izolacione pregrade	iza izolacione pregrade	ispred izolacione pregrade	iza izolacione pregrade	ispred izolacione pregrade	iza izolacione pregrade	ispred izolacione pregrade
t°C	29	22	27	25	26	25	27	24
CO ₂ mol %	18,41	0,51	17,10	1,90	18,10	0,40	18,40	—
CO mol %	0,015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—
CH ₄ mol %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—
O ₂ mol %	1,28	20,30	1,65	19,50	2,90	—	2,30	—
N ₂ mol %	80,295	79,19	81,25	78,60	79,00	—	79,30	—

Primer 5. — Površinsko nanošenje lateksa na izolacionu pregradu br. 10 na koti + 490 — revir »Karpati« — Ibarski rudnici

Karakteristike sredine. — Izradom ove izolacione pregrade trebalo je sprečiti pristup kiseonika do otvorenog jamskog požara koji se nalazio u napuštenom području u VI-om sloju iznad pregrade na koti + 498 m.

Izolaciona pregrada nalazila se je svega 4 m udaljena od protočne vazdušne struje. Zbog malog zaštitnog stuba prema starom radu, koji je iznosio svega 15—20 m, u zoni pregrade osećao se intenzivan jamski pritisak u bokovima i krovu pristupne prostorijske.

Nanošenje lateksa je izvršeno ručno pomoću četke, a obrada podloga, s obzirom da se radilo o novoj pregradi, sastojala se u laganom okrampavanju bokova i popunjavanju šupljina sargijom. Takođe je i ceo ventilacioni uskop permanizovan hrastovom podgradom kako bi se smanjilo dejstvo pritiska na samu izolacionu pregradu.

Rezultati istraživanja. — Izrazite deformacije uočene su na ovoj izolacionoj pregradi, jer je usled dejstva vertikalnog i bočnog pritiska došlo do sabijanja i vitoperenja same pregrade, što je izazvalo i pomeranje spojeva dasaka na preklopima. Kao posledica dejstva ovih sila javile su se vertikalne pukotine, na prelaznim mestima, između pregrade i boka prostorijske, dok su se kod manjih deformacija spojeva stvorili vertikalni i horizontalni nabori koji su izazvali »plisiranje lateksovog filma«. Lateks u ovim

naborima, iako deformisan, nije ispucao, tako da je izolaciona pregrada na tim mestima i dalje zadržala svoju hermetičnost.

»Plisiranje« lateksovog filma prikazano je na slikama 39 i 40, koje predstavljaju levi i desni bok izolacione pregrade br. 10, na koti + 490 m.

Primer 6. — Površinsko nanošenje lateksa na koti + 12,5 jame »Zahod« — Velenje

Ovaj zid izrađen je neposredno pre nanošenja lateksa, a nalazi se na vrhu napuštenog uskopa, koji je ranije vezivao hodnik na koti + 12,5 m sa glavnim otpremnim niskopom jame. Zid je veoma solidno izgrađen od betona, kladića i betonskih kocki, debljine 1,5 m, ali zbog oštrog ugla pod kojim seče otpremni hodnik na koti + 12,5 m nalazi se u zoni dejstva intenzivnog jamskog pritiska.

Postojanje intenzivnog pritiska uslovalo je smanjenje dimenzija pristupnog hodnika a samim tim slobodne — otvorene površine izgrađenog zida. U odnosu na dimenzije zida odmah posle izgradnje (4,0 × 3,5 m) slobodna površina zida je u toku ispitivanog perioda od 6 meseci smanjena usled pritiska po visini za 0,7 m, a po širini za više od 0,5 m.

Rezultati istraživanja. — Nanošeni lateks je jako dobro prijanjao za betonsku podlogu i kladiće.

Mesto uže lokacije i detaljan izgled izolacionog zida prikazan je na slici 41 (detaljni zida br. 1).

Za utvrđivanje efikasnosti izvršene izolacije vođena su opažanja temperature i gas-



Sl. 39 — Levi bok izolacione pregrade sa lateksom.
Fig. 39 — Left flank of insulation brattice with latex.



Sl. 40 — Desni bok izolacione pregrade sa lateksom.
Fig. 40 — Right flank of insulation brattice with latex.

Tablica 14

Red. broj	Datum uzimanja uzoraka	t °C	CO ₂ mol %	CO mol %	CH ₄ mol %	O ₂ mol %	Primedbe (podatke dao)
1	12. XII 1966.	34	4,50	0,001	0,15	7,70	RI Beograd
2	13. I 1967.	25	0,45	0,00 ispod	0,00	20,45	Rudnik Velenje
3	14. II 1967.	27	3,50	0,002	0,00	16,60	Rudnik Velenje
4	22. II 1967.	20	9,80	0,00 ispod	0,05	9,00	Rudnik Velenje
5	15. III 1967.	25	9,5	0,001	4,10	10,3	Rudnik Velenje

nog stanja (tablica 14) u trajanju od 6 meseci i dobijeni su rezultati prikazani na tablici 14.

U toku ispitivanog perioda od šest meseci usled intenzivnog jamskog pritiska, koji je izazvao osetne deformacije samog izolacionog objekta, došlo je i do deformacija nanetog lateksa, koje su se ogledale u mestimičnom odvajanju lateksa od podloge, i stvaranju nabora i formiranju pretežno dijagonalnih pukotina maksimalne dužine do 10 cm. Poslednjom kontrolom zida, dana 12. septembra 1967. godine, uočeno je na celom izolacionom objektu pet pukotina.

Primer 7. — Površinsko nanošenje lateksa na raskršću na K + 12,5 u jami »Zahod« Velenje

Karakteristike sredine. — Raskršće se nalazi između hodnika na koti + 12,5 m i dopremnog uskopa do otkopnog polja u jami »Zahod«. Na slici 41 prikazano je izabrano raskršće. Za ovo raskršće smo se odlučili zbog zagrevanja uglja i intenzivnog razvijanja oksidacionih procesa u ovoj zoni. Postojanje procesa i intenzivne oksidacije lako je uočeno na osnovu izvršenih temperaturnih merenja i rezultata uzetih gasnih analiza iz ugljenog stuba. Da bi se što preciznije ustanovilo središte intenzivnog oksidacionog procesa u desnom boku prostorije, izbušene su 4 bušotine dubine 3 m koje su zatim zacevljene cevima prečnika od jednog cola. Merenja temperatura su izvršena na dubini od 3 m.

Na osnovu početnih merenja temperature i gasnog stanja (tablica 15) zaključili smo da se središte oksidacionog procesa nalazi u neposrednoj blizini bušotine br. 2.

Tablica 15

Datum uzimanja uzoraka		t °C	CO ₂ mol %	CO mol %	CH ₄ mol %	O ₂ mol %
12. XII 1966.	B ₁	65	13,6	0,4	0,30	9,20
	B ₂	85	8,5	0,5	0,80	11,60
	B ₃	68	9,8	0,2	0,20	4,60
	B ₄	56	14,10	0,3	0,30	8,80

Usled intenzivno razvijenog oksidacionog procesa, koji se nalazi u ugljenom stubu u neposrednoj blizini raskršća, odlučeno je, da se sanacija izvrši nanošenjem filma lateksa debljine 3—4 mm u kombinaciji sa injektiranjem. Injektiranje je izvršeno posle nanošenja lateksa na dubini 1,8—3 m. Izmerene temperature na svaki dužni metar prikazane su u tablici 16.

Na slici 41 (detalj raskršća br. 2) prikazan je izgled raskršća (sa rasporedom bušotina) na koje je nanet lateks.

Tablica 16

Bušotina	Izmerene temperature u °C na		
	1 m'	2 m'	3 m'
B ₁	54	57	65
B ₂	73	80	85
B ₃	56	63	68
B ₄	43	47	56

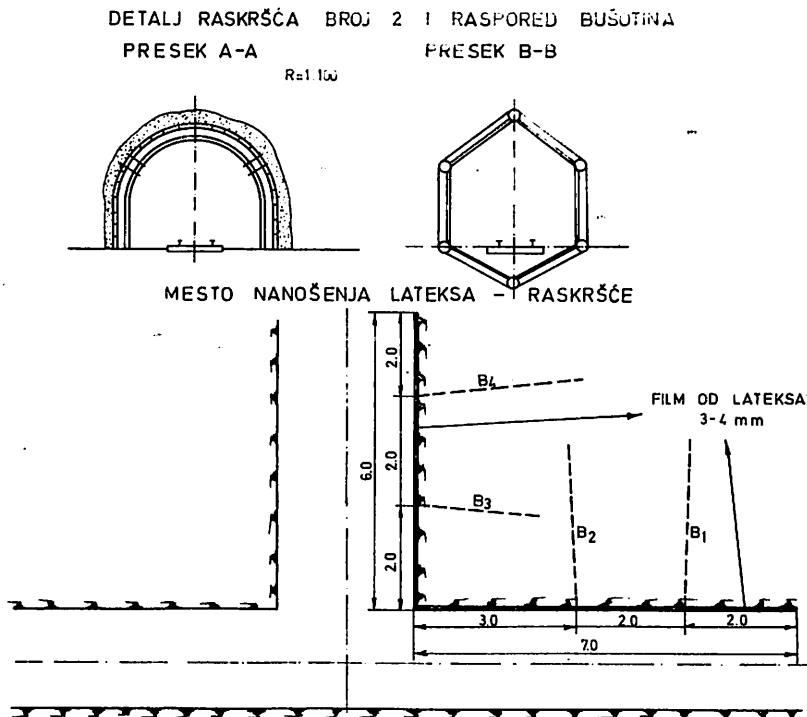
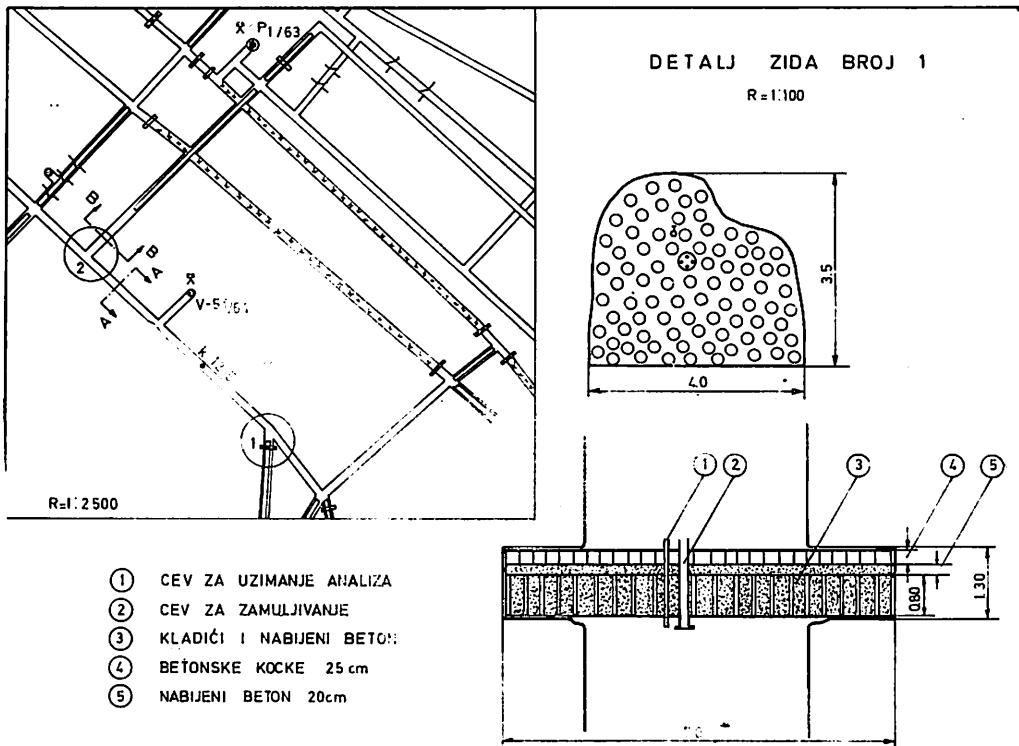
Rezultati istraživanja. — Nareti lateks je dobro prijanjao za drvenu i betonsku podlogu što se moglo konstatovati u toku nekoliko kasnijih vizuelnih posmatranja. Izrazite deformacije uočene su na okorcima, koji su usled dejstva jamskog pritiska više savijeni ili mestimično čak i potpuno polomljeni. Na takvim mestima došlo je do odvajanja lateksovog filma od podloge, plisiranja tako odvojenog filma, ili čak i mestimičnog pucanja. Najveći broj pukotina zapažen je u neposrednoj blizini samog raskršća i na prelazu između raskršća i uskopa.

Raskršće između hodnika na koti +12,5 m i dopremnog uskopa do otkopnog polja jama »Zahod«

Tablica 17

Red. broj	Datum uzimanja uzoraka		t°C*)	CO ₂ mol %	CO mol %	CH ₄ mol %	O ₂ mol %	Primeđba (podatke dao)
1	2		3	4	5	6	7	8
1.	12. XII 1966. g.	B-1	65	13,6	0,4	0,30	9,20	RI-Beograd
		B-2	85	8,5	0,5	0,80	11,60	
		B-3	68	9,80	0,2	0,20	4,60	
		B-4	56	14,1	0,3	0,30	8,80	
2.	13. I 1967. g.	B-3	37	14,70	0,00	0,00	11,80	Rudnik Velenje
		B-4	40	16,60	0,00	0,40	1,30	
3.	14. II 1967. g.	B-3	34	5,80	0,00	0,05	16,10	Rudnik Velenje
		B-4	40	12,70	0,00	0,90	4,10	
4.	22. II 1967. g.	B-3	31	11,00	0,00	0,05	12,70	Rudarski institut Beograd
		B-4	39,8	12,70	0,00	0,00	4,30	
5.	5. III 1967. g.	B-3	34	18,7	ispod	0,65	4,6	Rudnik Velenje
		B-4	37	16,0	0,01	0,60	1,30	
6.	12. IV 1967. g.	B-3	34	14,0	0,00	0,50	5,8	Rudnik Velenje
		B-4	36	16,5	0,00	0,50	1,70	
7.	20. IV 1967. g.	B-3	33	15,00	0,00	0,30	4,30	Rudarski institut Beograd
		B-4	34	15,60	0,00	0,45	4,40	

* Temperatura u bušotini na 3 m dubine.



Sl. 41 — Izgled izolacionog zida i križišta na koje je nanešen lateks.
Fig. 41 — View of insulation wall and crossing with latex coating.

Mestimično ispucan film pobudio je radoznanost radnika, tako da se na ovim mestima moglo lako uočiti cepanje lateksa rukom i njegovog nepostojanja na većim površinama.

U toku injektiranja neke bušotine su zamuljene tako da smo morali bušiti nove B-5 i B-6, kako bi se mogao i dalje pratiti razvoj oksidacionog procesa na mestu sanacije.

Za utvrđivanje efikasnosti izvršene izolacije vršena su opažanja temperature i gasnog stanja svakog meseca, a dobijeni rezultati su prikazani na tablici 17.

Zapunjavanjem šupljina i pukotina inhibujućom pastom u ugljenom stubu došlo je,

s jedne strane, do naglog rashlađenja uglja, a sa druge strane, putem hermetizacije pukotina zaustavljeno je dalje razvijanje oksidacionog procesa.

Postignuta stabilizacija gasnog stanja i temperature, konstatovana poslednjim merenjima, ukazuje na sanaciju oksidacionog procesa. S obzirom da se radilo o vrlo razvijanom oksidacionom procesu i da je u velenjskim uslovima moguće očekivati ponovno aktiviranje raskršća, to je predstavnicima rudnika bilo ukazano da je neophodno potrebno i dalje nastaviti kontrolna merenja temperature i gasnog stanja.

SUMMARY

Research-Experimental Work on the Discovery of New Methods for Underground Fire Fighting by use of Chemical and Inert Matters*)

A. Ćurčić, min. eng — M. Petrović, min. eng. —
B. Vukanović, chem. eng.)*

Results of the application of research work in practice — practical examples of the application of inhibitors in the injecting procedure.*

The research work in this field is presented in four sections, representing one whole. Laboratory investigations and experimental work were carried out five years, yielding satisfactory results summarized in the following four sections:

- Section I — Laboratory investigations
- Section II — Selection of the equipment and development of structures for practical tests
- Section III — Results of the application of research work in practice — practical examples
 - A — Results of the application of inhibitors in the injecting procedure
 - B — Results of the application of inhibitors and latex in the procedure of surface depositing
- Section IV — Methodology of following the development and state of oxidizing processes.

In this Part, as a whole we presented only selected characteristic examples of results achieved by injecting. The objective of this work is to show, by practical examples, all possibilities of safe underground fire fighting.

* Dipl. ing Aleksandar Ćurčić, upravnik Zavoda za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta — Beograd.
Dipl. ing. Miodrag Petrović, vanredni stručni saradnik — dipl. hem. Branka Vukanović, viši stručni saradnik — Zavoda za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta — Beograd.

Literatura

1. Baltajtis, V., 1961: Tušenje požarov v ugoľnyh šahtah, Moskva.
2. Budryk, W., 1954: Požari i eksplozije u rudnicima, Katowice.
3. Olpinski, W., Gabrus, J. Powlikowaki, T. Razums, J., 1953: Samozapalność wegli kamiennych, Katowice.
4. Olpinski, W., 1959: Die Bedeutung der Untersuchungen über die Selbstzündlichkeit von Pohlen für die Prophylaxis von Grubenbeänden Freiburger Forschungshefte Mai, Seite 7—22.
5. Olpinski, W., 1952: Analiza Wynikow masowych oznaczén samozapalności wegli, Katowice.
6. Olpinski, W., 1961: Wpliw wilgoci na proces samozagrzania wegli, Katowice.
7. Mayers, M., 1935: Méthodes de détermination de la réaktivité' des cokes. — 15-th Congr. de chim. ind. Brussels.
8. Sebastian, J. J. S., Mayers, M., 1937: Coke reactivity Determination by a Modified Ignition Point Methode. — Ind. and eng. chem. 29.1118.
9. Šebor, Hofbauer, I. 1960: Chemické spušoby predcházení a zdolávání duľnih požaru. — Hornicks aktualita, Praha.
10. Maciejasz, Z., 1959: Wskasniki sklonósci wegli do samozapalenia. — Archiwum gornictwa.
11. Jokanović, B., Vukanović, B., 1966: Kriterijum za određivanje sklonosti samozapaljenja mrkih i lignitskih ugljeva. — Referat na simpozijumu o požarima u Rožnovu (ČSSR).
12. Vukanović, B., 1965: Osvrt na značaj poznavanja prirodnog indeksa samozapaljivosti uglja u cilju upoznavanja mogućnosti za smanjenje endogenih jamskih požara. — »Informacija B« br. 31, RI-Bgd.
13. Pavlović, N., 1967: Inhibitori i njihov značaj za suzbijanje endogenih požara u rudnicima uglja. — Sigurnost u rudnicima 1967, br. 1 Rudarski institut, Beograd.
14. Ćurčić, A., Vukanović, B., Petrović, M., 1970: Istraživačko-eksperimentalni rad na iznalaženju novih metoda za savlađivanje jamskih požara upotrebom hemijskih i inertnih materija. — I deo: Laboratorijska istraživanja, »Sigurnost u rudnicima«, 1970, br. 4 RI, Beograd.
15. Ćurčić, A., Petrović, M., Vukanović, B., 1971: II deo: Izbor opreme i razrada konstrukcije za sprovođenje praktičnih opita. — »Sigurnost u rudnicima«, 1971. br. 1, RI, Beograd.
16. Ćurčić, A., Petrović, M., Vukanović, B., 1971: III deo: Rezultati primene istraživačkog rada u praksi — praktični primeri primene inhibitora u postupku injektiranja. — »Sigurnost u rudnicima«, 1971. br. 2, Rudarski institut, Beograd.

Prilog projektovanju podzemnih magacina eksploziva

(sa 9 slika)

Dipl. ing. Jevto Bralić

Osvrćući se kritički na postojeće propise izgradnji magacina eksploziva autor ukazuje na potrebu donošenja novih propisa o rukovanju eksplozivima i njihovom uskladištenju, koji će jasnije određivati principe gradnje magacina, a posebno dimenzionisanje. Predlažu se nova rešenja u konstrukciji podzemnih magacina eksploziva.

Uvod

Rukovanju eksplozivnim sredstvima u rudarstvu posvećena je izuzetna pažnja i da bi se nesreće svele na što je moguće manju meru, posebnim propisima*) regulisana je materija iz ove oblasti, počev od definicije pojmova pa do miniranja vazduhom pod visokim pritiskom.

Posebno poglavlje u citiranim propisima tretira smeštaj eksplozivnih sredstava. Sa svojih 27 članova (tačnije od čl. 50 pa do čl. 77) propisi su striktno odredili dozvoljene količine eksploziva, uslove za građenje podzemnih magacina eksploziva i red u ovim magacinima.

Prema propisima podzemni magacini se sastoje od komora za smeštaj eksploziva i komora za smeštaj eksplozivnih sredstava. Jedna-komora sme da primi od 2.500 do 7.000 kg eksploziva u zavisnosti od toga da li se radi o plastičnim ili kašastim eksplozivima, a najveći dopušteni broj komora je 4. Znači, zakonodavac je pošao od toga da bezbednost poveća ograničenjem količine eksploziva koja se može smestiti u magacin, ali je bezbednost unekoliko smanjena, zbog češćeg transporta eksploziva sa površine do magacina.

S druge strane, propisi dozvoljavaju teoretsku mogućnost da se do eksplozije dovede dozvoljena količina eksploziva, koja kako je navedeno, nije baš tako mala. Znači, postoji izvesna kontradiktornost u propisima.

Postojeći propisi svojim slabostima već na početku rada pricinjavaju određene teškoće stručnjacima koji se bave projektovanjem podzemnih magacina eksploziva i to: — Nedefinisanošću pojedinih pojmova. Na primer: nije definisano na koju veličinu (parametar) se određuje celina između pojedinih komora i rastojanje od susednih objekata već su određena samo minimalna rastojanja*).

— Uniformisanošću magacina eksploziva. Propisima je praktično unapred određeno kako magacin mora da izgleda, tako da je danas praktično nemoguće projektovati magacine koji bi bili sigurniji i ekonomičniji, a koji se po svojim koncepcijama ne bi razlikovali od propisanih.

Celina između komora

Prema članu 60. napred navedenih propisa, stavu 5, određeno je: »debljina celine između komora određuje se proračunom, na osnovu čvrstoće materijala celine, ali ne može biti manja od 6 metara«.

Navedena odredba je neprecizna. Nije jasno na koji element treba celinu proračunati. Naime, celina između dve komore u kojima se smešta eksploziv može se proračunati:

a) na veličinu koja zavisi isključivo od radne sredine s obzirom na rudarsko-gradevinske radove. Ova veličina se mora odrediti tako da kod datih uslova preraspodela

*) Pravilnik o merama zaštite pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu (Sl. list SFRJ br. 9/67).

*) Ovaj članak ne ulazi u kritičku ocenu i drugih nejasnih ili zastarelih članova propisa već se ograničava isključivo na one koji su vezani za izgradnju i projektovanje magacina.

napona izradom jedne komore ne utiče štetno na susednu komoru

b) na veličine celine koja neće dozvoliti prenošenje eksplozije u jednoj komori na eksploziv susedne komore

c) na moćnost celine koja će omogućiti da u slučaju eksplozije u jednoj komori susedna komora bude u sigurnosti s obzirom na seizmički efekat

d) na moćnost celine kod koje se razorno dejstvo eksplozije u jednoj komori neće štetno odraziti na susednu komoru, odnosno da će štete biti neznatne.

Jasno je da će se moćnost celine, računata za iste radne uslove, znatno razlikovati u zavisnosti od toga koji je od napred navedenih kriterijuma primenjen. Pošto je već dosta pisano o određivanju sigurnog rastojanja između jamskih prostorija u zavisnosti od njihovog poprečnog preseka i radnih uslova, potrebno je zadržati se na određivanju dimenzija celine po kriterijumima pod b, c i d.

Određivanje dimenzija celine između komora s obzirom na efekat prenošenja eksplozije

Dimenzije celine između dve susedne komore jamskih magacina eksploziva uslovljene su:

a) količinom i karakteristikama eksplozivnog materijala

b) fizičko-mehaničkim karakteristikama stene u kojoj su komore izrađene.

Jedan od čestih postupaka za određivanje moćnosti celine je primena dobro poznatog obrasca:

$$R_p = k \cdot \sqrt[3]{Q} \quad [m] \quad (1)$$

u kome je:

- R_p — moćnost celine (m)
 k — koeficijent koji nosi u sebi osobine eksploziva i stene
 Q — količina eksploziva (kg)

U praksi je usvojeno da vrednost koeficijenta »k« iznosi 0,1 za sve vrste stena i eksploziva, te se bezbedno rastojanje određivalo za sve slučajeve izrazom:

$$R_p = 0,1 \sqrt[3]{Q} \quad (2)$$

Međutim, postupak dat izrazom (2) aproksimativan je i po pravilu daje uvek veću moćnost. Eksperimentalnim putem utvrđeno je da se eksplozija kroz pregradu prenosi po sledećem zakonu:

$$R_p = k_1 \cdot k_2 \sqrt[3]{Q} \quad [m] \quad (3)$$

u kome koeficijenti k_1 i k_2 znače:

k_1 — koeficijent koji zavisi od svojstva eksploziva i sposobnosti materijala pregrade da priguši udarni talas eksplozije

k_2 — koeficijent koji zavisi od karakteristika pregrade.

Veličine k_1 i k_2 mogu se za određenu stenu i određeni eksploziv po pravilu odrediti isključivo eksperimentalnim putem. Međutim, sa dovoljnom tačnošću koeficijent k_1 određuje se izrazom:

$$k_1 = 10 \left(2,4 - \frac{e}{e_0} \right) \frac{1}{e_0 V_z} \cdot \frac{k}{k+1} \cdot D \quad (4)$$

$\frac{e}{e_0}$ — koeficijent stišljivosti pregrade pri kontaktnom dejstvu eksploziva

e — gustina eksploziva [g/cm^3]

e_0 — gustina stene [g/cm^3]

V_z — brzina prostiranja zvuka kroz stenu [cm/sec]

k — konstanta Bolmana (iznosi 3 za eksplozive koji se primenjuju u rudarstvu i industriji)

D — detonaciona brzina eksploziva [m/sec].

Koeficijent stišljivosti određuje se po F. A. B a u m u izrazom:

$$\frac{e}{e_0} = \sqrt[4]{\frac{4p}{e_0 \cdot V_z^3} + 1} \quad (5)$$

gde je:

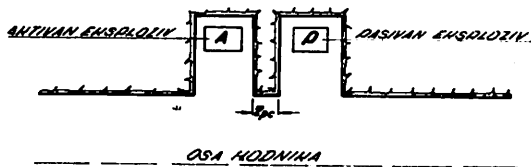
p — pritisak na frontu detonacionog talasa [kp/cm^2].

Koeficijent » k_2 « kreće se od 1 do 1,25 a zavisi, kao što je rečeno, od karakteristika pregrade.

Na osnovu iznetog, određivanju bezbedne moćnosti celine između dve komore s obzirom na efekat prenošenja eksplozije, prethodi:

- ili direktno eksperimentalno određivanje koeficijenta »k₁«
- ili određivanje parametara: »ρ« i »V_z« i na osnovu dobijenih vrednosti izračunavanje koeficijenta »k₁«.

S obzirom na težinu, komplikovanost i broj opita koje je potrebno izvršiti da bi se sa dovoljnom tačnošću odredili parametri »ρ« i »V_z«, preporučuje se eksperimentalno određivanje koeficijenta »k₁«. Eksperimentalno određivanje ovog koeficijenta vrši se pomoću niza probnih eksplozija sa manjim količinama eksploziva. Eksploziv se smešta u udubljenja izrađena u boku hodnika između kojih se nalazi stenovita pregrada. U jednom udubljenju se nalazi »aktivni eksploziv« koji se inicira, a u drugom ista ili veća količina »pasivnog eksploziva«. Moćnost pregrade uzima se obično 0,2 m, a dubina udubljenja je 1,3 do 1,5 puta veća od dimenzija eksplozivnih punjenja (sl. 1).



Sl. 1 — Postavljanje eksploziva u boku hodnika u cilju određivanja koeficijenta »k₁«.

Fig. 1 — Storage of explosive in drive wall for the purpose of determining the coefficient »k₁«.

Moćnost celine između dve komore može se znatno razlikovati u zavisnosti od fizičko-mehaničkih osobina stene, što se može videti iz sledećeg primera.

Eksperimentalnim putem utvrđen je koeficijent »k₁« za jednu vrstu krečnjaka 0,037, a za glinoviti laporac 0,096. U oba slučaja u opitima je korišćen eksploziv sličan ojačanom amonalu. Za istu količinu eksploziva od 5.000 kg moćnost celine između dve susedne komore iznosi:

$$R_c = 1,1 \cdot 0,037 \sqrt[3]{5.000} = 0,70 \text{ m za krečnjak}$$

$$R_c = 1,1 \cdot 0,096 \sqrt[3]{5.000} = 1,80 \text{ m za glinoviti laporac}$$

Korišćenjem izraza (2) dobija se moćnost pregrade:

$$R_p = 0,1 \sqrt[3]{5.000} = 3,68 \text{ m}$$

Iz navedenih primera se vidi da se kod određivanja moćnosti pregrade između komora, kriterijum efekta prenošenja eksplozije može da zanemari. Naime, vrednosti koje se po ovom kriterijumu dobijaju tako su male, da će u svakom slučaju ostala tri kriterijuma dati veću vrednost za moćnost celine.

Određivanje dimenzija celine između dve susedne komore s obzirom na seizmički efekat eksplozije

Za određivanje uticaja potresa izazvanog eksplozijom postoje dva opšta kriterijuma:

a) u SSSR-u je kriterijum brzina oscilovanja čestica pod dejstvom eksplozije i data je preporuka da se bezbedna brzina oscilacija kreće unutar brzine od 3—12 cm/sec

b) u SAD je kriterijum energetski nivo seizmičkog talasa. Bezopasan energetski nivo preveden u brzinu oscilovanja daje kriterijum u granicama od 8—12 cm/sec, znači u nešto užim granicama, a što pokazuje da se oba kriterijuma u suštini ne razlikuju.

Za određivanje bezbedne brzine oscilovanja postoji više empiričkih izraza od kojih navodimo najvažnije:

$$U_0 = 0,375 \cdot 2 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{g}{C_p \cdot \rho \cdot \tau}} \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1,5} \quad (6)$$

$$U_0 = k \sqrt{\frac{g}{\gamma \cdot C_s \cdot T}} \sqrt{\frac{Q}{R^3}} \quad (7)$$

$$U_0 = k \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^n \quad (8)$$

Da bi se brzina oscilovanja izračunala pomoću izraza (6) i (7) prethodno je potrebno odrediti sledeće parametre:

C_p — brzinu prostiranja uzdužnih talasa
 [m/sec]
 ρ — gustinu stene [kg/m³]
 C_s — brzinu prostiranja poprečnih talasa
 [m/sec]
 γ — zapreminsku težinu stene [kg/m³]
 τ — periodu seizmičke oscilacije [sec]
 T — periodu oscilovanja tla [sec]

$$R_r = \sqrt[3]{\frac{3 Q \cdot V_z}{4 \pi \sigma_r}} \sqrt[6]{\frac{2 U_1}{g}} \quad (10)$$

$$R_r = \sqrt[3]{\frac{3 Q}{4 \pi \sigma_r}} \sqrt[6]{\frac{2 E U_1}{\gamma}} \quad (11)$$

Izračunavanju brzine oscilovanja pomoću izraza (8) prethodi određivanje koeficijenta »k« i »n«.

Kao i u prethodnom slučaju (prenošenje eksplozije) najsigurniji, najbrži i najekonomičniji put je određivanje zakona brzine oscilovanja u funkciji rastojanja i količine eksploziva pomoću izraza (8). U ovom slučaju koeficijenti »k« i »n« određuju se eksperimentalno merenjem brzine oscilovanja na mestu opažanja uz registrovanje rastojanja od mesta eksplozije i količine eksploziva. Iz nekoliko opita, primenjujući opšte poznate matematičke metode, dobija se zakon brzine oscilovanja za datu stenu, primenjeni eksploziv i režim iniciranja.

Da bi se utvrdilo o kojim se rastojanjima između susednih komora može realno govoriti treba se vratiti primeru iz poglavlja o određivanju dimenzija celine između komora s obzirom na efekat prenošenja eksplozija.

Izvršenim ispitivanjem dobijen je iz prethodnog primera zakon brzine oscilovanja za krečnjak u obliku:

$$U_0 = 42,8 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1,43} \quad (9)$$

Za količinu od 5.000 kg ojačanog amonala, uzimajući kao graničnu vrednost brzinu oscilovanja od 10 m/sec kod koje susedna komora neće biti oštećena, dobija se:

$$R_s \approx 47 \text{ m}$$

Određivanje dimenzija celine između dve susedne komore s obzirom na razorno dejstvo eksplozije

Nemoguće je bez posebnih ispitivanja odrediti poluprečnik zone drobljenja niti poluprečnik ispucale zone. U ovom slučaju, pošto se želi da sagleda samo red veličina, mogu se koristiti izrazi kojima se može orijentaciono da odredi zona razaranja:

Treba napomenuti da izrazi (10) i (11) ne uzimaju u obzir da kod komora eksploziv nema kontakt sa stenom, zatim šupljine oko eksploziva, dimenzije komore i dimenzije eksploziva.

U izrazima (10) i (11) nepoznate veličine znače:

V_z = brzina prostiranja zvuka kroz stenu (m/sec)
 σ_r = čvrstoća stene na razaranje (kp/m²)
 U_1 = specifična energija eksploziva (kp · m/kg)
 g = ubrzanje zemljine teže (m/sec²)
 E = modul deformacija stena (kp/m²).

Za krečnjak iz ranijih primera utvrđeno je:

$$R_s \approx 47 \text{ m}'$$

Napred navedeni kriterijumi dozvoljene brzine oscilovanja primenjuju se u sledećim slučajevima:

- pri zaštiti susednog objekta kod višekratnih potresa izazvanih eksplozijama
- pri zaštiti objekata kod jednokratnih potresa izazvanih eksplozijom kada se u objektu koji se štiti nalazi ugrađena oprema sa velikim zamajnim masama ili oprema osetljiva na potrese (razni instrumenti i slično).

I u jednom i u drugom slučaju uslov je da objekat i oprema ne budu oštećeni.

S obzirom da se kod dimenzioniranja bezbednog rastojanja između komora ne radi ni o višekratnim eksplozijama ni o zaštiti opreme, primeniće se kriterijum o brzinama oscilovanja kod zemljotresa. U našem slučaju, kada svesno dozvoljavamo izvesna oštećenja susedne komore, može se računati sa $U^0 = 40$ cm/sec (stepen seizmičke skale). U tom slučaju rastojanje između dve susedne komore sme da iznosi najmanje:

$$R_s = 18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_r &= 2,7 \cdot 10^5 \text{ kp/m}^2 \\ E &= 5 \cdot 10^9 \text{ kp/m}^2 \\ \gamma &= 2500 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

a za ojačani amonal:

$$\begin{aligned}U_1 &= 429 \cdot 10^3 \text{ kp} \cdot \text{m/kg} \\ Q &= 5000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Zamenom dobijenih vrednosti u izrazu (11) dobije se:

$$R_r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 5 \cdot 10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 2,7 \cdot 10^5}}$$

$$\sqrt[6]{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^9 \cdot 4,29 \cdot 10^5}{2,5 \cdot 10^3}} = 18,05 \text{ m}$$

Ispitivanjem navedenog krečnjaka utvrđeno je da naprezanje pri kome dolazi do stvaranja udaljenih pukotina u steni (σ_p) iznosi $2,6 \cdot 10^4 \text{ kp/m}^2$. Zamenom ove vrednosti umesto σ_r u izrazu (11) dobije se da je poluprečnik sfere udaljenih pukotina:

$$R_{ud} = 38,8 \text{ m}$$

Za navedeni slučaj, pod uslovom da se dozvoli i izvesna pojava pukotina u susednoj komori, moćnost pregradne celine između dve komore kretala bi se od 25 do 30 metara.

Usvajanje potrebnog rastojanja između komora

Na osnovu iznetog u prethodna dva poglavlja, vidimo da smo za iste uslove dobili bezbedna rastojanja između dve susedne komore za smeštaj eksploziva:

- u zavisnosti od efekta prenošenja eksplozije $R_p = 0,7 \text{ m}$
- u zavisnosti od seizmičkog efekta $R_s = 18 \text{ m}$
- u zavisnosti od razornog dejstva eksplozije $R_r = 25 \text{ m}$

Ovako širok dijapazon dovodi do zaključka da je kod projektovanja podzemnih magacina eksploziva potrebno proveriti moćnost celine između dve komore na seizmičko i razorno dejstvo eksplozije. Po sebi se razume da je na isti način potrebno proveriti rastojanje između komora i najbližih jamskih prostorija.

Ranije je naglašeno da se elementi potrebni za utvrđivanje parametara koji su potrebni za određivanje bezbednih rastojanja mogu utvrditi tačno samo eksperimentalnim putem. Iz tih razloga nužno je izvršiti i izvesne izmene u redosledu projektovanja. Naime, kod magacina eksploziva idejnim projektom potrebno je odrediti geometriju magacina u celini (lokacija, oblik, dimenzije) i izvršiti orijentacioni proračun elemenata celine na bazi raspoloživih podataka o fizičko-mehaničkim osobinama stena u kojima će se magacin graditi. Izradi glavnog projekta prilazi se tek po otvaranju dela jame u kome je magacin lociran i izvršenih opita u tom delu na osnovu kojih se dobijaju definitivni parametri potrebni za proračun svih detalja magacina.

Dobijanje parametara za projektovanje eksperimentalnim putem vrši se izvođenjem niza opita na lokaciji magacina korišćenjem malih količina »najjačih« eksploziva koji će se skladištiti, pri kojima se mora voditi računa o odnosima između geometrije budućeg objekta, količine i geometrije eksploziva i načina iniciranja. Za vreme opita registruje se brzina oscilovanja i snimaju radijusi zona razaranja i zona udaljenih pukotina. Paralelno sa navedenim opitima određuju se i parametri E , σ_r , σ_p i V_z . Potreban broj opita teško je unapred odrediti pošto se ne mogu sagledati svi faktori. Opiti se vrše sve dotle dok rezultati dobijeni ispitivanjem ne omoguće izvođenje zakonitosti sa potrebnom tačnošću.

Određivanje dužine prilaznog hodnika i načina gašenja vazdušnog udarnog talasa

Članovima 59, 60 i 63. napred citiranog pravilnika propisano je:

— »Prema svakoj komori, na drugoj strani pristupnog hodnika, mora biti izgrađeno najmanje 3 metra duboko udubljenje u profilu hodnika (odbojno udubljenje)« (čl. 60)

— »U jamama sa opasnom ugljenom prašinom u odbojna udubljenja koja moraju biti duboka 5—6 metara ...« (čl. 60)

— »Prilazni hodnik magacina treba da je najmanje dva put lomljen pod pravim uglom, a za magacine sa više od dve komore — najmanje tri puta s tim da na prelomima hodnika stoje 3 metra duboka odbojna udub-

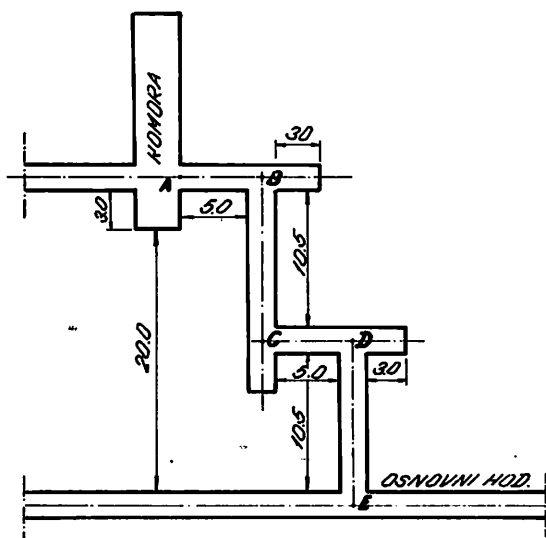
ljenja profila hodnika za prigušivanje u slučaju eksplozije» (čl. 59)

— »Glavna magacinska vrata stavljaju se pre prvog preloma prilaznog hodnika i moraju biti gvozdena, rešetkasta ...» (čl. 63).

Navedeni članovi imali su za cilj da regulišu da u slučaju eksplozije udarni vazdušni talas ugrozi živote ljudi u prostoriji iz koje polazi prilazni hodnik ka objektima magacina (osnovni hodnik). Znači, na mestu spoja prilaznog i osnovnog hodnika natpritisak ne sme biti veći od 0,2 kp/cm², s obzirom da su vrata prema članu 63 rešetkasta i ne primaju na sebe deo natpritisaka.

Međutim, ovako formulisani članovi ne pružaju potrebnu bezbednost.

Prema važećim propisima dozvoljena je situacija magacina koja je prikazana na slici 2.



Sl. 2 — Situacija magacina eksploziva u skladu sa važećim propisima.

Fig. 2 — Location of explosive storage in accord with current regulations.

Poštujući članove 58, 59, 60 i 62*) pravilnika, projektovana je komora širine 3,4 m visine 2,5 m i površine poprečnog preseka

*) Članovi 58 i 62 propisuju minimalno rastojanje od komore do jamskih objekata i minimalnu visinu prilaznog hodnika.

8 m², pristupni hodnik širine 2 m, visine 2,2 m i površine poprečnog preseka 4 m², te odbojna udubljenja dužine 3 metra. Magacin se nalazi u krečnjaku u kome je moguće lomiti prilazni hodnik na prikazanim rastojanjima a u komori će se skladištiti ojačani amonal sa radnim faktorom $U_1 = 430 \cdot 10^8$ kp · m/kg.

Gašenje pritiska na frontu udarnog talasa po pravom hodniku vrši se po sledećem zakonu:

$$P_v = 16 \frac{Q_e}{F \cdot R} + 5 \sqrt{\frac{Q_e}{F \cdot R}} \quad (12)$$

gde je:

- P_v — pritisak na frontu udarnog talasa [kp/cm²]
- $Q_e^{**})$ — ekvivalentna količina eksploziva [kg]
- F — površina poprečnog preseka hodnika (m²)
- R — rastojanje od centra eksplozije do posmatrane tačke (m).

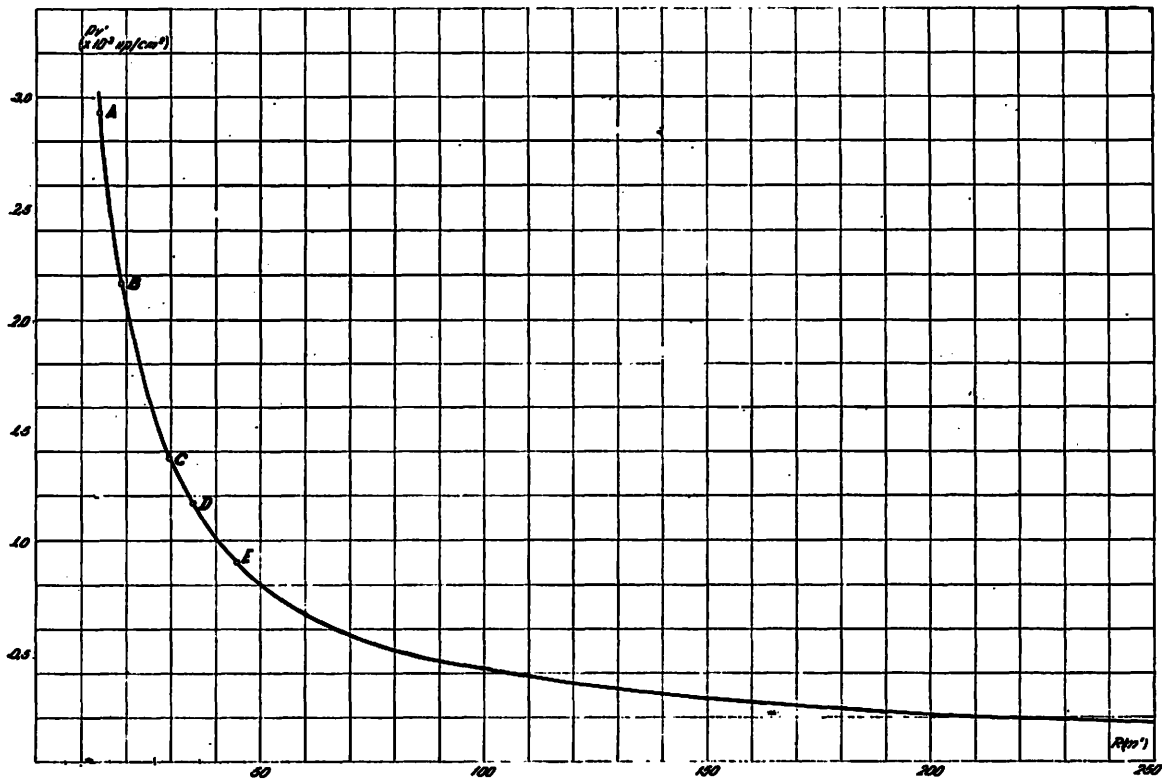
S obzirom da je, rastojanje između eksploziva i čelone strane komore kada se radi o komorama magacina eksploziva, manje od 1/4 rastojanja od eksploziva do tačke u kojoj se posmatra pritisak vazdušnog udarnog talasa, količine eksploziva (Q_e) u izrazu (12) se udvostručuju.

Primenjujući izraz (12) dobijena je grafička zavisnost pritiska vazdušnog udarnog talasa i dužine pravolinijskog hodnika preseka 4 m², koja je prikazana na slici 3. Veća površina poprečnog preseka komore zamenjena je ekvivalentno većom dužinom.

Pomoću ovog dijagrama može se utvrditi pritisak u pojedinim tačkama prilaznog hodnika pod pretpostavkom da zbog kolena i odbojnih udubljenja nije došlo do gašenja vazdušnog udarnog talasa (P_v').

Analizom dobijenog dijagrama (slika 3) vidi se da pritisak vazdušnog udarnog talasa u početku naglo pada, da bi kasnije uticaj dužine hodnika na njegovo smanjenje bio sve beznačajniji, te se gašenju pritiska prilazi na drugi način.

** Količina Q se odnosi na trotil sa radnim faktorom $U_1 = 430 \cdot 10^8$ kpm/kg. Za slučaj da se koristi drugi eksploziv uzima se ekvivalentna količina Q_e koja se dobija prizvodom stvarne količine i faktora $U:U_1$.



Sl. 3 — Dijagram zavisnosti pritiska vazdušnog udarnog talasa ($P'v$) od dužine hodnika (R) preseka $F = 4 \text{ m}^2$, kod eksplozije 5000 kg ojačanog amonala.

Fig. 3 — Diagram of air impact wave pressure ($P'v$) dependence of drive length (R) with a cross-section of $F = 4 \text{ m}^2$ during the explosion of 5,000 kg. of Ammonal.

Za gašenje vazdušnog udarnog talasa primenjuju se pri konstruisanju jamskih magacina eksploziva sledeća tri načina:

- a) lomljenje hodnika pod pravim uglom
- b) lomljenje hodnika pod pravim uglom sa odbojnim udubljenjem
- c) naglo proširenje i ponovno suženje hodnika.

Od navedenih načina najmanje je efikasan način pod a), pošto se na taj način pritisak vazdušnog udarnog talasa smanjuje svega za 20—30% (koeficijent smanjenja $K_s = 0,8 - 0,7$).

Kolena sa odbojnim udubljenjem (sl. 4) mogu smanjiti pritisak vazdušnog udarnog talasa do tri puta pod uslovom da je odbojno udubljenje dugačko najmanje $0,25\lambda$ gde je

» λ « talasna dužina udarnog talasa (koeficijent smanjenja $K_s = 0,33$).

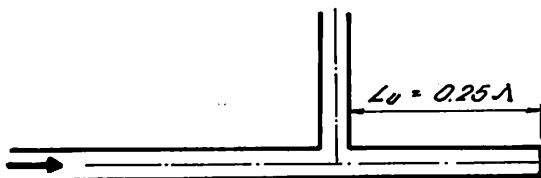
Najefikasniji način je izrada naglih proširenja u hodniku dužine ne manje od 12 m, čije su poprečne dimenzije jednake dvostrukim poprečnim dimenzijama hodnika. (Npr.: ako je hodnik preseka $2 \times 2 \text{ m}$, presek proširenja treba da je $4 \times 4 \text{ metra}$). Samo jednim proširenjem pritisak se smanjuje za tri puta a sa više proširenja u nizu za 9, 27 i više puta (koeficijent smanjenja $K_s = 0,333, 0,11, 0,037$ itd.) slika 5.

Za magacin čija je dispozicija data na sl. 2, izvršiće se provera efikasnosti gašenja vazdušnog udarnog talasa pomoću lomljenja hodnika i odbojnih udubljenja dužine 3 metra.

Talasna dužina vazdušnog udarnog talasa određuje se iz odnosa:

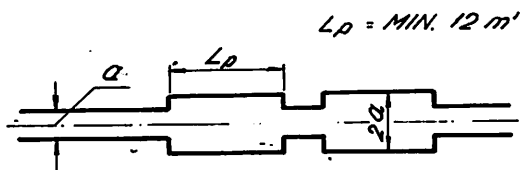
Za $P_v > 10 \text{ kp/cm}^2$

$$\lambda = \frac{0,03 \cdot i \sqrt{P_v + 1}}{P_v} \quad (13)$$



Sl. 4 — Koleno sa odbojnim udubljenjem.

Fig. 4 — Bend with buffer recesses.



Sl. 5 — Gašenje pritiska vazdušnog udarnog talasa pomoću proširenja hodnika.

Fig. 5 — Reduction of air impact wave pressure by drive widening.

Za $P_v > 10 \text{ kp/cm}^2$

$$\lambda = \frac{0,06 \cdot i \sqrt{P_v + 1}}{P_v} \quad (14)$$

gde je:

λ — talasna dužina u [m']

i — impuls udarnog talasa u [kp · sec/m²]

Impuls udarnog talasa u slepim hodnicima i kod kojih je centar eksplozije blizu slepog kraja, određuje se pomoću izraza:

$$i = 216 \left(\frac{Q}{F} \right)^{2/3} \sqrt[3]{R} \quad (15)$$

Količina eksploziva Q u kg u izrazu (15) mora takođe, biti preračunata u ekvivalentnu količinu trotila.

U pomenutom slučaju za ojačani amonal ($U_a = 430 \cdot 10^3 \text{ kpm/kg}$ $Q = 5000 \text{ kg}$) nalazi se za tačku A na slici 2:

$$i = 216 \left(\frac{5000}{8} \right)^{2/3} \sqrt[3]{7} = 30.150 \text{ kp sec/m}^2$$

Pritisak udarnog vazdušnog talasa u osi prilaznog hodnika, uzimajući da je presek komore $F = 8 \text{ m}^2$ i rastojanje od centra eksplozije 7 m, iznosi (jednačina 12):

$$P_v^A = 16 \frac{10000}{7 \cdot 8} \cdot 5 \sqrt{\frac{10000}{7 \cdot 8}} = 2927 \text{ kp/cm}^2$$

Talasna dužina je (izraz 13):

$$\lambda = \frac{0,03 \cdot 30150 \cdot \sqrt{2928}}{2927} = 16,8 \text{ m}$$

te je potrebna minimalna dužina odbojnog udubljenja:

$$l_u = 4,2 \text{ m}$$

Pošto je u posmatranom slučaju $l_u = 3 \text{ m}$, pritisak u tački A smanjiće se najviše za 50% i iznosiće:

$$P_{vu}^A = 1470 \text{ kp/cm}^2$$

Koristeći dijagram sa slike 3 i postupak za određivanje »i« i »λ« dobijaju se vrednosti pritiska P_v , P_{vu} , impulsa (i) i talasne dužine (λ) u tačkama B do E. Rezultati su dati u tablici 1.

Tablica 1

Tačka	P_v (kp/cm ²)	P_{vu} (kp/cm ²)	i (kpsec/m ²)	λ (m)	K_s
A	2.927	1.470	30.150	16,8	0,5
B	1.230	860	42.000	35,4	0,7
C	710	497	48.700	54,7	0,7
D	477	335	51.400	70,0	0,7
E	305	—	—	—	—

Iz dobijenih rezultata vidi se da u slučaju dispozicije komore i prilaznog hodnika koja je uzeta u primeru, a koja zadovoljava propise, na mestu spoja osnovnog i prilaznog hodnika pritisak vazdušnog udarnog talasa prelazi 300 kp/cm².

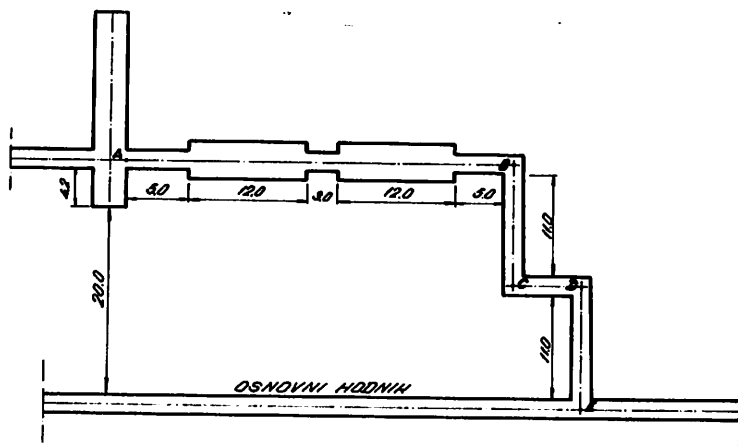
Takođe se vidi da je primena relativno kratkih odbojnih udubljenja efikasnija na kolenima koja su bliža centru eksplozije dok udaljavanjem od centra i kod znatno dužih udubljenja njihova efikasnost opada.

Da bi se u slučaju koji je uzet za primer, efikasno smanjio pritisak vazdušnog udarnog talasa pomoću odbojnih udubljenja, potrebno je izvršiti proračun njihove dužine kako bi koeficijent smanjenja imao minimalnu vrednost od 0,333. Rezultati ovakvog proračuna dati su u tablici 2.

Tablica 2

Tačka	P_v (kp/cm ²)	P_{vu} (kp/cm ²)	i (kpsec/m ²)	λ (m)	l_u (cm)	K_s
A	2.927	980	30.150	16,8	4,2	0,333
B	880	290	42.000	42,4	10,6	0,333
C	280	96	48.700	87,2	21,8	0,333
D	96	77	—	—	—	0,800
E	75	—	—	—	—	—

Iz tablice 2 vidi se da odbojna udubljenja suprotno od komora treba da imaju dužinu 4,2 m, u tački B = 10,6 m, a u tački C = 21,8 m, da bi pritisak spao na 96 kp/cm².



Sl. 6 — Dispozicija magacina sa slike 2 sa proširenjima za gašenje vazdušnog udarnog talasa.

Fig. 6 — Location of storage in Fig. 2 with widenings for air impact wave reduction.

U tački D nije predviđeno odbojno udubljenje pošto bi njegova dužine bila neopravdano velika u odnosu na efekat.

Pritisak vazdušnog udarnog talasa još više bi se smanjio ukoliko bi se u produžetku pristupnog hodnika između tačaka A i B izradila dva proširenja a u tačkama C i D samo lomljenje hodnika bez odbojnih udubljenja (sl. 6). U tom slučaju dobijaju se rezultati koji su prikazani u tablici 3. I u ovom slučaju zbog potrebne velike dužine odbojnih udubljenja ona nisu predviđena u tačkama C i D.

Tablica 3

Tačka	P_v (kp/cm ²)	P_{vu} (kp/cm ²)	i (kpsec/m ²)	λ (m)	l_u (m)	K_s
A	2.927	980	30.150	16,8	4,2	0,333
B	880	78	42.000	42,4	—	0,089*)
C	77	63	—	—	—	0,800
D	62	50	—	—	—	0,800
E	49	—	—	—	—	—

Dosadašnja izlaganja pokazuju da je vrlo teško svesti pritisak udarnog vazdušnog talasa na dozvoljenu veličinu korišćenjem opisanih postupaka za gašenje vazdušnog udara. Naime, potrebno je izraditi ili veći broj

*) Vrednost K_s dobijena je množenjem iznosa: 0,333 za jedno proširenje, 0,333 za drugo proširenje i 0,80 za koleno bez odbojnih udubljenja.

proširenja ili kolena sa odbojnim udubljenjima velikih dužina. Iz tih razloga se kod konstruisanja magacina eksploziva, opisanim postupcima smanji pritisak na veličinu između 50 i 100 kp/cm², i u tački u kojoj se proračunati pritisak nalazi u tim granicama (pod uslovom da ista ispunjava i ostale konstruktivne uslove) postavljaju zaštitna vrata koja primaju na sebe višak natpritiska.

Zaštitna vrata

Zaštitna vrata imaju zadatak da na sebe prime pritisak vazdušnog udarnog talasa koji je opisanim načinom sveden na 50—100 kp/cm² na mestu gde su vrata locirana.

U ovom članku neće se ulaziti u teoretske osnove i eksperimentalne radove koji su doveli do praktičnih obrazaca za proračun zaštitnih vrata. Naglašava se samo da se vrata prema postupku koji će biti opisan, računaju tako da eventualnom eksplozijom budu deformisana ali ne i uništena. Ovakav prilaz je opravdan s obzirom na činjenicu da ona imaju prevashodan cilj da sačuvaju ljudske živote u prostorijama koje se nalaze ispred zaštitnih vrata.

Vrata se izgrađuju od čeličnog lima proračunate debljine, kružnog su oblika tako da se i deo prilaznog hodnika na koji se vrata oslanjaju radi u kružnom profilu. Obavezno je da se vrata određenom površinom naslanjaju na betonsku oblogu prilaznog hodnika a prema dimenzijama koje su date na slici 7.

Debljina vrata određuje se izrazom:

$$h = \frac{P_v \cdot a}{0,8\sigma_1} \left(1 - \frac{\arctg \varphi \cdot t}{\varphi \cdot t} \right) \quad (16)$$

gde je:

- P_v — proračunati pritisak na lokaciji vrata [kp/cm²]
 a — poluprečnik prilaznog hodnika [cm]

σ_1 — dozvoljeno naprezanje materijala vrata na istežanje [kp/cm²]

t — vreme dejstva vazdušnog udarnog talasa na prepreku [sec].

Veličina P_v određuje se na opisani način, a vreme »t« i parametar »φ« izrazima:

$$t = 0,92 \frac{R}{C_m} \sqrt[6]{\frac{Q}{F \cdot R}} \quad (17)$$

$$\varphi = \sqrt{\frac{4 \sigma_1 \cdot g}{\gamma \cdot a^2}} \quad (18)$$

u kojima pored već poznatih oznaka postoje:

C_m — brzina zvuka kroz vazduh (m/sec)

γ — specifična težina materijala vrata (kg/cm³).

Maksimalni dozvoljeni ugib vrata iznosi:

$$u_1 = 0,4 \cdot a \quad (19)$$

Ako se za navedeni primer uzmu sledeće vrednosti:

$$P_v = 80 \text{ kp/cm}^2$$

$$a = 125 \text{ cm}$$

$$R = 20 \text{ m}$$

$$C_m = 340 \text{ m/sec}$$

$$\sigma_1 = 2800 \text{ kp/cm}^2$$

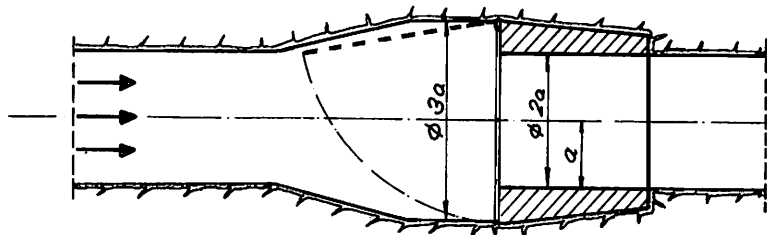
$$\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$$

dobije se:

$$t = 0,92 \frac{20}{340} \sqrt[6]{\frac{5000}{4 \cdot 20}} = 0,1077 \text{ sec}$$

Sl. 7 — Osnovne dimenzije zaštitnih vrata i prilaznog hodnika.

Fig. 7 — Location of explosive storage without chambers for 13,000 kg of explosive.



$$\varphi = \sqrt{\frac{4 \cdot 2800 \cdot 981 \cdot 10^3}{7,85 \cdot 125^2}} = 298 \text{ sec}^{-1}$$

$$\varphi \cdot t = 298 \cdot 0,1077 = 32,1$$

$$1 - \frac{\text{arc tg } 32,1}{32,1} = 0,952$$

Debljina vrata prema izrazu (16) iznosi:

$$h = \frac{80 \cdot 125 \cdot 0,952}{0,8 \cdot 2800} = 4,26 \text{ cm}$$

a maksimalni ugib:

$$u_1 = 0,4 \cdot 125 = 50 \text{ cm}$$

Prečnik lima vrata iznosi: $1,5 \cdot 2,5 = 3,75 \text{ m}$.

Nova rešenja u konstruisanju podzemnih magacina eksploziva

Skladištenje većih količina eksploziva u komorama ima niz nedostataka od kojih se navode najvažniji:

— skladištenje do 5000 kg amonijum nitratskih eksploziva pruža teoretske mogućnosti da dođe do iniciranja i eksplozije velike količine eksploziva

— da bi se u slučaju eksplozije u jednoj komori, havarija svela na najmanju moguću meru i da bi se sačuvali životi ljudi, konstrukcija magacina zahteva obimne jamske radove i veliku dužinu prostorija koje će da prigūše vazdušni udarni talas.

Dimenzije magacina u celini su velike s obzirom na potrebna rastojanja između pojedinih komora i susednih prostorija.

Navedeni razlozi doveli su do novih rešenja koja u principu polaze od sledećih postavki:

— ne ograničavati ukupnu količinu eksploziva koji se skladišti u jednoj prostoriji, kako bi se doprema eksploziva i eksplozivnog pribora ograničila isključivo na neradne dane (kada jama nije posednuta radnicima)

— skladištenja rešiti tako da ne može ni u jednom slučaju doći do eksplozije sve uskladištene količine eksploziva

— konstrukciju magacina rešiti tako, da kod povećane sigurnosti u odnosu na klasične konstrukcije sa komorama, troškovi izgradnje ne budu veći.

Jedno od takvih rešenja dato je na slici 8. Eksploziv u količini od 13.000 kg smešten je u jedan dugačak hodnik na čijim krajevima se nalaze komore za eksplozivni pribor. Deo hodnika za smeštaj eksploziva podeljen je u boksove odvojene jedan od drugog betonskom pregradom. U svaki boks se smešta po 500 kg eksploziva. Pregradni betonski zidovi proračunati su tako da se eventualna eksplozija u jednom boksu ne može preneti na susedne. Gašenje vazdušnog udarnog talasa izvršeno je u kombinaciji odbojnog učubljenja i kolena sa zaštitnim vratima na prilaznim hodnicima. Dopremni kolosek prolazi pored svih boksova tako da je istovar eksploziva i njegovo skladištenje veoma jednostavno.

Krivoroški rudarski institut (SSSR) izvršio je niz opita sa raznim materijalima koji se mogu koristiti za pregradu. Rezultati tih ispitivanja priređeni za korišćenje izraza (3), (4) i (5) dati su u tablici 4. Na osnovu izvršenog proračuna i provere utvrđeno je da se betonskim zidom debljine 50 cm sa sigurnošću sprečava prenošenje eksplozije iz boksova u bokse kod skladištenja 500 kg amonita No 6*) u svakom od boksova.

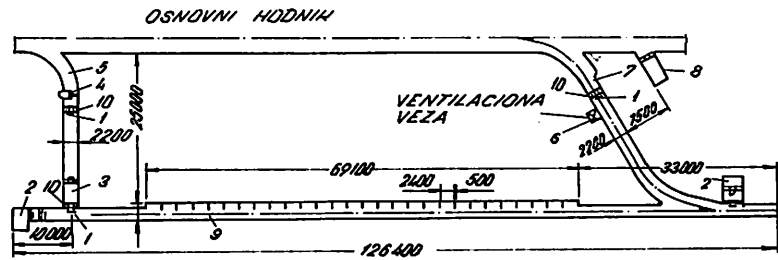
Tablica 4

Materijal	Koef. stišljivosti $\frac{e}{e_0}$	Koeficijent K_1	
		Za amonit No 6*)	Za dinafalit No 1**)
Dijatomejske opeke	2,03—2,07	0,122	0,098
Glinene opeke	2,13—2,17	0,095	0,076
Krečnjačko-šljakovite opeke	1,49—1,53	0,057	0,047
Beton	1,19—1,22	0,053	0,043
	1,05—1,15	0,051	0,040

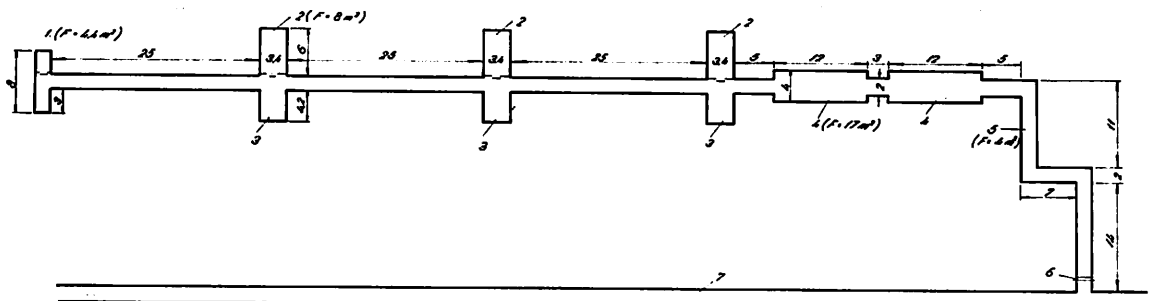
Koristeći već opisani postupak za proračun gašenja udarnog vazdušnog talasa izračunata su i zaštitna vrata debljine 50 mm. Zaštitna vrata se otvaraju i zatvaraju automatski. Potpuno se otvaraju samo kod ulaska odnosno izlaska voza, dok se za prolaz

*) Amonit No 6 odgovara ojačanom amonalu

***) Dinafalit odgovara kamniktitu I



Sl. 8 — Dispozicija magacina eksploziva bez komora za smeštaj 13.000 kg eksploziva.
Fig. 8 — Location of a chamberless explosive magazine for storage of 13000 kg explosive.



Sl. 9 — Dispozicija magacina sa komorama.
1 — komora za smeštaj eksplozivnog pribora; 2 — komora za smeštaj eksploziva; 3 — odbojna udubljenja naspram komora; 4 — proširenje za gašenje udarnog vazdušnog talasa; 5 — prilazni hodnik; 6 — zaštitna vrata; 7 — osnovni hodnik.

Fig. 9 — Location of storage with chambers.
1 — Chamber for explosive supplies storage; 2 — Chamber for explosive storage; 3 — buffer recesses facing the chambers; 4 — widenings for air impact wave reduction; 5 — access drive; 6 — safety door; 7 — main drive.

ljudi otvaraju samo za 45°. Ventilacioni otvor na zaštitnim vratima zatvara se sam u slučaju eksplozije.

Pored očigledno veće sigurnosti ovakvog magacina u odnosu na klasične, dolaze do izražaja i nešto niži troškovi izgradnje. Za smeštaj iste količine eksploziva potrebno je izraditi magacin sa tri komore. Koristeći veličine za bezbedna rastojanja iz prethodnih poglavlja dobili bismo dispoziciju koja je prikazana na sl. 9.

Upoređujući samo predmer radova na iskopu u jednom i drugom slučaju (uslovi u oba slučaja su isti) dobija se da treba izraditi:

- 1000 m³ iskopa za slučaj sa slike 8
- 1250 m³ iskopa za slučaj sa slike 9

Dok se kod klasičnog magacina doprema i otprema eksploziva vrši pojedinačnim vagonetima ručno, dotle se u prikazanom rešenju doprema vrši lokomotivskom vučom direktno do boksova tako da se i troškovi manipulacije eksplozivom smanjuju.

Zaključak

Iz ranijih izlaganja se vidi da važeći propisi o skladištenju eksploziva imaju niz nedostataka koji se mogu rezimirati sledećim:

- propisi nedovoljno preciziraju postupak i uslove na osnovu kojih se mogu projektovati podzemni magacini eksploziva
- propisima je osnovna konstrukcija magacina unapred određena tako da nema uslova da se primene savremenije, a istovremeno i sigurnije konstrukcije
- u propisima ima niz postavki koje su precizirane, a koje ne obezbeđuju sigurnost skladišta, susednih objekata i ljudi zaposlenih u jami rudnika.

Nabrojani nedostaci zahtevaju da se što pre pristupi izradi novih propisa o rukovanju eksplozivnim sredstvima i njihovom skladištenju. Pri tome je potrebno imati u

vidu činjenicu da se propisima moraju celishodno odrediti norme koje skladišta moraju da ispunjavaju, a što je moguće više izbegavati unapred određene veličine koje često mogu da budu pogrešne ili mogu sputavati primenu budućih saznanja o ovoj materiji. Propisi moraju da obavežu projektante i rudnike da kod projektovanja i izrade moraju da raspoložu podacima koji su na objektivan način utvrđeni i ni jedan element

objekta ne sme bazirati na pretpostavkama ili nesigurno utvrđenim podacima.

Pored želje da ukaže na nedostatke propisa, članak je imao za cilj da ukaže na put kojim treba ići kod projektovanja podzemnih magacina eksploziva i na osnovne metode koje se primenjuju kod određivanja parametara koji su neophodni za projektovanje.

SUMMARY

Contribution to the Design of Underground Explosive Storages

J. Bralić, min. eng.*)

The discussion in the article clearly shows that the current regulations for the storage of explosive have a series of shortcomings:

— The regulations are insufficiently precise regarding the procedure and conditions for the design of underground explosive storages.

— The regulations clearly determine the storage structure, so that no more modern and more safe constructions may be used.

— The regulations have many precisely defined items which do not ensure storage safety, safety of nearby buildings and men working underground.

The cited shortcomings impose the necessity of elaborating new regulations, as soon as possible, for handling of explosive material and their storage. In connection with this, one must bear in mind the fact that the regulations must define clearly the conditions to be fulfilled by the storages, avoiding limited sizes as much as possible. The regulations should oblige designers and mines to design and build only when relevant data were determined in an objective manner, and that even a single element may not be based on assumptions or inadequately defined information.

In addition to above mentioned, the objective of the article is to outline the steps to be taken during designing underground explosive storages, as well as the basic methods to be applied for the determination of necessary parameters for designing.

Literatura

1. Pokrovskij, G. I., 1967: Vzryv.
2. Pokrovskij, G. I., Fedorov, I. C., Dokučae, M. M., 1963: Primenenie napravlenogo vzryva v gidrotehničeskom stroitel'stve.
3. Baum, F. A., Beržec, M. A., 1962: Opredelenie načal'nyh parametrov udarnykh voln v gornyh porodah v uslovijah kontaktnogo vzryva i zakona sžimaemosti porod pri vysokih davlennijah.
4. Rodionov, V. N., Romašov, A. N., Šamin, V. M., 1959: K voprosu ob ustrojstvii podzemnyh skladov.
5. Doržinkevič, I. B., Livočko, E. G., Sova, I. Ja., 1970: Novye podzemnye rashodnye sklady dlja rudnikov černoj i cvetnoj metallurgii.
6. Mitrović, D., 1970: Antiseizmičko miniranje u Ljubiji.
7. Bralić, J., Mitrović, D., Milanović, P., 1969: Dejstvo eksplozije na podzemne zaštitne objekte sa aspekta mehanike stena.
8. Pokrovskij, G. I., Fedorov, I. S., 1957: Dejstvie udara i vzryva v deformirovaemyh sredah.

* Dipl. ing. Jevto Bralić, viši stručni saradnik Zavoda za površinsku i podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina Rudarskog instituta — Beograd.

Nevarnosti in bistveni varstveni ukrepi pri jamskih raziskovalnih delih v ležiščih uranovih rud

(z 2 slike)

Dipl. ing. Franc Legat

Razmatraju se kompleksne opasnosti kojima su izloženi rudarski radnici pri istraživanju radioaktivnih uranovih ležišta i mere za održavanje kvarcne prašine u jamskom vazduhu u dozvoljenim granicama.

Glavne karakteristike uranovega ležišča

Rudna telesa uranove rude so v sedimentno epigenetskem ležišču Žirovskega vrha deponirana v sivih grōdenskih kremenovih peščenjakih v obliki paketov najrazličnejših oblik in dimenzij. Rudni paketi, ki so naloženi v grōdenskih peščenjakih pretežno paralelno z njihovo slojevitostjo so razmeroma majhnih dimenzij in pogostokrat razporejeni drug nad drugim. Rudna telesa so običajno v smeri širjenja rudišča bolj razpotegnjeni kot v smeri padnice.

Primarno je od uranovih rud razvita v rudnih telesih uranova smolna ruda (»pehblenda«). Ta je razstresena v cementni maderiji sivih kremenastih peščenjakov, sestavljenih pretežno iz kremenovih zrc. Vsebina urana v rudi nŕha v širokih mejah in se hitro spreminja po smeri, padnici in debelini rudnega telesa. »Pehblendo« spremljajo razne sulfidne mineralizacije.

Tektonska gradnja in struktura nariva paleozojskega rudnoga ležišča sta zelo komplicirani.

Klasifikacija nevarnosti in najvaŕnejših ukrepov za zašŕito zdravja delavcev, ki so izpostavljeni pri delih v uranskih rudnikih

Pri rudarjenju v radioaktivnih rudnih ležiščih v hribinah, sestavljenih pretežno iz kremenastih zrc, je zdravje izpostavljenih rudarjev močno ogroŕeno zaradi stalne prisotnosti:

— zunajega ionizirajočega sevanja mnogih radioaktivnih izvorov, ki izhaja iz sten rudarskih objektov, pridobljene izkoppnine in vodnih izvorov;

— plina radona v dihalni atmosferi delovišŕ, ki difundira iz radioaktivnega materiala iz sten rudarskih objektov, pridobljene izkoppnine in vodnih izvorov;

— prašnatih radioaktivnih kratkoŕivečih delcev v dihalni klimi jame, ki nastajajo pri razpadu radona v jamski atmosferi;

— drugih radioaktivnih prašnih delcev, ki vstopajo v klimo delovišŕ vsled drobljenja rudnih mas in hribin v procesih njihovega pridobivanja in bogatenja in

— agresivnega kremenastega prahu.

Dolgotrajno izpostavljenje rudarjev energetskim tokovom ionizirajočih sevanj in dolgotrajno inhaliranje najrazličnejših radioaktivnih prašnatih delcev in radona skupno s kremenastimi delci, povzroča v njihovih organih in pljuŕih najrazličnejše teŕke okvare, v kolikor te doze prekoraŕujejo dovoljene meje (maksimalno dopustne doze MDD in koncentracije MDK).

Poleg teh nevarnosti, katerim so izpostavljeni v jami in predolovalnici zaposleni delavci, obstojajo tudi nevarnosti za populacijo okolja rudnika vsled širjenja radioaktivnega materiala v biosfero z

— odlaganjem trdnih radioaktivnih izkoppnin na deponijah rude in jalovišŕih sterilnega materiala jame in predelovalnice,

— spuščanjem jamskih vod in drugih odplak v javne potoke in

— z izstrošenim jamskim zrakom in zrakom predelovalnih obratov v atmosfero.

Za uspešno varovanje zdravja rudarjev pred temi kompleksnimi nevarnostmi je nujno potrebno, da se omejijo zgoraj navedene nevarnosti:

— z izvajanjem vseh jamskih raziskovalnih, odpiralnih in eksploatacijskih del v taki rudarski tehniki, ki omejuje nastajanje tega sevanja in prehajanje radioaktivnih in kremenastih delcev v atmosfero delovišča

— z močnejšim pretočnim prezračevanjem jame in smoternim usmerjanjem in kontrolo učinkov separatnih prezračevalnih naprav, ki morajo biti take konstrukcije, da se sveži zrak dovaja na delovišča brez recirkulacije izstrošenega,

— z organizirano kontrolno službo stopnje ogroženosti delavcev po deloviščih, ki so izpostavljeni energiji zunanjega in notranjega sevanja vsled vdihavanja radioaktivnih in kremenastih prašnih delcev in z takojšnjimi organiziranimi varstvenimi ukrepi v slučajih prekoračitev MDD in MDK teh snovi v zraku,

— z organizirano kontrolno službo stopnje kontaminacije sanitarij, delovnih naprav, pribora in osebne varstvene opreme,

— z organizirano zdravstveno kontrolno službo stopnje kontaminacije delavcev izpostavljenih kompleksnim učinkom zunanjega in notranjega ionizirajočega sevanja in agresivnega kremenastega prahu in

— z organizirano kontrolno službo kontaminacije biosfere neposrednega okolja rudnika.

Nevarnosti in najvažnejši varnostni ukrepi pred ionizirajočimi učinki zunanjega in notranjega sevanja

Izpostavljenost zunanjim sevanjem

Rudarji, ki delajo v uranskih rudnikih so izpostavljeni poleg zgoraj opisanim internim učinkom sevanja radona in potomcev, tudi

zelo probojnim učinkom ionizirajočih gama sevanj. Ti žarki sevajo iz vseh radionuklidov uranove serije, ki so vsebovani v uranovi rudi in prihrabinah.

Učinek raznih vrst ionizirajočega sevanja je ionizacija biološkega medija, na katerega sevanje vpliva. V živčnem tkivu sproži to sevanje niz reakcij. Okvare obsevanih celic so tem močnejše čim večja je energija in čas tega obsevanja.

Energijo sevanja se meri v Rentgenih (= r) in remih (= rem). En rentgen gama sevanja povzroči v mehkem tkivu tvorbo $1,62 \times 10^{12}$ ionskih parov na gram tkiva kar ustreza energiji 83 ergov. En rem »rentgen ekvivalent-man« pa je doza kateregakoli žarkovja (alfa, beta gama in X), ki povzroča enak biološki učinek kot en rentgen.

Pri stalnem vplivu so količine nad 0,1 r na dan že škodljive; doze 0,3 r odnosno 0,015 r alfa sevanja pa se smatrajo kot tedenske tolerančne doze. Pri difuznem obsevanju celega telesa je srednja latentna doza za večino živali 500 r.

Biološki učinki sevanja na celice so v glavnem odvisni od količine absorbirane energije in od občutljivosti tkiva. Najbolj občutljive so kostni mozeg, spolne žleze, kapilaro ožilje in limfna tkiva.

Radioaktivni elementi lahko učinkujejo na telo iz okolice z gama in beta žarki tem bolj toksično, čim večja je njihova aktivnost in čas obsevanja. Radiotoksičnost je mnogo nevarnejša če pride radioaktivna snov v telo z vdihavanjem v pljuča in s hrano v prebavila.

Ker se rudarska raziskovalna dela vršijo zaenkrat še v slabo kontaminiranih hribinah izven uranovega ležišča, ki ne izkazujejo visokih radioaktivnosti, so tudi jakosti ionizirajočega sevanja razmerom nizke (0,2 do 0,3 mr/h). Tem jakostim so tudi enakovredni letni učinki oziroma letno sprejete doze rudarjec (od 0,4 do 0,6 r). V tej vzemi navajam tudi podatek, ki ga podaja Radovanović v (8), da je za večino prebivalstva SFRJ najverjetnejša jakost ekspozicijske doze naravnega fona gama sevanja 13 mikrorentgenov na uro t. j. cca 0,11 r/leto.

Približne procentualne odnose med jakostjo teh doz na jamskih deloviščih in koncentracijo urana v rudi navaja Pradel v svojem delu (5) kot sledi:

Koncentracija urana v rudi	%	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	5
Jakost doze mr/h		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5	25

Smatra se, kot navajajo naši predpisi v (3/2), da lahko odrasli človek letno prejme dozo 5 remov, vendar se priporoča da tromesečne doze v $13 \times 42 = 546$ urah sevanja na celo telo ne prekoračijo vrednosti treh remov.

Iz tega dejstva in podatkov, ki jih navaja Pradel v svojem delu (5) v zgornji tabeli sledi, da nastopijo pri jamskih delih na rudarskih deloviščih prog za rudarje nevarnosti tega sevanja šele takrat, ko preseže stopnja mineralizacije odnosno vsebnost urana vrednost 0,5‰-a.

Za kontrolo ekspozicijskih doz, ki jih sprejmejo poedini rudarji izpostavljeni tem ionizirajočim sevanjem na jamskim deloviščih tekom meseca, uporabljajo isti posebne filmske značke, ki jih nosijo stalno priprete v posebnih kasetah na delovnih oblekah. Ti filmi se mesečno razvijajo, rezultati pa registrirajo na osebnih kartonih in mesečno seštevajo.

Jakosti sevanja hribin v katerih se rudari se merijo rutinsko s posebnimi monitorji z Geiger Müllerjevimi cevmi in števci. Te meritve se vršijo v direktnem kontaktu s hribino. Rezultati teh meritev, ki nihajo v širokih mejah, se uporabljajo tudi za določevanje stopnje mineralizacije hribine.

Če se gibljejo jakosti sevanja na mestih, kjer delavci delajo v mejah med 7,5 do 75 mr/ha se mora čas dela na takih deloviščih omejiti po predpisih (3/2) samo na tolikšni čas, da tedensko sprejeta doza ne preseže 100 mr. Delo na deloviščih pri jakostih sevanja nad 75 mr/h pa je prepovedano.

V tej zvezi navajam tudi, da znaša po navodilih Reiner Trommer-ja (7) jakost doze 1 mg radija v razdalji 1 centimetra 8,4 r/h.

Izpostavljenost plinu radona

Med radioaktivnimi elementi družine urana, ki se pojavljajo v uranovih rudah v ravnotežju je radon edini plin. Ta plin, ki je radioaktivni alfa emiter s polčasom razpada 3,87 dni nastaja pri razpadanju jeder radija 226. Pri normalnih temperaturah in pritiskih je to gost, težek inertni plin.

Ta plin je akumuliran v porah in razpokah uranovih rud in njihovih prihrbin. Pri

rudarjenju v teh hribinah to je pri njihovem pridobivanju odnosno rahljanju, ta plin difundira iz sten in iz odstreljene izkopsnine v odprte jamske prostore. Prav tako izstopa mnogo tega plina v te prostore tudi iz radioaktivnih izvorov jamskih vod. Količine plina, ki so akumulirane v hribinah, nihajo soglasno z spremembami vsebnosti radioaktivnih snovi in v odvisnosti od fizikalnih lastnosti teh hribin. Največje količine tega plina vstopajo v jamske prostore takoj po odstrelitvi bogatejših rudnih teles.

Hitrost difundiranja radona iz normalnih tal zemeljske površine je izmerjena v vrednosti 1 pCi/cm² površine tal (9), kot navaja v svojem delu Roblay D. Evans. V uranskih rudnikih pa narastejo te hitrosti po odstrelitvi rude na 1000 in večkratne vrednosti.

Radiološka zaščita zaposlenih rudarjev, ki so izpostavljeni temu plinu pri dihanju jamske klime zahteva, da njegova koncentracija v zraku ne preseže dovoljene meje (= MDK). Ta je določena v naših standardih v višini 3×10^{-7} mikroCi/cm³ zraka (= 300 pCi/liter) (3/3). Po standardih AEN (1) pa je ta koncentracija zmanjšana na 100 pCi/liter. Aktivnosti 300 pCi odgovarja koncentracija $3 \times 6,5 \times 10^{-16}$ g radona v litru zraka (9).

Pri dihanju prihaja ta plin v pljuča rudarjev; od tu pride gotov del, ki se ne izdiha, skozi stene bronhij in alveol v kri, se s krvjo transportira po celem telesu, kjer se zaradi močne afinitete do kostnega mozga v njem deponira in akumulira in tam z sevanjem razpada v svoje potomce. Te snovi povzročajo v tem občutljivem krvotvornem organu skozi vse življenje zaradi njihovega počasnega izločanja iz organizma z sevanjem, močne okvare kostnega mozga. Nekaj tega plina razpade že v samih pljučih v kratkožive potomce, kjer se fiksirajo kot trajni emiterji.

Najuspešnejša zaščita temu plinu izpostavljenih rudarjev je stalna kontrola klime in dobro prezračevanje delovišč.

Če pa vstopa ta plin tudi iz starih del ali kontaminiranih vodnih izvorov ali odpadlih jamskih vod v glavno prezračevalne tokove sveže zračne struje, je potrebno z meritvami ugotavljati količinske vplive teh radioaktivnih izvorov na stopnjo kontaminacije jamske klime in po potrebi stara jamska dela, vodne izvore in odpadlo vodo izolirati od klime

jamskih delovišč. Skupna jamska voda v svojem protitoku z svežo vstopno zračno strujo, isto z radonom v danem obsegu rudarjenja le neznatno kontaminira v glavnem zato, ker so količine vode napram skupnim količinam v jamo vstopajočega zraka relativno majhne.

V kolikor pa se glavna sveža zračna struja močneje kontaminira vsled svojega pretoka preko močneje mineraliziranih con v glavnih obzornih progah, jo je treba od izvorov kontaminacije izolirati s posebnimi premazi iz plastičnih smol.

Posebno močno se kontaminirajo z radonom slabo prezračevana delovišča prog, v katerih nastopajo izdatni izvori radonononih vod; kaptaze takih izvorov so smoterne le, če ta dela ne predstavljajo večjih stroškov, kot so stroški za izboljšano prezračevanje.

Radiometrične meritve koncentracije tega plina se morajo vršiti v klimi vseh jamskih delovišč stalno in na sistematično razporejenih merilnih mestih vstopne in izstopne zračne struje jame periodično. Meritve se morajo vršiti obvezno tudi ob vsakem menjanju režima zračenja in tudi na vseh deloviščih ob vsakem menjanju mineraloškega sestava hribin v katerih se rudari. Prav tako se morajo vršiti te kontrole vsebnosti radona v vseh novih vodnih izvori.

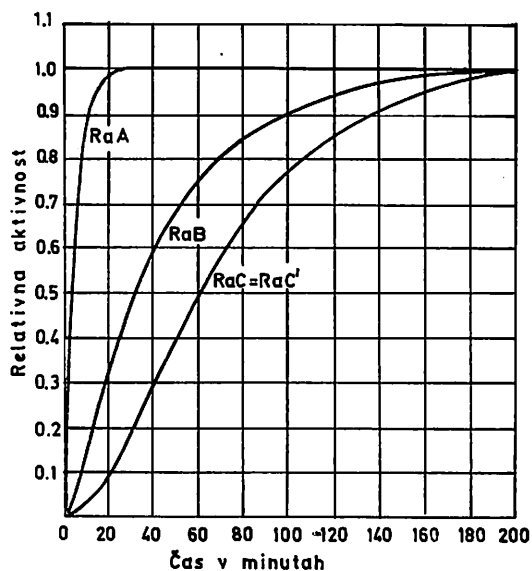
Izpostavljenost fino dispergiranim prašnim delcem radioaktivnih kratkoživih radonovih potomcev

Bolj kot prisotnost plina radona je za rudarje nevarna prisotnost radioaktivnih prašnih delcev kratkoživih razpadlih produktov radona v klimi jamske atmosfere. Ti se pojavljajo v zračnih tokovih jame in v zraku delovišč kot fino razpršeni radioaktivni prah molekularnih do koloidnih dimenzij; ta se običajno prelepi na aerosole drugih prešnatih delcev in-lebdi v zraku. Ti delci se z inhaliranjem zraka vnašajo v pljuča, kjer se od zraka odfiltrirajo, akumulirajo in fiksirajo kot močno aktivni stalni izvori sevanja. Od tod se raznesejo s krvjo tudi po celem telesu, kjer se z resorbicijo deponirajo v različnih lokacijah organizma.

Kot je razvidno iz podatkov (10) je cca 30%-ov rudarjev, ki so delali predvojno v čeških rudnikih urana po 10—30 letni izpostavljenosti koncentraciji cca 1000 pCi ra-

dioaktivnih snovi v litru dihalnega zraka umrlo zaradi rakastih poškodb pljuč.

Vsi neposredni kratkoživi potomci radona RaA, RaB, RaC in RaC', ki nastajo pri radioaktivnem razpadu radona, imajo kratek razpolovni čas (v katerem se število ra-



Sl. 1 — Naraščanje, aktivnosti in koncentracije R_{aA} , R_{aB} , in R_{aG} , v ozračju v odvisnosti od časa.

Abb. 1 — Anstieg der Aktivität und der Konzentration R_{aA} , R_{aB} , R_{aG} in der Luft in Abhängigkeit von der Zeit.

dioaktivnih jeder zmanjša na polovico). Njihova aktivnost in koncentracija v ozračju hitro naraščata posebno v klimi, ki se nadomešča prepočasi s svežo zračno strujo. Ravnotežno stanje iz prvotno čiste zmesi 100 pCi radona in zraka se vzpostavi že po treh urah, ko se aktivnosti nastalih potomcev izenačijo z aktivnostjo radona kot je to prikazano na sliki 1.

Naši predpisi ne određujejo dovoljenih koncentracij teh snovi v dihalnem zraku; te vrednosti so određene le posredno z MDK 300 pCi radona v litru zraka.

Amerikanski predpisi navedeni pod (2) predpisujejo dovoljeno koncentracijo kratkoživih potomcev radona v litru zraka v vrednosti kakršnekoli zmesi RaA, RaB, RaC in RaC', katerih skupna energija alfa sevanja ne prekorači $1,3 \times 10^5$ MeV. Merska enota te enote v tej vrednosti je 1 WL (= Working Level).

Vrednost parametrov te enote so prikazani v naslednjem tabelarnem prikazu:

Simbol kratko živega elementa	Vrsta sevanja	Energija sevanja MeV/atom	N ^{*1)}	Skupna energija sevanja do razpada	
				enega atoma MeV	vseh atomov 10 ⁵ MeV/100 pCi
RaA	alfa	6,00	977	13,68	0,134
RaB	beta, gama	—	8580	7,68	0,659
RaC	beta, gama	—	6310	7,68	0,485
RaC'	alfa	7,68	0,001	7,68	0,000
Skupaj					1,278

*1) N = število atomov v ravnotežju z 100 pCi (= 1,77 × 10⁶) atomov radona.

Koncentracije teh snovi se ugotvljajo z meritvami njihovih aktivnosti na filterih po odfiltriranju določene količine dihalnega zraka.

Na rudnikih se vodi individualna evidenca stopnje mesečne kontaminacije pljuč vseh delavcev, ki delajo v ozračju kontaminiranih delovišč v jami in na površini z arhiviranjem vseh tozadevnih dokaznih listih o meritvah kontaminacije teh snovi in obračunov stopnje kontaminacije poedincev. Tako obračunane mesečno inhalirane količine se štejeajo v kumulativno sprejete doze, ki se registrirajo v osebnih dokumentih poedincev. Te ne smejo prekoračiti mesečnih, tromesečnih, letnih dovoljenih doz. V slučajih, ko poedinci prekoračijo dovoljene meje morajo odrotirati iz kontaminiranih na nekontaminirana delovišča.

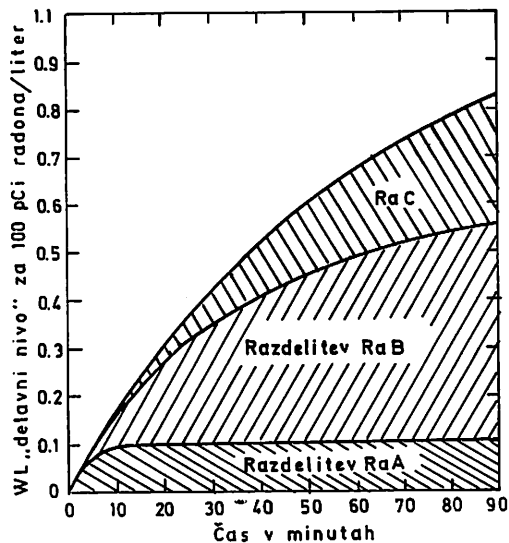
Z zadostno natančnostjo moremo izračunati po podatkih, ki jih navaja Robley v svojem delu (9) naraščanje teh snovi v klimi delovišč v WL enotah iz prvotno (t = 0) 100 pCi svežega radona v litru zraka v odvisnosti od časa (t = min), po sledeči izkustveni formuli:

$$WL = 0,023 \times t^{0,85}$$

Za ocenejevanje naraščanja vsebine teh snovi v WL enotah iz prvotne zmesi 100 pCi radona v litru zraka (t = 0) v odvisnosti od časa, se poslužujemo diagrama v sliki 2,

ki ga navaja Robley v svojem delu (9). Kot je iz tega diagrama razvidno naraste koncentracija teh snovi v zraku v 20 minutah na 0,3 WL, v 60 minutah pa skoraj na 0,7 WL.

Zato je potrebno posvečati omejevanju nastajanja teh snovi v ozračju delovišč največjo pozornost. Omejevanje nastajanja teh



Sl. 2 — Naraščanje vsebine R_{aA} , R_{aB} , R_{aC} v ozračju v odvisnosti od dveh ur.

Abb. 2 — Anstieg der Menge R_{aA} , R_{aB} , R_{aC} in der Atmosphäre in Abhängigkeit von 2 Uhren.

snovi je najuspešnejše s hitrim odvajanjem vse z radonom kontaminirane klime delovišč direktno v izstopno zračno strujo, brez njene kakršnekoli recirkulacije na delovišče.

Zato je tudi tveganje izstopanja v napreževane jamske prostore zgrajene v radioaktivnih jamskih telesih po treh urah znatno večje, ker se že v tem času uravnovesijo aktivnosti radona s aktivnostmi njegovih kratkoživih potomcev in ker so ionizirajoči učinki teh inhaliranih delcev alfa emitterjev v direktnem kontaktu s tkivom pljuč, kot to navaja članek (10), dvajsetkrat večji od učinkov enake aktivnosti čistega radona.

Izpostavljenost drugim radioaktivnim prašnim delcem

Pehblenda U_3O_8 , ki nastopa v rudnem ležišču Žirovskega vrha je ohranila svojo radioaktivnost od začetka zgodovine našega vesoljstva do danes vsled dolgega razpolovnega

časa ($4,5 \times 10^9$ let). Vsebuje 99,27% naravnega urana $^{92}\text{U}^{238}$ in 0,73% cepljivega izotopa $^{92}\text{U}^{235}$ z razpolovnim časom $8,5 \times 10^8$ let. Iz naravnega urana nastajajo še danes s spontanim radioaktivnim razpadom s sevanjem lahkih delcev radioaktivni elementi uran-radijeve družine katere začetnik je $^{90}\text{U}^{238}$ in zadnji stabilni element $^{82}\text{Pb}^{206}$. Pri tem počasnem procesu razpadanja nastaja iz njega skupaj 8 alfa in 6 beta emiterjev, z relativno nizko energijo sevanja (nekaj MaV).

Kot peti razpadli produkt nastopa v tej družini radij z razpolovnim časom 1620 let, kot šesti pa plin radon. Iz njega nastajajo pri razpadu kratkoživi radonovi potomci, vsak od teh ima razpolovni čas krajši od 30 minut.

Vsi radioaktivni elementi družine so v ravnotežju t. j. aktivnost vsakega člana družine je enaka aktivnosti najdaljše živega člana v družini ($= ^{92}\text{U}^{238}$). Zato mora biti razmerje med masami teh članov družine v razidi v linearnem odnosu z njih razpolovnimi časi.

Razpad vseh radioaktivnih atomov se vrši po znani eksponencialni funkciji $N = N_0 \cdot e^{-\lambda T}$, odnosno $A = A_0 \cdot e^{-\lambda T}$. Ta formula odreja odnose med začetnim ($= N_0$) in končnim ($= N$) številom atomov, ki sevajo, odnosno med začetno ($= A_0$) in končno ($= A$) aktivnostjo v odvisnosti od časa ($= t$) in razpolovnega časa ($= T$).

Vsebina radioaktivne uranove rude (U_3O_8) v ležišču niha v širokih mejah od 300—15000 gr/tono. Za primerjavo navajam tudi povprečno vsebnost urana, ki ga navaja Fizika: Fischer Lexikon izdaja 1967, v eruptivnih hribinah z cca 2 gr/tono ($= 2$ ppm), v 1 qkm zemeljske površine do globine 1 metra z 0,3—3 tone ($= 0,1$ —1 Ci Ra), in v 1 km³ morske vode z 0,3 tone naravnega urana.

Pri pridobivanju rudnih mas z drobilnimi tehnološkimi procesi vstopa mnogo teh kompleksno radioaktivnih prašnih delcev v atmosfero delovišč in zračnih tokov, ki skupno z vsemi drugimi prašnimi delci okužuje dihalno atmosfero. V naših predpisih navedenih v (3/3) je predpisana MDK naravnega urana v zraku 6×10^{-2} pCi, za Ra^{226} pa 3×10^{-2} pCi v litru zraka.

Varstveni ukrepi za vzdrževanje koncentracije teh prašnih delcev v dihalni atmosferi v dovoljenih mejah so praktično isti,

kot so za druge snovi. Identifikacije in meritve teh delcev v ozračju vršijo po posebnih postopkih strokovnjaki Inštituta Jožef Stefan.

Izpostavljenost agresivnemu kremenastemu prahu

Nevarnosti za zdravje rudarjev, ki delajo v uranovih rudnikih pa se še povečajo vsled singeneze agresivnih kremenastih delcev z drugimi radioaktivnimi prašnimi delci v jamski atmosferi. Med vsemi temi zrnici je visok procent agresivnih frakcij dimenzij od 0,2 do 5 mikrometra, ki se pri dihanju radi vsedajo v alveole in bronhije pljuč, kjer povzročajo razne patološke okvare. Te so tem večje, čim večje so vdihane količine prahu. Zrna frakcij prahu dimenzij nad 5 mikrometrov se v pretežni meri pri dihanju odfiltrirajo v nosni sluznici, zrna manjša od 0,2 mikrometra pa se v pretežni meri po vdihu izdihnejo, ker težko sedimentirajo.

Maksimalne dovoljene koncentracije teh agresivnih snovi v atmosferi delovišč, ki so predpisane v JUS-ih za prah z več kot 50% prostega kremenca v višini 175 delcev/cm³ zraka v predpisih navedenih v (3/1), je mogoče vzdrževati le z doslednim omejevanjem nastajanja prahu pri vseh procesih rahljanja hribin in izkopnin z vsemi možnimi sredstvi na izvorih nastanka in z dovajanjem dovoljnih količin svežega zraka neposredno na delovišča kjer ta nastaja.

Zaščita kontaminacije biosfere

Varstvo prostorov na površini, ki služijo za deponije pridobljene radioaktivne rude in kot odlagališča radioaktivne jalovine pridobljene z rudarskimi jamskimi deli in v napravah za bogatenje, pred prekomerno kontaminacijo, izvajamo po določilih pravilnika navedenega v (3/6), kjer so navedeni tudi kriteriji po katerih se opredeljuje material kot radioaktiven odpadli material, ki spada pod kontrolo.

Varstvo javnega potoka, ki teče mimo rudnika pa izvajamo po določilih pravilnikov navedenih v (3/8) in (3/9), kjer so tudi navedene zgornje meje koncentracije teh snovi do katerih smemo onesnažiti ta potok z beta in gama emiterji ($= 10$ pCi/lit), z alfa emiterji ($= 1$ pCi/liter) in z Ra^{226} ($= 4$ pCi/liter) in z sistematično organiziranimi občasnimi meritvami specifičnih aktivnostih vseh voda, ki ogrožajo ta potok.

Kontaminacije okolja rudnika z prenašanjem prašnih delcev z rudarji pa omejujemo z posebnim redom v prostorsko ločeni beli in črni garderobi, z obvezno uporabo posebnega spodnjega perila za delo v jami, z obveznim kopanjem po delu in z organiziranim vzdrževanjem vseh sanitarnih prostorov in osebnih varstvenih sredstev. Kontrolne meritve kontaminacije oseb, sanitarnih prostorov, osebnih varstvenih sredstev pa vršijo strokovnjaki odseka za zaščito pred ionizirajočimi sevanji Instituta Jožef Stefan na osnovi pravilnika navedenega v (3/4).

Posebna tehnika rudarjenja

Ker se vršijo jamska raziskovalna dela ležišč uranove rude v začetni fazi vsled dolžine rudarskih del običajno še z slabo učinkovitimi dolgimi separatnimi prazračevalnimi napravami, mora biti lokacija večine raziskovalnih del izbrana tako, da potekajo čim manj v mineraliziranih conah in sama raziskovalna dela rudnih teles izvajana v pretežni meri z jamskimi raziskovalnimi vrtinami zato, da se klima jame v najmanjši meri kontaminira z radioaktivnimi snovmi. Prav tako se morajo izvajati vsa vrtalna raziskovalna dela, ki so vsled neregularnega pojavljanja malih rudnih teles zelo obsežna z modernimi vrtalnimi stroji, po najhitrejših in ceneni tehnoloških postopkih brez jedrovanja in gradnje komor za postavljanje vrtalnih garnitur. Prav tako je potrebno rudarska raziskovalna dela graditi že sedaj v takih izvedbah in lokacijah, da jih bo mogoče pri eventualni bodoči eksploataciji ležišča v čim večji meri uporabiti kot odpiralne objekte.

Odpiralni objekti v poedinih odkopnih poljih odnosno rudnih blokih morajo biti projektirani tako, da so po čimkrajši poti povezani s pretočnimi prezračevalnimi komunikacijami zgornjih obzorij; vsako odkopno polje mora biti tudi posebej povezano s pretočnimi prezračevalnimi komunikacijami za dovod svežega zraka v jamo zato, da se ne vodi kontaminiranega zraka v seriji z enega v drugo polje.

Tehniko odkopavanja rudnih teles v paketu je treba usmerjati v poedinih odkopnih poljih v smeri od zgoraj navzdol in od meje proti prijemališčem — to je v smeri od meje polja proti odpiralnim prijemališčem — zato, da se sveža vstopna prezračevalna struja preveč ne kontaminira pred

vstopom na pripravljalna in odkopna delovišča polja, s preходом preko starih del.

Pridobivanje rudnih mas na odkopih z odstreljevanjem je treba v svrhu zmanjšanja obsega jalovinskih del vršiti selektivno t. j. po posebej projektirani vrtalni shemi pred vsakim novim odstavkom odstreljevanja. To shemo je treba sestavljati na osnovi rezultatov predhodno in istočasno z vrtnjem vršenih radiometričnih izmer energije sevanja sten in vrtin delovišča.

Pridobivanje rudnih mas na odkopih in pripravah je treba vršiti v takih postopkih, ki nastali prah kar najbolj deprimirajo in izolirajo od jamske atmosfere.

Odstreljevanje bogatejše rude na odkopih se mora vršiti na koncu izmene zato, da se iz odstreljene rude odvede s prezračevalnimi napravami čimveč radona v času, ko ni delavcev na delovišču.

Odvoz razsute rude z jamskimi vozički površino se mora vršiti s kratkimi časi deponiranja v sipkah, na odkopnih deloviščih in navoziščih glavnih prevoznih horizontov.

Ozračje rudarskih delovišč v mineraliziranih predelih ležišča se mora vzdrževati v predpisanih mejah le, če se vsa taka delovišča prezračujejo mehanično tako, da se sveži zrak dovaja neposredno na delovišče kjer delavci delajo in s tako intenziteto, da v nobenem delu v odprtem profilu proge ne pade hitrost pod vrednost 15 cm/s. Če pa hitrost difundiranja radona iz sten jamskih delovišč prekoračuje vrednost $3,5 \times 10^6$ atomov/min se mora izvršiti kompletna izmenjava zraka vsaj v 4 minutah.

Kontrolne meritve koncentracije radona v ozračju delovišč in zračnih tokov v jami vršimo v lastni režiji z števnim instrumentarjem in scintilacijskimi celicami IJ Stefan po določenih internega pravilnika.

Specialne kontrolne meritve koncentracije vseh drugih radioaktivnih prašnih delcev v jamski atmosferi, specifične aktivnosti vodnih izvorov in pretokov in stopnje kontaminacije vseh elementov biosfere okolja rudnika pa nam vršijo strokovnjaki odseka za zaščito pred ionizirajočimi sevanji IJ Stefan.

Zdravstvena kontrola stopnje kontaminacije izpostavljenih delavcev

Vsi delavci, ki so izpostavljeni tem snovem in sevanjem so po pravilniku navedenim v (3/5) pod stalnim specialnim zdravniš-

kim nadzorom. Po določenih istega pravilnika se pregledajo tudi delavci, ki se na novo zaposlijo pri teh delih in vsi delavci ki zapustijo ta dela. Delavcem, ki se po lastni krivdi v roku ne udeležijo obveznega zdravniškega pregleda je delo v kontaminiranih delovnih onemogočeno in prepovedano. Zdravniška priporočila glede potrebnih zdravstvenih ukrepov za poedince so za podjetje, ki vodi ta dela obvezna.

Zaključek

Ker naši rudarski predpisi po katerih vršimo jamska raziskovalna dela v uranovem ležišču ne vsebujejo varstvenih ukrepov pred ionizirajočimi sevanji, izvajamo varstvo pri teh delih le na osnovi določil internih pravilnikov, ki smo jih sestavili na osnovi določil pri nas veljavnih splošnih predpisov in izkustev drugih držav, ki te rude že dalj časa eksploatirajo.

Ker pa se v teh državah varstveni kriteriji, ki regulirajo delovne pogoje v teh jamah stalno poostrujejo, se zato v tem članku tudi opozarjajo naši zato merodajni organi, da čim preje pristopijo k organizaciji izdelave ustreznih dopolnitev naših rudarskih predpisov.

KRATAK IZVOD

Članek tretira kompleksne opasnosti kojima su izloženi rudari, koji obavljaju jamske istražne radove u ležištu radioaktivnih uranskih ruda u prisustvu najrazličitijih izvora zračenja koje emituju ove rude i agresivne kvarcne prašine kao i najvažnije tehničke i sigurnosne mere za održavanje koncentracije ovih materija u udisajnom vazduhu u dozvoljenim granicama.

ZUSAMMENFASSUNG

Gefahren und wesentliche Sicherheitsmassnahmen bei Grubenuntersuchungsarbeiten in den Uranerzlagerstätten

Dipl. Ing. F. Legat*)

In dem Artikel werden komplexe Gefahren, denen Bergarbeiter, die Untersuchungsarbeiten in den radioaktiven Uranerzlagerstätten in Anwesenheit verschiedenster aus den Erzen austretenden Strahlungen ausführen, ausgesetzt sind und Sicherheitsmassnahmen zur Erhaltung des Quarzstaubes in zulässigen Grenzen in der Grubenluft, behandelt.

Literatura

1. Agence européenne pour l'énergie nucléaire (= AEN). Normes de base pour la protection contre les radiations (Edition révisée 1968).
2. American Standards Association, october 3, 1960. American Standard, Radiation Protection in Uranium Mines and Mills.
3. Jugoslovenski predpisi:
 - 3/1 Propisi o tehničkim merama zaštite na radu pri rudarskim podzemnim radovima (Sl. l. SFRJ 35/67),
 - 3/2 Pravilnik o dopuštenim dozama ionizirajućih zračenja kojim mogu biti izložene osobe, koje rade sa izvorima tih zračenja (Sl. list SFRJ 31/65),
 - 3/3 Pravilnik o stavljanju u promet i korištenju radioaktivnih materija iznad određene granice aktivnosti i o merama zaštite od zračenja ovih izvora (Sl. l. SFRJ 31/65).
 - 3/4 Pravilnik o občasnim merjenjima in preverjanju kontaminacije stvari in ljudi in o preverjanju brezhibnosti merilnih instrumentov in varnostnih sredstev (Sl. l. SFRJ 52/69).

*) Dipl. ing. Franc Legat, Geološki zavod — Ljubljana.

- 3/5 Pravilnik o zdravstvenih pregledih in zdravstvenih pogojih oseb ki delajo z izvori ionizirajočih sevanj (Sl. l. SFRJ 31/65).
- 3/6 Pravilnik o načinu in pogojih za spravljaje in hrambo radioaktivnih odpadkov (Sl. l. SFRJ 1/70).
- 3/7 Pravilnik o prenašanju radioaktivnih snovi pri katerih aktivnost presega določeno jemo (Sl. l. SFRJ 1/70).
- 3/8 Pravilnik o nevarnih snoveh, ki se smejo spuščati v vode iz katerih se zajema pitna voda (Sl. l. SFRJ 3/66).
- 3/9 Pravilnik o higijensko tehničnih ukrepah za zaščito pitne vode (Sl. l. SFRJ 44/60).
4. Omaljev V.: Nuklearna energija 3/65 — Ležište uranijuma Žirovski vrh.
5. Pradel J.: Les problèmes de sécurité particuliers aux mines d'uranium.
6. Peterlin A.: Radioaktivnost, IJS Ljubljana, 1956.
7. Reiner Trommer: Die quantitative Auswertung von gamma Borloch Messungen.
8. Radovanović: Nivo prirodnog gama fona u većim gradovima SFRJ.
9. Robley D. Evans: Engineers' guide to the elementary behavior of radon daughters. — Health Physics Pergamon Press, 1969.
10. Us-departement of health and welfare Washington, Control of radon and daughters in uranium mines and calculation on biologic effects.

Gasno — hromatografsko određivanje metana i homologa u rudničkom vazduhu korišćenjem plameno — jonizacionog detektora

(sa 3 slike)

Dipl. hem. Jovan Đuković

U praksi i za potrebe naučno-istraživačkog rada, naročito za određivanje realne granice eksplozivnosti, pored metana moraju se odrediti i pojedini ugljovodonici. Za rešenje ovog problema najbolje rezultate dala je gasna hromatografija, kao jedna od najosetljivijih metoda. Iznose se rezultati ispitivanja ugljovodonika u nekim rudnicima.

Metan, a u manjoj količini i ostali laki ugljovodonici, često se pojavljuju u rudničkom vazduhu. Pojava i količina ovih gasova zavise od vrste ležišta rudnika i od fizičko-hemijskih uslova koji utiču ili su uticali na njihov nastanak. Metan se pojavljuje u ležištima uglja, kao i u svim vrstama bituminoznih stijena, u ležištima bakarnih škrljaca i gipsa, u rudnicima kalijumovih soli kao i u blizini mineralnih vrela (1). Metan (rudnički gas) je gas bez boje, ukusa i mirisa. Nije otrovan, ali je zagušljiv jer smanjuje procenat kiseonika u vazduhu.

Poznato je da metan zbog svoje lake zapaljivosti stvara eksplozivne smješe izazivajući na taj način velika razaranja u rudnicima. Granica eksplozivnosti metana u vazduhu se kreće od 5—15%, što zavisi od kretanja vazduha, temperature, samozapaljivosti agensa i vremena njegovog djelovanja, pritiska pod kojim se nalazi gasna smješa i od sastava smješe (2). Iz tih razloga se vrši stalna kontrola sadržaja metana u rudničkom vazduhu. S druge strane, poznato je da homolozi metana grade eksplozivne smje-

še pri nižim koncentracijama (1, 3) i da se pojavljuju zajedno sa metanom u rudničkom vazduhu (34).

Za određivanje metana, odnosno skupa gasovitih ugljovodonika u rudničkom vazduhu, koriste se različite metode. Za brzo određivanje metana najčešće se koriste interferometri, čije se određivanje zasniva na interferenciji svjetlosnih zraka i na razlici u lomu svjetla u vazduhu i u smješi vazduha i metana (3). U praksi se koriste različiti tipovi interferometra. Za određivanje metana sve češće se koriste analizatori koji se temelje na električnom mjerenju razlike u toplinskoj provodljivosti vazduha i smješe metana i vazduha (pr. Gazoopreditelj GMT—3, IM—1) (3).

Automatski indikatori (pr. IM—2) (3) vrše određivanje metana na principu promjene otpora platinske niti pri sagorijevanju metana u uzorku rudničkog vazduha. Za određivanje metana se koriste i različiti tipovi infraanalizatora. Veoma često se za analizu metana u rudničkom vazduhu koristi Orsatov aparat. Drägerov indikator metana se

zasniva na principu mjerenja razlike pritiska određene zapremine smješe vazduha sa metanom i ostatka nakon spaljivanja metana (3). Za približno određivanje metana koristi se benzinska lampa (2, 3).

Poznato je da se kod nas za određivanje metana najčešće koriste Orsatov aparat i različiti tipovi interferometra. Karakteristika im je da su s jedne strane relativno neosjetljivi, a s druge strane, njima se određuje samo sadržaj metana, odnosno sadržaj ukupnih ugljovodonika.

Za praksu i istraživački rad je često neophodno odrediti pored metana i ostale gasovite ugljovodonike (na osnovu čega bi se odredila realna granica eksplozivnosti) i odrediti metan i homologe u ppm koncentracijama (istraživanje metanonosnosti jama kao i drugih pojava koje su povezane sa pojavom gasovitih ugljovodonika).

Sve ovo je nametnulo potrebu uvođenja jedne efikasne analitičke metode pomoću koje bi bilo moguće odrediti sadržaj svih pojedinih ugljovodoničnih komponenata u rudničkom vazduhu u koncentracijama koje se kreću od ppm do 100%. Cilj ovoga rada je razvijanje metodike koja će to omogućiti a koja će, ujedno biti prosta i neće zahtjevati mnogo vremena.

Za rješenje ovog problema najbolje rezultate je dala gasna hromatografija, koja se u zadnje vrijeme koristi za određivanje metana i homologa. Metoda se zasniva na razdvajanju komponenata na hromatografskoj koloni i identifikovanju razdvojenih komponenata pomoću podesnog detektorskog sistema. Metoda spada u grupu najosjetljivijih analitičkih metoda.

Primjena ove metode za određivanje metana u smješi sa anorganskim gasovima (4—21) ili u smješi sa drugim ugljovodonicima poznata je i od ranije (22—28, 30, 33). Na problemu određivanja metana i drugih gasovitih ugljovodonika u rudničkom vazduhu gasno-hromatografski uz korišćenje detektora termalne vodivosti radili su J. Muzyczuk (31) i J. Lee i dr. (18). Na istom problemu je radio i J. Janak sa saradnicima (32). J. Muzyczuk (31) kod rada koristi manje osjetljivi detektor termalne provodljivosti i vrši koncentraciju ugljovodoničnih komponenata prije ubacivanja u gasni hromato-

graf. J. Janak i dr. (32) za detekciju metana u rudničkom vazduhu koriste nedovoljno osjetljivi nitrometar.

Eksperimentalni dio

Sva gasno-hromatografska ispitivanja su izvršena na gasnom hromatografu Varian Aerograph Model 1860—3 koji je opremljen plameno-jonizacionim detektorom, detektorom termalne provodljivosti i automatskim linearnim programom temperature. Aparat je opremljen registratorom Varian Aerograph Model 20 i elektronskim digitalnim integratorom Varian Aerograph Model 477. Kao izvor vodonika je korišćen generator vodonika Elhygen R (Milton Roy Co., USA). Argon i vodonik su komercijalni proizvodi koji se drže u čeličnim bocama.

Za određivanje metana i njegovih homologa korišćen je plameno-jonizacioni detektor iz dva razloga. Ovaj detektor spada u grupu veoma osjetljivih detektorskih sistema pomoću koga je moguće registrovati i ppm. koncentracije pojedinih komponenata u uzorku (24). S druge strane, za razliku od detektora termalne provodljivosti, ovaj detektor je selektivan i registruje u gasu samo organske komponente. Usled toga ne dolazi do interferencije i preklapanja pikova komponenata koje su u velikim količinama u uzorku (N_2 , O_2) i komponenata metana i homologa. To omogućava da se kod malih koncentracija lakih ugljovodonika može u hromatografski sistem unijeti i veća količina uzorka (10 ml).

Razdvajanje metana i homologa je izvršeno na koloni dužine 2 m sa 4 mm promjera koja je punjena aluminijum oksidom (30/60 Mesh) na koji je nanoseno 7% (tež.) Corbowax 20 M. Aluminijum oksid, kao punilo kolone, za razdvajanje gasovitih ugljovodonika su koristili i drugi autori (24—27, 30). Najpovoljniji uslovi rada su bili slijedeći: temperatura kolone 60°C, protok gasa nosača (argona) 50 ml/min, temperatura detektora 200°C i temperatura injektora 150°C.

Pri ovim radnim uslovima razdvajanje gasovitih ugljovodonika je zadovoljavajuće.

Za određivanje retencionih vremena ugljovodonika i relativnih faktora odgovora detektora su kao standardi služili čisti gasovi i njihove smješe poznatog sastava. Za

određivanje relativnih faktora odgovora plameno-jonizacionog detektora za pojedine ugljovodonike je korišćena smješa ugljovodonika poznatog sastava (NGPA, Natural Gas Reference Standard, Phillips Petroleum Company, U. S. A.) Retenciona vremena i relativni faktori odgovora su navedeni u tablici 1.

Tablica 1

Retenciona vremena (min.) i relativni faktori odgovora nekih ugljovodonika

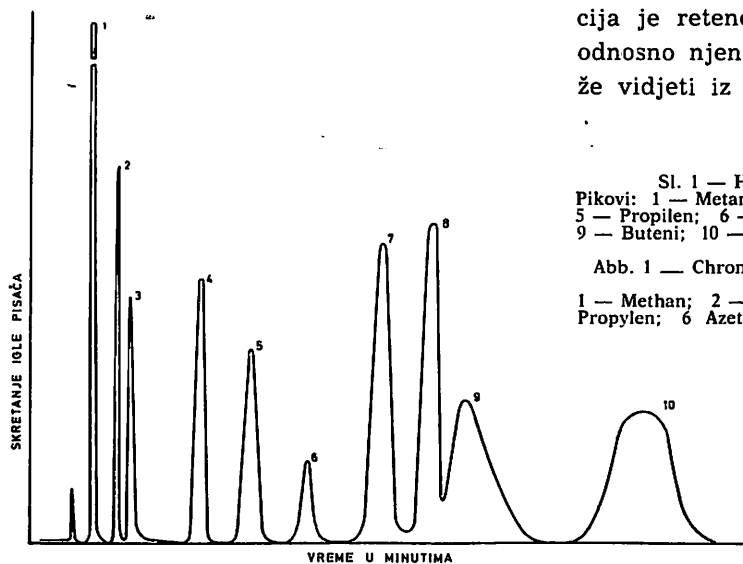
Redni broj	Komponenta	Apsolutno retenciono vrijeme	Relativno retenciono vrijeme	Relativni faktori odgovora*
1.	Metan	1,20	1,00	1,00
2.	Etan	2,64	2,20	1,30
3.	Etilen	3,36	2,80	1,39
4.	n-Propan	7,20	6,00	1,49
5.	Propilen	10,80	9,00	1,58
6.	Acetilen	13,20	11,00	1,60
7.	izo-Butan	17,52	14,16	1,67
8.	n-Butan	20,40	17,00	0,93
9.	Buteni	21,60	18,00	—
10.	Pentani	32,16	26,80	—

* Sa faktorom odgovora treba dijeliti površinu pika da bi se dobila prava vrijednost površine.

Karakterističan hromatogram koji se dobiva za smješu ugljovodonika, kod ranije navedenih radnih uslova, dat je na slici 1.

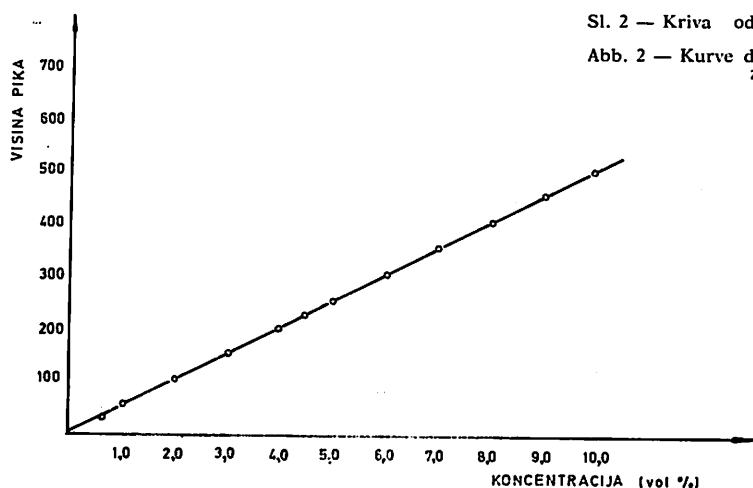
Pošto je metan komponenta koja se, u odnosu na druge ugljovodonike, javlja u najvećoj količini u rudničkom vazduhu a često i sam, određena je linearnost odgovora detektora za ovu komponentu u koncentracionom području do 10% (vol.). Do ovih koncentracija se metan najčešće pojavljuje u rudničkom vazduhu) mada u nekim slučajevima i u daleko većim koncentracijama). Rezultati ispitivanja pokazuju da detektor daje linearan odgovor za metan. To se može vidjeti ako se predstavi odnos koncentracije metana prema visini pika, na slici 2. Ovaj detektorski sistem daje linearne odgovore i za druge ugljovodonične komponente (27, 34).

Ispitana je donja granica osjetljivosti ovoga detektorskog sistema kod direktnog u bacivanja uzorka u gasni hromatograf (bez korišćenja prethodne koncentracije komponentata). Napravljene su sintetske smješe metan-argon, različitih, tačno određenih koncentracija. Dobiveni rezultati pokazuju da detektor može kvantitativno mjeriti količinu 0,000005% (vol.) metana kod unošenja na kolonu 10 ml uzorka. Za druge homologe metana granica osjetljivosti je viša i funkcija je retencionog vremena komponente, odnosno njene molekulske vlage. To se može vidjeti iz tablice 2 (prema literaturi 24).



Sl. 1 — Hromatogram lakih ugljovodonika. Pikovi: 1 — Metan; 2 — Etan; 3 — Etilen; 4 — Propan; 5 — Propilen; 6 — Acetilen; 7 — izo-Butan; 8 — n-Butan; 9 — Buteni; 10 — Pentani.

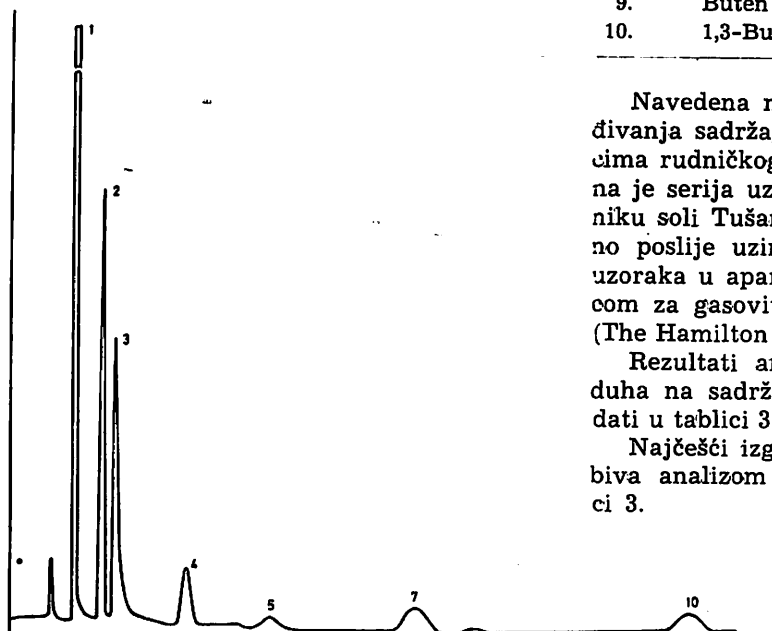
Abb. 1 — Chromatogramm leichter Kohlenwasserstoffe
Spitzen:
1 — Methan; 2 — Äthan; 3 — Äthylen; 4 — Propan 5 — Propylen; 6 — Azetylen; 7 — Isobutan; 8 — n-Butan; 9 — Butene; 10 — Pentane.



Sl. 2 — Kriva odnosa visine pika prema koncentraciji metana.
Abb. 2 — Kurve des Verhältnisses der Höhe von der Spitze zur Methankonzentration

Sl. 3 — Hromatogram ugljovodonika uzorka rudničkog vazduha rudnika soli. (Radni uslovi i obilježavanje pikova je kao na sl. 1)

Abb. 3 — Chromatogramm der Kohlenwasserstoffprobe der Grubenluft im Salzbergwerk. (Die Arbeitsverhältnisse und die Bezeichnung von ist genau so wie in der Abb. 1) Spitzen



Tablica 2

Granice osjetljivosti plameno-jonizacionog detektora za pojedine ugljovodonike (24)

Redni broj	Komponenta	ppm/l mm visine pika 0,5 ml	10 ml
1.	Metan	0,041	0,004
2.	Etan	0,038	0,004
3.	Etilen	0,037	0,004
4.	Propan	0,072	0,005
5.	Propilen	0,110	0,008
6.	Acetilen	0,220	0,012
7.	izo-Butan	0,170	0,011
8.	n-Butan	0,200	0,012
9.	Buten — 1	0,430	0,025
10.	1,3-Butadien	0,670	0,036

Navedena metoda je korišćena kod određivanja sadržaja metana i homologa u uzorcima rudničkog vazduha rudnika soli. Ispitana je serija uzoraka koji su uzimani u Rudniku soli Tušanj, Tuzla. Uzorci su neposredno poslije uzimanja analizirani. Ubacivanje uzoraka u aparat je vršeno specijalnim špricom za gasovite uzorke Gas—Tight Syringe (The Hamilton Co., Inc., U. S. A.).

Rezultati analiza uzorka rudničkog vazduha na sadržaj gasovitih ugljovodonika su dati u tablici 3.

Najčešći izgled hromatograma koji se dobiva analizom ovih uzoraka je dat na slici 3.

Tablica 3

Sadržaj lakih ugljovodonika u vazduhu rudnika soli
(vol. %)*

Redni broj	Metan	Etan	Etilen	n-Propan	Propilen	i-Butan	n-Butan	Buteni	Pentani
1.	0,2900	0,0141	0,0139	0,0060	0,0026	0,0002	0,0031	0	0
2.	0,5300	0,0177	0,0122	0,0043	0,0028	0	0,0021	0	0
3.	0,0880	0,0017	0	0,0015	0	0	0,0002	0	0
4.	0,2250	0,0031	0,0025	0,0007	0	0	0,0002	0	0
5.	0,2375	0,0050	0,0037	0,0011	0,0002	0	0,0010	0	0
6.	0,1750	0,0050	0,0037	0,0012	0,0002	0	0,0780	0,0059	0
7.	0,0067	0,0001	0	0	0	0	0	0	0
8.	0,0875	0,0016	0,0015	0,0015	0,0005	0	0	0	0
9.	0,0625	0,0018	0	0,0012	0	0	0,0012	0	0
10.	0,0087	0,0001	0	0,0001	0	0	0	0	0
11.	0,1000	0,0037	0	0,0027	0,0025	0	0	0	0
12.	0,0715	0,0016	0,0029	0,0019	0	0	0	0	0
13.	0,0650	0,0107	0,0007	0,0008	0	0	0,0004	0	0
14.	0,0318	0,0012	0,0032	0,0016	0	0	0	0	0
15.	0,0416	0,0023	0,0013	0,0005	0	0	0	0	0
16.	0,0683	0,0046	0,0009	0,0011	0	0	0,0016	0	0
17.	0,0783	0,0050	0,0050	0,0012	0	0	0	0	0
18.	0,0256	0,0005	0	0	0	0	0	0	0
19.	0,0710	0,0020	0,0015	0	0	0	0	0	0
20.	0,0580	0,0030	0,0020	0	0	0	0	0	0
21.	0,0510	0,0030	0,0020	0	0	0	0	0	0
22.	0,0490	0,0020	0,0010	0	0	0	0	0	0
23.	0,0410	0,0010	0,0005	0	0	0	0	0	0
24.	0,0390	0,0010	0,0005	0	0	0	0	0	0
25.	0,0340	0,0009	0,0006	0	0	0	0	0	0
26.	0,1650	0,0020	0,0013	0,0004	0	0	0	0	0
27.	0,2513	0,0035	0,0020	0,0010	0	0	-0	0	0
28.	0,0400	0,0010	0,0020	0	0	0	0	0	0
29.	0,0240	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0
30.	0,0683	0,0009	0,0001	0	0	0	0	0	0
31.	0,0660	0,0001	0,0005	0	0	0	0	0	0
32.	0,0650	0,0002	0,0005	0	0	0	0	0	0
33.	0,0700	0,0002	0,0006	0	0	0	0	0	0
34.	0,0550	0,0001	0,0002	0	0	0	0	0	0
35.	0,0500	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	0
36.	0,0450	0,0010	0,0010	0	0	0	0	0	0
37.	0,0500	0	0	0	0	0	0	0	0
38.	0,0057	0	0	0	0	0	0	0	0
39.	0,0055	0	0	0	0	0	0	0	0
40.	0,0065	0	0	0	0	0	0	0	0

* Uzorci se razlikuju po mjestu i vremenu uzimanja.

Diskusija i zaključci

Gasno-hromatografska metoda određivanja gasovitih ugljovodonika se pokazala kao veoma pogodna za određivanje ugljovodonika u rudničkom vazduhu bez prethodne kon-

centracije komponenata. Plameno-jonizacioni detektor ne registruje neorganske gasove u uzorku, tako da je moguće kod analize ubaciti u gasni hromatograf i veću količinu uzorka. To omogućava da se postigne osjetljivost za metan od 0,05 ppm., ili čak i veća

Tablica 4

Granica eksplozivnosti metana i homologa u smješi sa vazduhom (3)

Metan	5,0 — 15,0 ⁰ / ₀
Etan	3,2 — 15,0 ⁰ / ₀
Propan	2,4 — 7,4 ⁰ / ₀
Butan	1,5 — 6,5 ⁰ / ₀
Pentan	1,4 — 6,5 ⁰ / ₀
Etilen	3,0 — 34,0 ⁰ / ₀
Acetilen	2,5 — 81,0 ⁰ / ₀

(24). Pored toga vrijeme analize je kratko. Ako su u uzorku prisutni svi gasovi ugljovodonici, vrijeme analize je oko 30 minuta. Za određivanje metana je potrebno oko 2 minuta.

zentiranih rezultata, realnu granicu eksplozivnosti metana i homologa u rudničkom vazduhu. Kod računanja se koriste podaci iz tablice 4 (granice eksplozivnosti metana i homologa) i koncentracioni odnosi metana i homologa iz tablice 3, uz pretpostavku da se ovi gasovi pojave u rudničkom vazduhu u većim koncentracijama. Kod računanja se koristila donja granica eksplozivnosti metana i homologa u vazduhu. Vrijednosti izračunatih faktora su date u tablici 5. Vrijednosti faktora pokazuju za koliko se smanjuje realna granica eksplozivnosti (u procentima). Dobiveni faktori vjerovatno ne predstavljaju egzaktne faktore sa kojima treba korigovati donju granicu eksplozivnosti s obzirom da je računanje vršeno linearno i ne uzimajući u obzir druge faktore koji na ovo utiču.

Smanjenje granice eksplozivnosti (0/0)

Uzorak br.	Smanjenje, 0/0
1.	21,43
2.	11,65
3.	6,98
4.	4,72
5.	7,90
6.	106,35
7.	2,29
8.	6,57
9.	13,87
10.	4,06

Tablica 5

Uzorak br.	Smanjenje, 0/0	Uzorak br.	Smanjenje, 0/0	Uzorak br.	Smanjenje, 0/0	Uzorak br.	Smanjenje, 0/0
11.	12,71	21.	14,26	31.	1,47		
12.	14,41	22.	9,17	32.	1,72		
13.	26,78	23.	5,61	33.	1,82		
14.	28,52	24.	5,88	34.	0,87		
15.	14,81	25.	6,74	35.	0,64		
16.	72,05	26.	3,59	36.	6,83		
17.	20,62	27.	4,17	37.	0		
18.	2,99	28.	11,32	38.	0		
19.	7,51	29.	5,05	39.	0		
20.	12,88	30.	2,30	40.	0		

Korišćenjem gasno-hromatografske metode u uzorku se određuje sadržaj svih pojedinih ugljovodoničnih komponenata. Na taj način se stiče pravi uvid u sadržaj i odnos pojedinih ugljovodonika. To je naročito važno kod određivanja stepena eksplozivnosti koju prouzrokuje metan, odnosno ostali laki ugljovodonici, koji stvaraju eksplozivne smješe kod još nižih koncentracija. To se može vidjeti u tablici 4 (prema liter. 3).

Da bismo dali primjer kako mogu da se primjene podaci koji su dobiveni korišćenjem ove metode, izračunaćemo, na osnovu pre-

Dobiveni rezultati pokazuju da bi kod određivanja metanonosnosti jama i kod određivanja realne granice eksplozivnosti gasno-hromatografska metoda dala veoma dobre i korisne rezultate. S druge strane, ova metoda može da se koristi kod istraživačkog rada kada je sadržaj metana i homologa u uzorku u veoma malim koncentracijama.

Metoda može da se koristi i kod svakodnevnog rada na kontroli rudničkog vazduha, kao i kod svih određivanja gasovitih ugljovodonika (industrijski gasovi, gasovi aerogagađenja, gasoviti ugljovodonici u mineralnim vodama i dr.).

ZUSAMMENFASSUNG

Gas-chromatographische Bestimmung von Methan und Homologen in der Grubenluft durch Einsatz vom ionisierenden Flammendetektor

Dipl. Ing. J. Djuković*)

Zur Bestimmung von Methan und Homologen in der Grubenluft wurde gas-chromatographisches Verfahren unter Einsatz von sehr empfindlichem ionisierenden Flammendetektor entwickelt. Es wurden Haltezeiten und relative Ansprechfaktoren für folgende gasförmige Kohlenwasserstoffe Methan, Äthan, Äthylen, Propan, Propylen, Azetylen, I-Butan, N-Butan, Butene und Pentane, bestimmt. Es wurde die untere Empfindlichkeitsgrenze des Methandetektors sowohl linienförmiges Ansprechen des Detektors dem Methan gegenüber, bestimmt.

Zwecks Anwendung des Verfahrens wurden 40 Grubenluftproben des Salzbergwerks analysiert. Es wurde auch die Möglichkeit der Anwendung dieses Verfahrens bei der realen Grenze der Explosionsfähigkeit von Methan und Homologen in der Grubenluft einer Betrachtung unterzogen.

Literatura

1. Jokanović, B., 1960: Provetravanje rudnika, Građevinska knjiga, Beograd.
2. Terpigorev, A. M., 1959: Gornoe delo, Enciklopedičeskij spravočnik, tom 6, Moskva.
3. Bodjakin, M. N., 1967: Rudničkaja ventilacija, Nedra, Moskva.
4. Kyracos, G., Boord, C. E.: Anal. Chem., 29 (1957), 787.
5. Aubeaur, R. i dr.: J. Chem, June 1961, 209.
6. J. Madison: J. Anal. Chem. 30, 1958, 1959
7. Anassakis, C. E., 1966: Chromatography and Methods of Immediate Separation, Vol. 1, Ed. G. Parissakis, 245—55.
8. Grune, W. N., 1960: J. Water Pollution Control Federation 32, No. 9, 942—48.
9. McArthur, J. M., Miltimore, J. E., 1961: Canadian J. Animal Sci, 41, No. 2, 187—196.
10. Leggoe, J. H., 1959: Sr, Presented to Anal. Chem. Division, ACS meeting, Boston, April 9, Abstract Card 4—25—59 (13).
11. Gvozdovič, T. N., 1968: Neftehimija, Tom 8, No. 1, 123—126.
12. Beckman, G. C., 1967: News, 1, 4—5.
13. Application Note, ANC 3—67, June 1967, Hewlett—Packard.
14. Robbins, L. A., 1964: J. Chromatog., 13, 361—365.
15. Seeler, A. K., Cahill, R. W., 1969: J. Chromatog, Science, Vol. 7, No. 3, 158—162
16. Abel, K., 1964: Anal. Chem., 36 (1964), 953.
17. Farre—Rins, F., Guiochon, G., 1963: J. Gas Chromatog., 1, 11, 33.
18. Lee, J., Sudworth, G. B., Gibson, J., 1964: Analyst, 89, 103.
19. Bainbridge, A. E., Heidt, L. E., 1966: Tellus, 18, 221.
20. Altshuller, A. P., 1964: Intern. J. Air Water Pollution, 8, 29.
21. Altshuller, A. P., 1963: J. Air Pollution Control Assoc., 13, 81.
22. Schlos, J., 1961: Anal. Chem., 33 (1961) 359.
23. Huyten, F. H., 1962: Gas Chromatography, Butterworth, London.
24. Kuley, C. J., 1963: Anal. Chem., 35, No. 10, 1472—1475.
25. Bellar, T. A., Sigsby, J. E., Environ, J., 1967: Sci. Technol., 1 (1967) 242.
26. Greene, S., 1956: Anal. Chem., 28 (1956) 1369.
27. Deur—Šiftar, Dj., 1966: Tehnika, Vol. 21, No. 9, 1605—1609.
28. Kobilarov, N., 1966: Tehnika, Vol. 21, No. 6, 1056—1058.
29. Doran, T., Cross J. R., 1966: J. Gas Chromatog., 7 (1966) 266.
30. Mišćević, D., 1962: Tehnika, Vol. 17, No. 3, 549—552.
31. Muzyczuk, J., 1965: Prace GIG, 19 (1965) 89 — 98.
32. Janak, J., 1953: Chem. listy, Svezek 47, (1953) 828—836.
33. Deur—Šiftar, Dj., 1967: J. Gas Chromatog., Vol. 5, No. 2, 72—76.
34. Abel, I., 1970: Deset godina Rudarskog instituta Beograd, Rudarski institut Beograd, 136—147.

ZAHVALNOST. — Najljepše zahvaljujem Mirku Stanižiću, dipl. ing. rud., višem stručnom saradniku Instituta za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja u Tuzli, na korisnim savjetima kod izrade ovoga članka.

Iz prakse

U ovoj rubrici objavljivaće se iskustva naših radnika u sprovođenju zaštite na radu i prikazivati praktična rešenja i ostvarenja kojima se otklanjaju posebne opasnosti, unapređuje zaštita i povećava sigurnost pri izvođenju rudarskih radova. U kratkim prikazima objasniće se opasnosti i nepravilni postupci, zbog kojih dolazi do teških i smrtnih nesreća, i kakve se pouke iz takvih nesreća izvode da bi se sprečilo ponavljanje istih.

Osim toga, ovakvim prikazima u ovoj rubrici, časopis »Sigurnost u rudnicima« želi da upozna našu rudarsku stručnu javnost sa onim vrednim i požrtvovanim operativnim kadrovima, nadzornicima, poslovođama, rudarskim tehničarima i inženjerima, koji zaštitu sprovode na radnim mestima gde se vodi bitka za ostvarenje radnih planova i planova proizvodnje, sa onima koji se krajnjim pregalaštvom ističu u intervencijama za spasavanje rudnika i rudara prilikom velikih nesreća i u sanacijama havarija, kao i sa onima koji mnogo brige i pažnje posvećuju unapređenju zaštite vaspitavanjem i poučavanjem radnika.

GLAVNI UREDNIK

Organizacija varnoga dela pri prodiranju v padnika v globino ob velikem dotoku vode v revirju Graben Rudnika svinca in topilnica Mežica

(z 2 slikami)

Dipl. ing. Franc Mežnar — dipl. ing. Stanko Praznik

Iznose se iskustva na produbljanju niskopa sa većim pritiscima vode u reviru Graben sa posebnim osvrtom na organizaciju rada.

Rudnik Mežica, ki je razdeljen v več revirjev, pri obnavljanju rudnih rezerv vedno bolj prodira v globino rudišča.

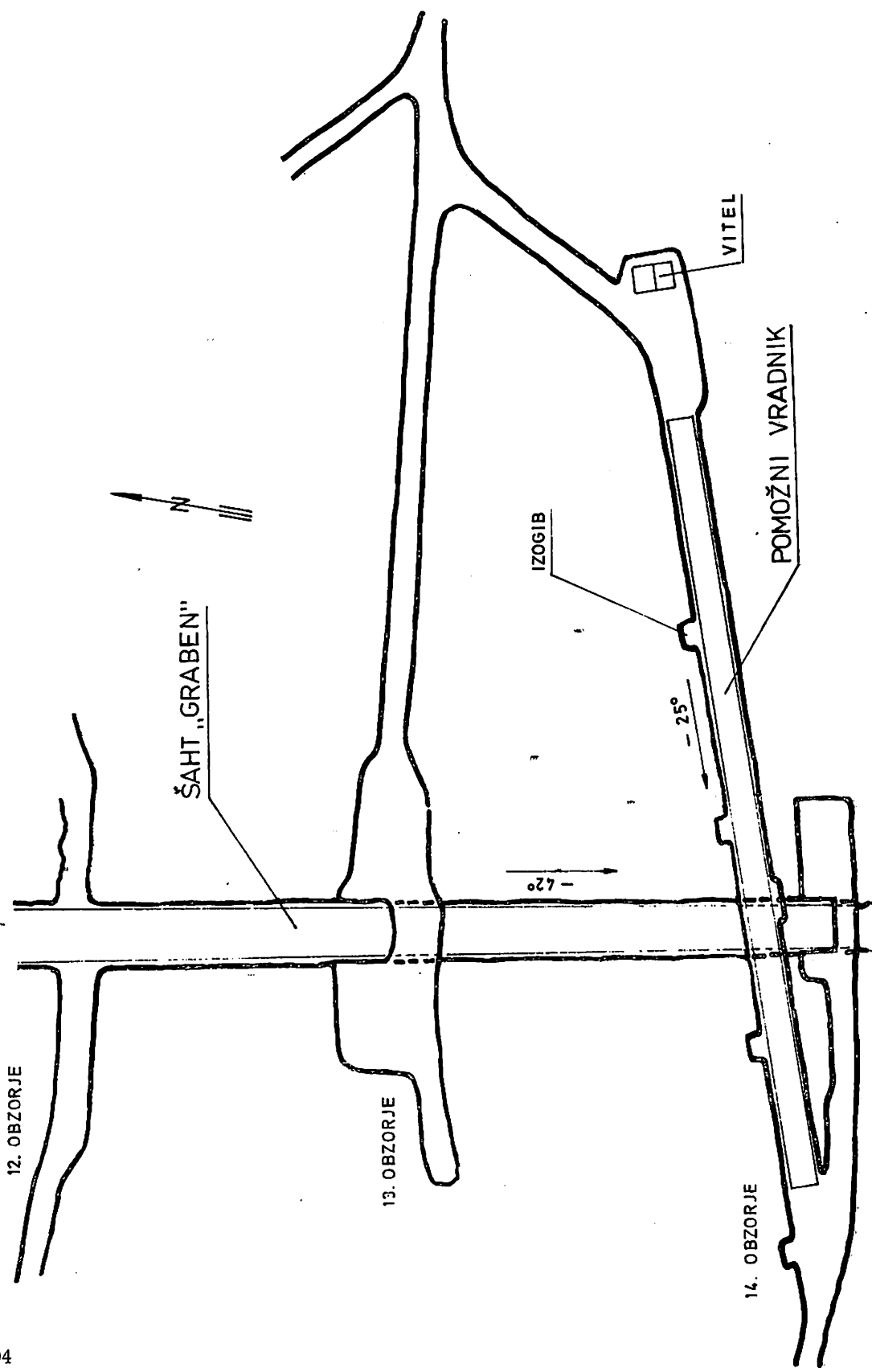
Glede možnosti razširitve rudnika proti vzhodu in zahodu sodi revir Graben med najbolj perspektivne revirje mežiškega rudnika. Rudišče Graben se razteza južno od Žerjava, v smeri vzhod-zahod in nastopa v vmesnem dolomitu rabeljskih skladov. Zardi take ugodne perspektive se izvajajo v tem revirju poglobljevalna dela, med katera spada »pomožni vpadnik Graben«.

Rudišče sestavljajo grebenški apnenci, dolomitizirani grebenški apnenci, breče, glinasti skrilavci, dolomiti s sadro in anhidritom ter bituminozni dolomiti. V zahodnem delu rudišča prevladujejo apnenci, ki so na vzhodu pretežno dolomitizirani. V centralnem delu rudišča, v območju vpadnika, nastopajo orudenjenja predvsem v dolomitih, ki so nastali iz koralnih apnencev.

Hidrološke razmere v revirju Graben

Kamenine, ki propuščajo vodo, so grebenški apnenci in raznovrstni dolomiti. Vodonepropustni pa so glinasti skrilavci, ki omejujejo rudišče proti jugu ter brečaste cone z glinastimi skrilavci, ki ležijo med grebenškimi in bituminoznimi dolomiti. Vpadnik je v območju grebenških dolomitov, ki segajo tudi do površine. Na območju rudišča so grebenški apnenci in dolomiti precej razgaljeni, zato velik del atmosferskih padavin pronica v jamska dela. Glede na sorazmerno majhno površino 0,7 km² ne predstavlja dotok vode v jamo posebnega problema. Večje količine vode lahko pričakujemo v grebenških kameninah z odpiranjem vzhodnega dela revirja in v globino.

Jamska voda v rudniku Mežice je slabo mineralizirana, saj znaša stopnja mineraliza-



cije 11 do 12° NT (1° NT = 10 mg CaO/l). Voda ima slabo alkalno do slabo kislno reakcijo $r_h = 6,7$ do 7,6. Temperatura vode je več ali manj konstantna in znaša $11^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Voda ne povzroča večje korozije ali abrazije, ki bi škodili strojnimi napravami.

Vodni lijak v revirju Graben ima običajno zelo nepravilno obliko. Nakloni niso enaki v vseh smereh. Vzrok temu je zelo razgibana tektonika in različna propustnost krovnih plasti. Depresijski vodni lijak se v začetku prodiranja jamske gradnje hitro širi. Čez nekaj časa začne hitrost širjenja vodnega lijaka od jamske gradnje proti celini upadati. Ko se doseže stabilen položaj dinamične gladine, se širjenje lijaka umiri. V revirju Graben je vodni lijak še sorazmerno strm in znaša $5^{\circ}30'$. Vodo črpamo iz tega revirja šele od leta 1963. Pred poglobljanjem pod 13. obzorje smo črpali povprečno $2,7 \text{ m}^3/\text{min}$.

Račun pritoka jamske vode v nova rudarska dela je zelo težavna naloga, posebno v rudniku Mežica, ki še nima povsem raziskanih režimov podzemne vode. Običajno računamo pritok po več metodah. Za pomožni vpadnik Graben smo ugotovili, da bi po končanem delih v globini + 350 m znašal srednji pritok vode $11,50 \text{ m}^3$ v minuti.

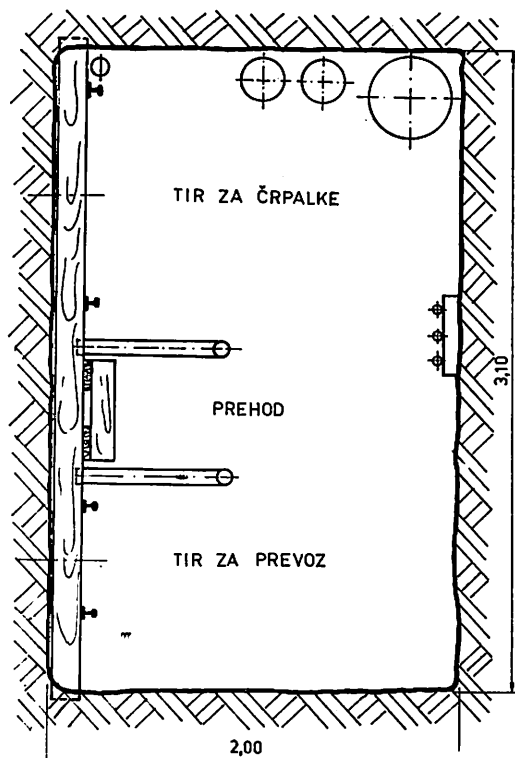
Pomožni vpadnik Graben

Pomožni vpadnik bo imel pri poglobljanju naklon — 25° in dolžino 91 m. Razdelili ga bomo na 3 oddelke: oddelek za prevoz materiala, oddelek za spuščanje in dviganje poglobljevalnih črpalk ter oddelek za prehod. Pod stropom bodo na posebnih konzolah položeni kabli za dovod električne energije. Poleg tirov za prevoz materiala in črpalk bomo imeli ob boku in stropu vpadnika 5 cevovod: dva za vodo premera 216 in 150 mm, enega za komprimiran zrak in dva za zračenje premera 300 mm. V oddelku za prehod bodo položene stopnice, ki bodo omogočale rudarjem varen dostop na delovišče.

Minimalni koristni profil vpadnika bo $3,10 \times 2,00 = 6,20 \text{ m}^2$. Za kamenino lahko navedemo, da spada v II. kategorijo tabele prof. Protodjakonova, razred 5 — 6. Njena trdota proti pritisku znaša 1.200 kp/cm^2 .

Zaradi majhnega profila in možnosti nenadnih vdorov velikih količin vode, smo s posebno skrbnostjo planirali varnostne ukre-

pe in organizacijo dela pri poglobljanju. Osnova temu planiranju pred začetkom poglobljanja je bila detajlna geološka študija terena v revirju Graben, posebno okolice vpadnika na 13. obzorju. Iz geološke karte, profila in točnega ogleda terena, smo določili lokacijo strojnice za pomožni vpadnik in nato



smer poglobljanja. V potrditev domnev smo izvrtali posebno globoko vrtino, dolgo 150 m. Iz podatkov globinske vrtine smo sestavili točen geološki profil in verjetne hidrološke razmere. Te podatke smo upoštevali še pri ostalih delih, kot je: predvrtanje, vrtanje, razstreljevanje in podobno. V splošnem smo v projektu upoštevali vse predpisane varnostne ukrepe za take vrste dela. Pričakovali smo težave pri odstreljevanju, posebno pri polnjenju spodnjih vrtn in pri njihovi mašitvi ob dotoku vode pod pritiskom. Težave smo pričakovali tudi pri vskladitvi kapacitet črpalk, posebno za primere večjih vdorov vode. Sama gradnja

vpadnika je potrdila naša pričakovanja tako v dobrem, kot v slabem.

Izvedba del po projektu je bila poverjena tehnično in organizacijsko, jamskemu obratu Graben.

Pred začetkom gradnje je obrat določil odgovorne osebe z njihovimi delokrogi ter način sodelave z ostalimi službami rudnika: z nabavo opreme in reprodukcijskega materiala, z elektro in strojno službo, z jammerstvom itd. Odgovorni so preštudirali projekt in si razdelili naloge.

Tehnično vodstvo obrata je izdelalo vrsto navodil: o tehničnih in varnostnih ukrepih pri poglobljanju, obratovalna navodila za vse pri poglobljanju uporabljene stroje in podobno. Predvideli smo menjavo delavcev na delovišču. Za ta dela smo izabrali vestne in sposobne rudarje z ustreznimi kvalifikacijami.

Da bi zagotovili varno napredovanje, posebno ob nenadnem vdoru večje vode, smo vrtali v sredini čela posebno predvrtino, dolgo 5 metrov. Po potrebi smo predvrtali tudi v boke. Minske luknje smo vrtali po določeni shemi s paralelnim zalomom in srednjo vrtino, premera 76 mm. Dolžina odstrela je bila 2 m. Vrtine smo čistili s komprimiranim zrakom, s pomočjo izpihovalne cevi. Pri spodnjih vrtinah, ki so bile pod vodo, smo po izpihovanju luknje zamašili z lesenimi čepi, da jih voda ni zasula s peskom.

Pri napredovanju smo večkrat zadeli na porušene prelomne cone z vodo pod pritiskom, da je brizgala, po več metrov od čela. Zaposlene delavce smo v takih primerih zavarovali pred curki vode s pločevinastimi ščiti.

Pri odstreljevanju vrtin smo uporabljali plastično razstrelivo vitezit 25/25 in amonalvodni. Razstrelivo smo inicirali z električnimi časovnimi in milisekundnimi vžigalniki. Dolžina žic pri vžigalnikih je bila 3 m. Med poglobljanjem smo ugotovili, da običajna izvedba električnih vžigalnikov za take pogoje dela ne ustreza, ker smo imeli na tem delovišču večje število zatajilcev. Domnevamo, da je vzrok zatajenih strelav premajhna vodotesnost električnih vžigalnikov. Polnjenje

vrtin z razstrelivom je bilo zaradi vode zamudno. Posebno težavno je bilo polniti vrtine, iz katerih je brizgala voda. Zato smo po številnih poizkusih osvojili vrtanje dodatnih vrtin za odvod vode. Vrtali smo jih praviloma 10 cm pod minsko luknjo. Na ta način smo pritisk vode v minskih luknjah toliko zmanjšali, da smo jih lahko polnili z razstrelivom.

Za mašilo smo v začetku uporabljali glinaste čepe. Pozneje, ko se je dotok vode povečal, glina ni več ustrezala. Vrtine smo pričeli mašiti s 30 cm dolgimi lesenimi čepi, ki so imeli za žice električnega vžigalnika poseben žlebiček. Vezava žic v serijo nam ni delala posebnih težav, ker smo uporabljali hitrovezne tulce inozemske proizvodnje. Po končani vezavi strelav smo čelo zalili z vodo in tako dosegli boljšo tesnitev strelav. Druga prednost zalitja čela z vodo je bila, da smo preprečili razpršitev odstreljene kamnine po vpadniku navzgor. Ugotovili smo tudi, da je bila količina plinov po eksploziji manjša, kot pa pri odstrelitvi prostega čela. Pred vžigom smo vedno opravili natančno meritev električne upornosti navezanih strelav. Za vžiganje smo uporabljali brezhiben vžigalni strojček zadostne kapacitete.

Delovišče smo prezračevali s kombiniranim sistemom zračenja. Ker so bile kapacitete ventilatorjev zadostne, pri prezračevanju nismo imeli težav. Takoj po odstrelitvi smo na posebnem vozičku po tiru spustili poglobljevalno črpalko v vodo in jo daljinsko vklopili. Ko je pretekel predpisani čas, so šli rudarji na čelo in pričeli priprave za nakladanje: pregled delovišča, obtrkovanje itd.

Nakladanje materiala v vozičke je bilo zaradi majhnega naklona vpadnika ročno. Vozičke smo izvažali s posebnim vitlom.

Za sporazumevanje med deloviščem in vrhom vpadnika smo v izogibalnišču montirali prenosni signalni zvonec in prenosni telefon.

Podaljševanje tira pri nakladanju smo opravljali s provizoričnimi nastavki. S čela vpadnika smo odvajali vodo s posebnimi po-

topljivimi poglavljevalnimi črpalkami. Dviganje in spuščanje črpalk je omogočal vitel na posebnem tiru za črpalke. Dokler je bila kapaciteta črpalke večja od dotoka vode, je delo potekalo normalno. Težave so nastopile, ko se je količina dotekajoče vode približala kapaciteti črpalke. Takrat je gladina vode po odstrelitvi stagnirala ali celo naraščala. Črpalko smo morali v čim krajšem času zamenjati z močnejšo, oziroma vključiti v že itak tesen prostor še dodatno črpalko, ki smo jo praviloma vključili pri nenadnem vdoru vode. Med gradnjo smo ugotovili, da dotok vode ne narašča enakomerno, ampak sunkovito in se čez nekaj časa nekoliko zmanjša. Zaradi manipulacije so ugodnejše manjše črpalke. V našem primeru smo uporabili štiri, z različnimi kapacitetami od nekaj litrov do 5 m³/minuto. Črpalke so bile potopnega tipa, ki so lahko obratovale brez škode tudi na suho, kar je bilo izredno ugodno za nemoten potek dela. Cevovoda sta imela na več mestih priključke za gibljivo gumijasto cev. Kadar smo ob vdoru večje vode črpalke umaknili iz najglobljega dela vpadnika, je bilo možno na več mestih v vpadniku priključiti gibljive cevi na cevovoda. Z zaporednim vključevanjem črpalk različnih karakteristik smo zaradi specifičnosti črpalk dobili potrebno dvizno višino in kapaciteto.

Med gradnjo smo imeli pet večjih vdorov vode. Pri tem se je količina vode povečevala od vdora do vdora tudi za 50 do 100%. Na dnu vpadnika je znašal dotok vode že 7,0 m³/min. Odvajali smo jo v črpalno postajo na 13. obzorju. Od tam pa smo jo črpali v odvodni rov na 12. obzorju.

V času gradnje smo imeli dve nezgodi, ki bi se lahko pripetili tudi na drugih jamskih deloviščih. Ena se je pripetila pri nakladanju, ko je vozač vrgel kos kamenine v drugega vozača preko vozička; druga pa je bila pri vrvi izvažalnega vitla, na vrhu vpadnika. Vozač je na vrhu pomožnega vpadnika, pri dviganju polnega vozička opazil, da se vrv na bobnu vitla ne navija pravilno. Pri naravnavanju vrvi je namesto z drogom, naravnaval vrv z nogo in se pri tem ponesrečil.

Gradnja vpadnika je trajala 75 dni.

Zaradi nenadnih vdorov vode, menjave črpalk in polaganja dodatnega vodnega cevovoda, smo izgubili 28 dnin, oziroma dva delovna dneva.

Povprečni učinek na efektivni delovni dan oziroma na enodnevno posadko na delovišču je bil izbitek 1,70 m. Z doseženim rezultatom pri razpoložljivi opremi in pri težkih delovnih pogojih smo zadovoljni.

Iz zgoraj navedenega lahko zaključimo naslednje:

1) Geološka študija pred izdelavo projekta mora biti za celo območje napravljena temeljito.

2) Rezultati geoloških domnev se morajo preveriti, v našem primeru, z globokim vrtnjem in detajlnim kartiranjem vrtine.

3) Vsi odgovorni izvajalci se morajo dobro seznaniti s projektom in organizacijo dela.

4) Organizacija dela mora biti dobro preštudirana in od nje se ne sme odstopati.

5) Odgovorni vodja mora doseči koordinacijo in sodelovanje služb.

6) Zaposlene rudarje je potrebno čim bolj zavarovati z osebnimi varstvenimi sredstvi in organizirati čim varnejše delo.

7) Vrtnje dodatnih vrtin pod minskimi luknjami je zmanjšalo pritisk vode in omogočilo polnjenje vrtin z razstrelivom.

8) Zalivanje čela pred vžigom odstrela je pokazalo velike prednosti; zaradi dobrega tesnjenja vrtin je preprečilo udarce kamenine po vpadniku navzgor, voda pa je ob eksploziji vpila določeno količino plinov.

9) Pred začetkom del se mora preskrbeti zadostno število črpalk z različnimi kapacitetami.

10) Električni vžigalniki za odstreljevanje pod vodo morajo biti odporni proti vlagi.

11) Med potekom gradnje ni priporočljiva menjava delavcev, ker se je moštvo stremiralo in je zato delalo učinkovito in bolj varno.

KRATAK IZVOD

Rudnik Mežica je podeljen u nekoliko revira. Rudonosni reviri silaze sve više u dubinu. Revir Graben mora, kao i svi ostali reviri, da obnavlja svoje rezerve. U prvoj fazi produbljeno je okno pomoćnim niskopom. Pad niskopa je 25° a dužina 91 m. Profil niskopa je $3,10 \times 2,00$ m. Zbog malog profila i opasnosti od prodora većih količina vode izvedene su vrlo brižljivo sve pripreme, naročito planiranje organizacije rada i sigurnost radnika.

Radovi na produbljivanju su trajali 75 dana. Dotok vode na kraju rada bio je $7 \text{ m}^3/\text{min}$. Broj prodora vode bio je prilično velik, od kojih su pet bili izdašni u odnosu na količinu vode.

Srednji učinak kod produbljivanja niskopa iznosio je 1,7 m za radni dan.

Iz iskustva kod produbljivanja niskopa izvode se sledeći zaključci:

1. Geološke podloge za ceo horizont moraju biti gotove pre projektovanja okna.

2. Pretpostavke geologa treba da se kontrolišu, najbolje dubinskim bušenjem.

3. Svi odgovorni rukovodioci moraju biti dobro upoznati sa projektom, a naročito sa organizacijom rada.

4. Organizaciju rada treba dobro prostudirati i ne odstupati od nje.

5. Odgovorni rukovodilac mora postići maksimalno moguću koordinaciju i saradnju sa drugim pomoćnim službama.

6. Radnici moraju biti dobro opremljeni. Naročitu pažnju treba obratiti na njihovu zaštitu na radnom mestu.

7. Bušenjem pomoćnih bušotina smanjen je pritisak vode u bušotinama zahvata, pa je time omogućeno da se bušotine pune eksplozivom.

8. Pre miniranja potopljeno je radilište. Time je pri miniranju postignut bolji učinak i proizvedena manja količina gasova.

9. Za vreme radova na produbljivanju ne treba da se menja ljudstvo na radilištu.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Abteufung eines tanlägigen mit enen betächtlichen Wasserzufluss im Revier Graben und besondere Rücksicht auf die Organisation der Arbeitssicherheit

Dipl. ing. F. Mežnar — Dipl. Ing. S. Praznik*)

Die Grube Mežica ist in mehrere Reviere geteilt. Die Erzreviere verlagern sich immer mehr in die Tiefe. Das Revier Graben muss wie alle andere Reviere seine Erzreserven erneuern. In erster Phase wurde die Schachtanlage mit einem Hilfgesenk vertieft. Das Gesenk hatte einen Neigungswinkel von 25° und eine Länge von 91 m. Das Profil des Gesenkes ist $3,10 \times 2,00$ m. Wegen des kleinen Profiles und der Gefahr auf Einbrüche grösserer Wassermengen, wurden alle Vorbereitungen, besonders die Planirung der Arbeitsorganisation und die Sicherheit für die Arbeiter sehr sorgfältig gemacht.

Die Abteufungsarbeiten dauerten 75 Tage. Der Wasserzufluss war am Ende der Arbeit $7 \text{ m}^3/\text{min}$. Die Anzahl der Wassereinbrüche war ziemlich gross, von denen fünf sehr ergiebig.

Die mittlere Leistung für einen effektiven Arbeitstag war 1,70 m.

Die Grubenleitung hat bei der Abteufung des Schachtes folgendes beschlossen:

1. Die geologischen Unterlagen für den ganzen Horizont müssen vor der Projektierung des Schachtes fertig sein.

*) Dipl. nig. Franc Mežnar i dipl. ing. Stanko Praznik, Rudniki svinca in topilnica Mežica.

2. Die Vermutungen der Geologen sollen kontrolliert werden am besten mit Tiefbohrungen.

3. Alle verantwortlichen Leiter müssen mit dem Projekt gut anvertraut sein, besonders auf dem Gebiet der Arbeitsorganisation.

4. Die Arbeitsorganisation soll gut durchstudiert sein und man darf davon nicht abweichen.

5. Der verantwortliche Leiter muss die höchstmögliche Koordination und Zusammenarbeit mit allen anderen Hilfsdienststellen erreichen.

6. Die Arbeiter müssen gut ausgerüstet sein. Besondere Aufmerksamkeit soll man auch an Ihren Schutz auf dem Arbeitsplatz geben.

7. Das Bohren von Hilfsbohrlöchern hat der Wasserdruck in die Bohrlöcher des Abschlages erniedrigt und deswegen hat man die Möglichkeit bekommen die Löcher mit Sprengstoff zu laden.

8. Vor der Sprengung hat man den Arbeitort unter Wasser gesetzt. Damit wurde nach der Explosion eine bessere Sprengleistung und eine kleinere Gasmenge erzielt.

9. Während der Abteufungsarbeiten soll die Mannschaft nicht gewechselt werden.

Literatura

1. Grafenauer, S., 1959: Hidrogeologija in njena uporaba v Mežici. — Rudarsko-metalurški zbornik (Ljubljana, str. 259—288).
2. Štručl, I., 1965: Geološke značilnosti mežiških rudišč in njih okolice. — 300 let Mežiški rudniki, str. 115—139.
3. Arhivski material rudnika Mežica.
4. Referat o ispitivanjima fizičko-mehaničkih i tehničkih osobina uzoraka stena iz rudnika olova Mežica — Beograd: Rudarski inštitut, 1963.

Određivanje zapreminskog procenta vlage u jamskom vazduhu i uticaj vlažnosti na sadržaj kiseonika u vazduhu

Dipl. ing. Miodrag Miljković

(sa 1 slikom)

Objašnjava se promena sastava vazduha u zavisnosti od promene temperature, barometarskog pritiska, sadržaja vlage i drugih primesa.

U jamskom vazduhu se nalaze razne primese, kojih u atmosferskom vazduhu nema u tolikoj meri. To su: prašina, vodena para, štetni gasovi CO_2 , CH_4 i drugi. Ove primese utiču na promenu normalnog zapreminskog odnosa sastava vazduha i umanjuju sadržaj kiseonika u vazduhu, pa disanje u takvoj atmosferi postaje otežano.

Sastav atmosferskog vazduha u normalnim uslovima pri barometarskom pritisku $D = 760$ mm Hg i temperaturi $t = 0^\circ$ izražava se u zapreminskim i težinskim procentnim pokazateljima i to za suv vazduh prema tablici 1.

Sastav vazduha		Tablica 1
Gasovi	Zapreminski sastav	Težinski sastav
Azot N_2	78,09	75,5
Kiseonik O_2	20,95	23,10
Argon	0,93	1,286
Ugljen-dioksid	0,03	0,04
Ostalo	—	0,074
Ukupno	100,00	100,000

Jamski vazduh je dobar, prema postojećim propisima, ako sadrži preko 19 zapreminskih procenata kiseonika. Ocena, data na ovaj način, ne odražava pravo stanje pogodnosti vazduha za disanje prema sadržaju ki-

seonika. Poznato je da na većim visinama dolazi do razređenja vazduha i smanjivanja broja molekula kiseonika u 1 m^3 vazduha iako zapreminski odnos kiseonika i ostalih gasova ostaje nepromenjen. Takav vazduh nije pogodan za disanje. Čovek u takvoj atmosferi oseća ubrzan rad srca, brzo se zamara itd.

Da bismo ispitali uticaj klime na sadržaj kiseonika u vazduhu i dobili podatke za praktičan rad i postupke u pojedinim situacijama u jamama rudnika, posmatraćemo promenu sastava vazduha u funkciji vlažnosti vazduha, temperature i barometarskog pritiska kao i ostalih primesa. Promena sastava vazduha se može posmatrati kao promena zapreminskog sastava vazduha ili kao promena broja molekula kiseonika u 1 m^3 vazduha.

Promena zapreminskog sastava jamskog vazduha

Zapreminski sastav jamskog vazduha se menja mešanjem vazduha sa jamskim gasovima CH_4 , CO_2 , dok se sadržaj kiseonika smanjuje usled oksidacionih procesa. Ako u jami dolazi vazduh sa malo vlage, on će u jami primiti još izvesnu količinu vlage koja takođe utiče na sastav jamskog vazduha.

Određivanje zapreminskog sadržaja vlage u jamskom vazduhu i uticaja vlažnosti vazduha na sadržaj kiseonika posmatraćemo na jednom primeru, koji je moguće susresti u jami.

Vazduh smatramo idealnim gasom, pa za sledeće podatke

$$\begin{aligned} t_s &= 35^\circ\text{C} \\ b &= 730 \text{ mm Hg} \\ \varphi &= 98\% \end{aligned}$$

gde je:

- t_s — temperatura jamskog vazduha merena na suvom termometru
- b — barometarski pritisak
- φ — dobijena relativna vlažnost vazduha

možemo izračunati zapreminsko učešće vlage u vazduhu i promenu sadržaja kiseonika u vazduhu.

Zapremina 1 kg suvog vazduha dobija se po obrascu Klapejrona

$$V = \frac{R_v \cdot T}{b}$$

gde su ostale oznake:

- $R_v = 29,27$ — gasna konstanta za suvi vazduh
- $T = 273,16 + t$ — temperatura vazduha u Kelvinovim stepenima
- $b =$ — izmeren barometarski pritisak
- $V = \frac{29,27 \cdot 308,16}{730 \cdot 13,6} = 0,908 \text{ m}^3/\text{kg}$

Zapremina 1 kg vlagom zasićenog vazduha biće

$$V = \frac{R_v T}{(b - \varphi E) 13,6}$$

gde su ostale oznake:

- φ — relativna vlažnost vazduha
- E — napon vodene pare u mm Hg za temperaturu t
- R_v — gasna konstanta za vlažni vazduh dobija se po obrascu

$$R_v = \frac{29,27}{1 - 0,377 \frac{E}{b}} \approx \frac{29,27}{1 - 0,377 \cdot 0,98 \cdot \frac{41,827}{730}} = 29,9$$

$$V = \frac{29,9 \cdot 308,16}{13,6 (730 - 0,98 \cdot 41,827)} = 0,988 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Odnos specifičnih zapremina suvog atmosferskog vazduha i vlažnog vazduha za određenu temperaturu pritisak pokazuje procenat suvog vazduha u vlažnom vazduhu.

Procenat suvog vazduha u vlažnom vazduhu

$$\begin{aligned} a &= \frac{V_s}{V_v} \cdot 100 \\ a &= \frac{0,908}{0,988} \cdot 100 = 92\% \end{aligned}$$

procenat vlage u vlažnom vazduhu dobijamo kao dopunu do 100%

$$\begin{aligned} b &= \left(1 - \frac{V_s}{V_v}\right) \cdot 100 \\ b &= (1 - 0,92) \cdot 100 = 8\% \end{aligned}$$

Ako u 1 m³ vlažnog vazduha ima 8% vlage i 92% suvog vazduha čiji je zapreminski procentualni sastav poznat, onda u ovoj smeši imamo

$$\begin{aligned} \text{azota } N_2 &= 78,09 \times 0,92 = 72,0 \\ \text{kiseonika } O_2 &= 20,95 \times 0,92 = 19,25 \\ \text{vlage } &8 \\ \text{ostalo } &0,75 \end{aligned}$$

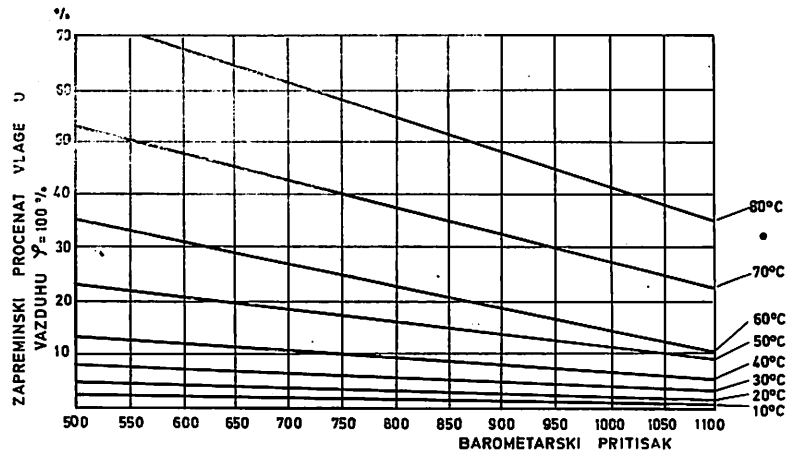
Ako se uz vlagu u vazduhu pojavljuju i drugi gasovi CO₂, CH₄ onda i njihove zapreminske delove treba oduzeti od ukupne zapremine suvog vazduha

na primer: u istoj sredini otkriveno je prisustvo

$$\begin{aligned} CO_2 &\dots\dots 2\% \\ CH_4 &\dots\dots 2\% \end{aligned}$$

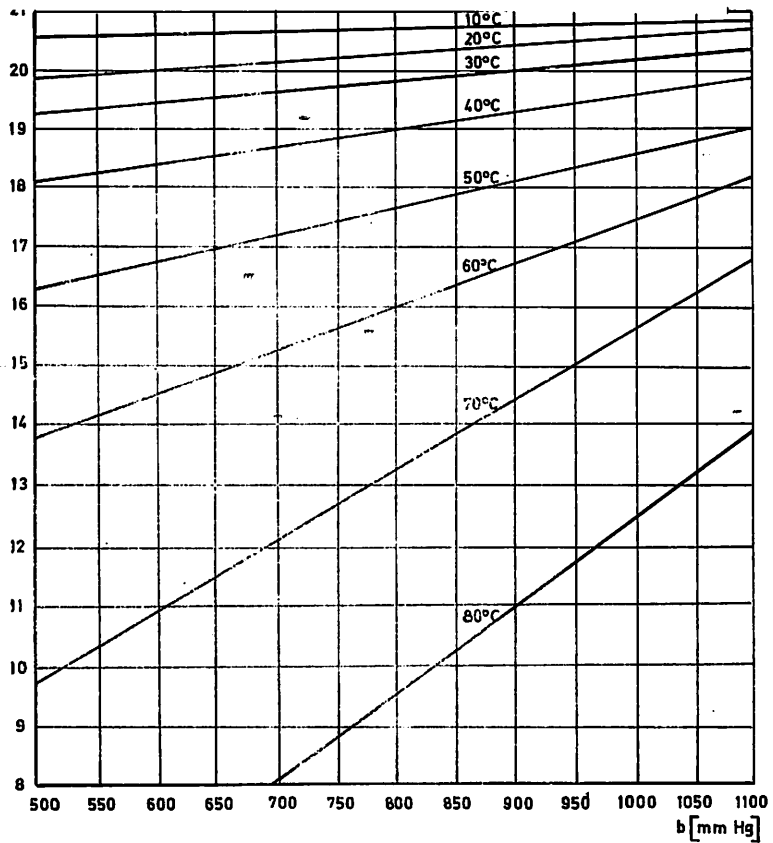
Sadržaj kiseonika, bez da je utrošen na oksidacione procese biće

$$20,95 \times (1 - 0,12) = 18,4\%$$



a) Grafik promene zapreminskog procenta vlage pri $\alpha = 100\%$

a) Diagram der Änderung des Vol-%-Satzes der Feuchtigkeit bei $\alpha = 100\%$.



b) Grafik promene zapreminskog sadržaja kiseonika u funkciji temperature i barometarskog pritiska pri relativnoj vlazi $\alpha = 100\%$.

b) Diagramm der Änderung des Sauerstoffvolumengehalts für die Funktion der Temperatur und des Luftdrucks bei relativer Feuchtigkeit $\alpha = 100\%$.

Na višim temperaturama ovaj uticaj je još izraženiji pa ga treba imati u vidu pri izvođenju radova na sanaciji radilišta na kojima je povišena temperatura. Hemijske analize vazduha koje se izvode u laboratoriji gde vladaju drukčiji uslovi, ne mogu registrovati ovaj podatak, naročito zbog kondenzacije vodene pare iz vazduha u izmenjenim uslovima (grafikon u prilogu 1).

Promena broja molekula kiseonika

Promena broja molekula kiseonika u 1 m³ vazduha u zavisnosti od temperature, vlažnosti vazduha i barometarskog pritiska takođe se odražava na kvalitet vazduha koji se udiše. Poznato je da je disanje otežano u vazduhu sa sadržajem kiseonika ispod 17% pri normalnom pritisku i temperaturi. Ali ako se pritisak poveća na 2 atm, disanje će biti normalno i pri sadržaju kiseonika od 10 zapreminskih procenata jer je u toj smeši isti broj molekula kiseonika kao i pod normalnim uslovima. Otežano disanje pri ovom pritisku će se pojaviti pri nižem procentu kiseonika.

U jednom m³ vazduha pod normalnim uslovima broj molekula kiseonika je određen Avogadrovim brojem i sadržajem kiseonika u vazduhu

$$n = \frac{N \cdot p}{M_v}$$

- n — broj molekula kiseonika u 1 m³ vazduha
 N — Avogadrov broj 6,023 · 10²⁶ molekula u kg mola
 p — zapreminski procenat sadržaja kiseonika
 M_v — zapremina kg mola za uslove (T i b) jer je zapremina mola funkcija temperature i pritiska.

$$M_v = \frac{847,83 T}{b \cdot 13,6}$$

u normalnim uslovima M_v = 22,4 p = 20,95%

$$n = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 0,2095}{22,4} = 0,564 \cdot 10^{26}$$

Približno isti broj molekula kiseonika ima i pri pritisku od 2 atmosfere (20000 kg/m²) i temperaturi t = 0°C pri sadržaju kiseonika 10 zapreminskih procenata

$$M_v = \frac{847,83 \cdot 273,16}{20000} = 11,6$$

$$n = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 0,10}{11,6} = 0,536 \cdot 10^{26}$$

Vazduh sa sadržajem 17 zapreminskih procenata kiseonika pod normalnim uslovima sadrži ovaj broj molekula kiseonika:

$$n = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 0,17}{22,4} \approx 0,0457 \cdot 10^{26}$$

U izmenjenim uslovima temperature, barometarskog pritiska i vlažnosti vazduha, kao u prethodnom primeru, za iste uslove broj molekula kiseonika u 1 m³ vazduha biće

$$M_v = \frac{847,83 \times 308,16}{730 \times 13,6} = 26,3$$

$$p = 19,25$$

$$n = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 0,1925}{26,3} = 0,44 \cdot 10^{26}$$

U vazduhu pod ovim uslovima broj molekula kiseonika je manji od broja molekula kiseonika u vazduhu koji sadrži 17% kiseonika pod normalnim uslovima.

Zaključak

U članku je obrađen način određivanja procentualnog sadržaja vlage u vazduhu merenjem temperature na suvom i vlažnom termometru i barometarskog pritiska. Ovaj način određivanja procenta vlage može korisno poslužiti pri hemijskim analizama vazduha i ostalih gasova za tačnije dobijanje rezultata.

Analizirani uticaj vlažnosti vazduha na sadržaj kiseonika u vazduhu ukazuje da se pri višim temperaturama i većoj relativnoj vlažnosti vazduha, može pojaviti nedovoljan sadržaj kiseonika za normalno disanje. O ovoj pojavi treba voditi računa pri obavljanju poslova na višoj temperaturi.

Broj molekula kiseonika u 1 m³ vazduha je takođe važan pokazatelj kvaliteta vazduha za disanje pa u tome pravcu treba vršiti analize za iznalaženje donje granice pogodnog intervala sadržaja kiseonika u vazduhu.

ZUSAMMENFASSUNG

Bestimmung der Vol. — Prozente der Grubenluftfeuchtigkeit und der Einfluss der Feuchtigkeit auf den Sauerstoffgehalt in der Luft

Dipl. Ing. M. Miljković*)

In dem Aufsatz wurde die Bestimmungsweise des prozentuellen Feuchtigkeitsgehalts in der Luft durch Temperaturmessung und durch Messung am trockenen und feuchten Thermometer und Luftdruck bestimmt. Diese Bestimmungsart der Luftfeuchtigkeitsprozente kann nutzbringend bei chemischen Luftanalysen und anderen Gasen für eine genauere Erzielung von Ergebnissen angewandt werden.

Der analysierte Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf den Luftsauerstoffgehalt zeigt, dass es bei höheren Temperaturen und höherer relativen Luftfeuchtigkeit zu ungenügendem Sauerstoffgehalt in der Luft zum normalen Atmen kommen kann. Dieser Erscheinung muss man beim Arbeiten bei höheren Temperaturen Rechnung tragen.

Die Sauerstoffmolekülanzahl in 1 m³ Luft ist ein ebenso wichtiger Koeffizient der Atemluftqualität. Man soll deswegen in dieser Hinsicht Analysen zur Bestimmung der unteren Grenze des günstigen Sauerstoffgehaltintervalls in der Luft zu bestimmen trachten.

Literatura

Bodjagin, M. N. 1960.: Rudničnaja ventilacija, Gosgortenzizdat Moskva.

Jokanović, B., 1960: Provetravanje rudnika, Građevinska knjiga, Beograd.

Grupa pisaca: Spravočnik—mašinstroitelja

Zbirka propisa, 1968.: Propisi o merama tehničke zaštite pri rudar. podzemnim radovima. — Sl. list SFRJ, Beograd.

Prikazi iz literature

Olson, K. C., Rembold, H. W.: Sigurnosne mere na površinskim kopovima (Safety In Open Pit Mining). — »Mining congress Journal» May, 1968.

U bazenu gvozdene rude »Michigan Upper Peninsula« proizvodi se 18 mio tona rude površinskim načinom i oko 3,7 mio tona otkrivke. Ruda i prateće stene su vrlo čvrste, a sadržaj gvožđa nizak. Nakon otkopavanja ruda se drobi, melje i peletizira. Bazen zapošljava 1850 radnika od kojih 540 radi na kopovima. Oprema za dobijanje rude i otkrivke sastoji se iz rotacionih bušilica, bagera zapremine kašike od 4 do 9 m³ i dampera sa dizel i električnim pogonom od 35—105 tona nosivosti. Pre nedavnog prelaska na površinsku eksploataciju proizvodnja se odvijala uglavnom podzemnim radom. Stoga je kompanija Cleveland—Cliffs Iron Co, u zajednici sa drugim kompanijama koje imaju svoje kopove u ovom bazenu, razradila program raz-

voja tehničke zaštite na površinskim kopovima ovog regiona.

U toku donošenja i realizacije ovog programa trebalo je rešiti nekoliko problema vezanih za karakter rude, visokoproduktivnu opremu, dubinu kopova, klimatski faktor, porast instalirane snage na kopovima, izmene i osavremenjavanje tehnike miniranja i unifikaciju sredstava tehničke zaštite.

Na realizaciji mera zaštite angažovani su posebni inženjeri radi kontrole sprovođenja mera, a celim programom rukovodi direktor za tehniku sigurnosti preko upravnika pojedinih pogona, raznih komisija i redovnih sastanaka odgovarajućih službi u bazenu.

Program zaštite sprovodi se preko kurseva za obuku novog i prekvalifikaciju postojećeg osoblja. U tu svrhu opremljene su učionice i poligoni za obuku. Ovaj posao obavlja posebna grupa stručnjaka čiji je zadatak da, između ostalog, vrše obuku i uvode radnike u inovacije koje se u ovom centru ispituju i proveravaju. Tek pošto je novozaposleni radnik prošao sve kurseve i obuku, on prelazi na praktičan deo obuke na kopu pa tek posle provere, može se uključiti u proces.

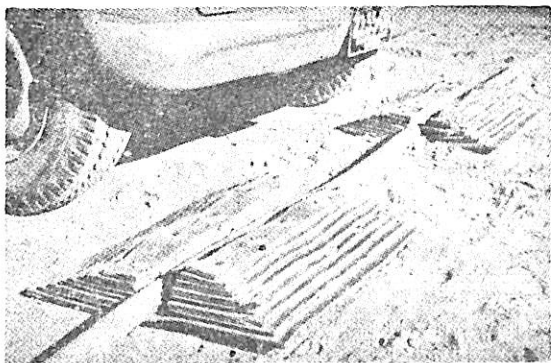
Kao rezultat organizacije i programa, proizašla su nova rešenja za pojedine praktične probleme na realizovanju što efikasnijeg sistema tehničke zaštite.

Vrlo dobri rezultati su postignuti uvođenjem opreme za opravku kablova putem premazivanja oštećenog mesta specijalnim rastvorom.

Služba i oprema za opravku kablova instalirana je na vozilu tako da može brzo i efikasno intervenisati na licu mesta.

Za otkrivanje pukotina na kablovima instalirana je specijalna oprema pomoću koje se tačno utvrđuje mesto i jedva vidljivih oštećenja kablova.

Posebne mere predostrožnosti preduzete su na čvornim mestima razvoda mreže (trafostanice, razvodne kutije itd.). Tu su instalisani specijalni signalni uređaji koji obezbeđuju radnike od eventualnih grešaka prilikom pristupanja mestu intervencije. Jedan jednostavan način zaštite kablova na transportnim putevima prikazan je na sl. 1. Od starih delova traka naprave



se rampe koje vrlo efikasno štite kabl. Kao što se na slici vidi lako se izrađuju, jeftine su i dobro leže na tlu.

Poseban interes predstavlja sistem zaštite od prašine na bušilicama koje buše prosečnom brzinom 11 m/h, a prečnik bušotine je 300 mm. Obaranje prašine vrši se vodom koja se kroz bušaću šipku upumpava u bušotinu. Izbušeni materijal hvata se u specijalne posude čije stanje kontrolišu bušaći.

Mere zaštite u transportu počinju pažljivom obukom vozača. Ovo naročito u pogledu pravilnog korišćenja sistema za kočenje. S obzirom da je u primeni veliki broj vozila na električni pogon, čiji je sistem kočenja dosta osetljiv, ovoj obuci i iskustvu vozača pridaje se veliki značaj. Upotreba podmetača ispod točkova u slučaju zastoja vozila (naročito električnog) od velike je praktične važnosti.

Na vozila su ugrađeni zaštitni oklopi koji štite mrežu komprimiranog vazduha od mehaničkih oštećenja.

Takođe su uvedeni specijalni sistemi kontrole i regulacije pritiska u gumama koji rade automatski, a u slučaju težeg oštećenja gume, uključuju se signalni uređaji na razvodnoj tabli u kabini.

Miniranje se vrši upotrebom amonijum nitratskog praška koji se sipa u bušotine. Sigurnosne mere predviđaju strogu kontrolu uslova obezbeđenja i to:

— Izvor energije i kablovi moraju biti udaljeni najmanje 4 m od radijusa dejstva punjenja,

— u slučaju termičkog bušenja, bušotine se moraju hladiti 8 časova pre punjenja eksplozivom,

— stroga kontrola primene radio veza u zoni minerskih radova. S tim u vezi zona miniranja mora se posebno obeležiti.

Upotreba radio sistema u rejonu minerskih radova (snage do 25 Watt-a) limitirana je pojasom koji zahvata prostor od 30 m oko zone miniranja.

Transportni putevi za vozila nosivosti 105 t zahtevaju širinu od oko 33 metra, što dozvoljava formiranje sigurnosnih bermi. Pokazalo se kao vrlo praktično pažljivo popuniti berme komadima stena koji improvizuju izvestan zaštitni zid, odnosno sistem zaštite od skretanja vozila van puta. Ovo je primenjeno na svim glavnim transportnim putevima.

U sistemu zaštite važno mesto zauzima inspekcija i regulisanje stanja kosina na etažama.

S obzirom na vrlo čvrste stene i moguće povrede nogu zaposlenih radnika, obuća koju osoblje na kopu nosi, opremljena je specijalnim poklopcem od metala (slika 2).



Merama tehničke zaštite pridaje se veliki značaj i one se stalno usavršavaju. U taj proces posebno se moraju uključiti proizvođači opreme za površinske kopove.

I pored preduzetih mera, postojeće stanje se ne može smatrati zadovoljavajućim.

Obezbeđenje efikasnog rada opreme zahteva odgovorni prilaz i dobru organizaciju mera si-

gurnosti. Ovo se može obezbediti odgovarajućom službom koja se stara o sprovođenju mera u svim jedinicama. Samo na taj način može se postići efektivnost eksploatacije niskoprocenatnih ruda.

Dr Vuk Radović

Mankov H. i dr.: Ugradnja i ispitivanje uređaja za otprašivanje u pogonu COF — Pernik. — »Vglišča«, Sofija

Sistematska merenja zaprašenosti u pogonu Cof-Pernik u Bugarskoj u jednom dužem periodu vremena pokazala su da koncentracije prašine na radnim mestima u blizini izvora prašine znatno prelaze dozvoljene maksimalne vrednosti. Prosečne vrednosti zaprašenosti za pojedine izvore prašine su date tablično. S obzirom da se pored toga radilo i o vrlo finoj lebdećoj prašini sa sadržajem sl. SiO_2 od 8,9%, svoreni su vrlo povoljni uslovi za oboljevanje radnika. Zbog toga je donesena odluka da se izradi idejni projekat otprašivanja, zasnovan na naučnoj osnovi.

U tom cilju je u pogonu, na karakterističnim izvorima prašine, ugrađena eksperimentalna oprema za otprašivanje, sa ciljem da se eksperimentalno odrede potrebni polazni parametri za projektovanje.

Isprobani su sledeći elementi kompleksne tehničke zaštite:

— Formiranje prekrivke na izvorima prašine, njihova hermetizacija i odsisavanje vazduha sa fino-disperznom prašinom,

— formiranje prekrivke na izvorima prašine i orošavanje raspršenom finodispergovanom vodom,

— formiranje prekrivke sa jednovremenim orošavanjem raspršenom vodom i odsisavanjem,

— provetravanje prostorije u kombinaciji sa aspiracionim sistemom za otprašivanje,

— povremeno orošavanje zidova i podova prostorije,

— povremeno otklanjanje nataložene prašine.

Na osnovu višestrukog ispitivanja dobijeni su sledeći parametri značajni za projektovanje:

— optimalni potpritisak ispod prekrivke iznosio je 0,9—1,2 mmVS pri čemu su postignuti dovoljno aktivno kretanje vazduha pod prekrivkom i efektivne brzine na otvorima,

— optimalna brzina vazduha ispod prekrivke je iznosila 0,8—1,3 m/s, a u različitim delovima cevovoda u aspiracionom sistemu od 14,8—24,0 m/s,

— raspored koncentracije prašine u preseku horizontalnog dela cevovoda je bio približno ravnomeran,

— postignuti su sledeći efekti otprašivanja: na presipnim mestima, koja su najveći izvori prašine, smanjena je koncentracija sa 35—1200 mg/m^3 na 3,8—30 mg/m^3 , što iznosi 12—13 puta. Dobri rezultati su postignuti i na drugim izvorima. Tako je kod konusne drobilice početa koncentracija, koja se kretala u granicama 29—166

mg/m^3 spuštena na 2,9—16 mg/m^3 , što u proseku iznosi 10 puta. Postupkom orošavanja početna koncentracija je smanjena za 2,5—3,5 puta. Pri tome je vlažnost sirovine povećana neznatno 0,32%, a relativna vlažnost vazduha za 3%.

Zaključak. — Izvršena ispitivanja na primeru pogona Cof-Pernik pokazuju da, uz primenu odgovarajućeg kompleksnog otprašivanja, postoji mogućnost približavanja zaprašenosti dozvoljenoj koncentraciji, koju prerdviđaju sanitarne norme. Za postupno definitivno rešenje problema treba i dalje nastaviti saradnju između naučnih radnika, projekatana i stručnjaka koji rade neposredno u proizvodnji.

Dipl. ing. V. Ivanović,

Aršava, V. G. i dr.: Izenadni prodori uglja i gasa u rudnicima Donbasa i mere za njihovo sprečavanje, (Vnezapnye vybrosy uglja i gasa na šahtah Donbassa i mery ih predupreždenija). (09), »Tehnika« (USSR), 190 str., 1 r. 10 k., IV kvartal 1971. g., NK No. 6—71 g. (81).

Prezentira se analiza iznenadnih prodora uglja i gasa do kojih je došlo u toku poslednjih 10 godina, ocenjuje se efikasnost primenjenih mera borbe sa tim pojavama u različitim rudarsko-geološkim i rudarsko-tehničkim uslovima. Opisane su najefikasnije i najperspektivnije mere borbe sa iznenadnim prodorima uglja i gasa, kao i metodologija registrovanja i istraživanja ovih slučajeva.

Knjiga je namenjena inženjersko-tehničkom osoblju industrije uglja.

Barkolov, B. V. i Karpis, E. E.: Kondicioniranje vazduha u industrijskim, javnim i stanbenim zgradama (Kondicionirovanie vozduha v promyšlennyh, obščestvennyh i žilyh zdaniyah). (Osnovi projektovanja i proračuna), (09), »Strojizdat«, 400 str., ilustr., u pretplati, 1 r. 53 k., IV kvartal 1971. g., NK No. 9—71 g. (92).

Uopštena su iskustva istraživanja, projektovanja i proračuna sistema za kondicioniranje vazduha i njihovih elemenata. Navedene su principijelne šeme postojećih i novih sistema za kondicioniranje vazduha i sistema za snabdevanje kondicionera potrebnom toplotom, odnosno hladnoćom. Izložena je metodologija termotehničkih, aerodinamičkih i hidrauličnih proračuna.

Knjiga je namenjena stručnjacima projektantskih izvođačkih i naučno-istraživačkih institucija, koji se bave kondicioniranjem vazduha. **Zaštita rada** (Ohrana truda), zbornik normativnih materijala, (03), »Profizdat«, 480 str., 1 r. 70 k., III kvartal 1971. g., NK No. 7—71 g. (53).

U zborniku su sadržani osnovni, uglavnom novi, dokumenti, neophodni za ostvarivanje kontrole poštovanja zakonodavstva u pogledu zaštite na radu u preduzećima. U neophodnim slučajevima daje se praktičan komentar o osnovnim zakonodavnim postavkama.

Egiazarov, A. G.: **Izrada i montaža sistema industrijske ventilacije i kondicioniranja vazduha** (Izgotovljenje i montaž sistem promišlennoj ventilaciji i kondicioniranija vozduha), udžbenik za prof.-teh. škole, (09), izd. treće prerad. i dop., Vysš škola«, 335 str., sa ilustr., u preplati, 68 k., II kvartal 1971. g., NK No. 7—71 g. (240).

Navedene su osnovne postavke o uređajima sistema industrijske ventilacije; data je klasifikacija načina ventiliranja industrijskih objekata; opisan je princip rada prirodne i mehanič-

ke ventilacije. Razmotrena je najnovija oprema ventilacionih sistema i sistema kondicioniranja vazduha, načini izrade pojedinih elemenata ventilacionih sistema u uslovima montažne platforme i u pripremnim radionicama; konstrukcija mehanizama koji se primenjuju pri izradi ovih elemenata, a takođe i pravila tehnike sigurnosti.

Treće izdanje je dopunjeno podacima o uređajima, montaži i eksploataciji sistema kondicioniranja vazduha.

Bibliografija

Kontrola temperature. (Temperature controller). »Quarry Managers' J.«, 54 (1970) 1, str. 34, (engl.)

Pitanja sigurnosti na radu kod miniranja u rudnicima uglja. (Voprosy bezopasnosti vzryvnyh rabot v ugol'nyh šahtah). Sb. članaka Gos. Makeevsk. n. —i. in-t po bezopasnost. rabot v gorn. prom-sti. MakNII. Makeevka-Dombass, (1968), 190 str. il., (rus.)

Dörfelt, H.: **Stanje sigurnosti na radu u oblasti miniranja.** (Zum Stand der technischen Sicherheit auf dem Gebiet des Sprengwesnes). — »Sicherheit, Bergbau, Energiewirtsch. Met.«, 15 (1969) 6, str. 126—128, (nem.)

Karakteristični nesrećni slučajevi u austrijskom rudarstvu u 1968. g. (Bemerkenswerte Unfälle im österreichischen Bergbau 1968). »Montan-Rundschau«, 17 (1969) 12, str. 291—293, (nem.)

Ventilacija i odvodnjavanje. (Ventilation and drainage). »Coal Age«, 74 (1969) 10, str. 145—149, (engl.)

Karnauh, N. V.: **O određivanju stabilnosti smera vazdušnih struja u dijagonalama.** (K voprosu opredelenija ustojčivosti napravlenija vozdušnyh potokov v diagonaljah). U sb. »Tezisy dokl. Resp. naučno-tehn. konferencii molodyh učenyh po probl. ugol'n. prom-sti USSR, 1968«, Doneck, (1968), 107—109, (rus.)

Kempf, E. i Bergmann, W.: **Optimalni prečnik ventilacionih okana.** (Der optimale Durchmesser von Wetterschächten). »Bergakademie«, 20 (1968) 11, str. 670—675, (nem.)

Deordica, Ju. S. i Mihaljenko, V. M.: **O jednoj metodi određivanja informacije o parametrima ogranaka jamske ventilacione mreže uz pomoć elektronskog računara.** (Ob odnom sposobu opredelenija informacii o parametrah vetvej šahtnyh ventilacionnyh setej s pomošč'ju ECVM). U sb. »Tezisy dokl. Resp. naučno-tehn. konferencii molodyh učenyh po probl. ugol'n. prom-sti USSR, 1968«, Doneck, (1968), str. 112—114, (rus.)

Schlimbach, E.: **Gibljive vetrene cevi.** (Biegsame Wettelutte). Patent SR Nemačke, kl. 5d, 1/04, (E 21 f), Nr. 1149680, prijav. 23. 08. 58, publ. 28. 03. 68, (nem.)

Lidin, G. D.: **Međunarodni kongres po pitanjima rudničke ventilacije.** (Meždunarodnyj kongress po voprosam rudničkoj ventilaciji). »Bezopas. truda v prom-sti«, (1970) 1, str. 56—60, (rus.)

Lidin, G. D., Klebanov, F. S. i dr.: **O kretanju vazduha na širokim čelima sa mehanizovanom podgradom.** (O dviženii vozduha v lavah s mehanizirovannyimi krepjami). »Naučn. soobšč. In-t gorun dela im. A. A. Skočinskogo«, (1969) 66, str. 85—91, (rus.)

Barenburg, A. W.: **Rudnička ventilacija. Deo I.** (Mine Ventilation. Part I). »Coal, Gold and Base Minerals South Africa«, 17 (1969) 9, str. 61—63, (engl.)

Stenuit, R.: **Da li je potrebno reverzirati ventilaciju pri pojavi požara u jami.** (Fautil inverser l'aerage en cas d'incendie). Ann. mines Belg., (1969) 11, str. 1265—1269, (franc.)

Afans'ev, V. P.: **O kriterijumima stabilnosti smera ventilacione vazdušne struje u dijagonalama.** (O kriterijah ustojčivosti po napravleniju ventilacionnyh struj v diagonaljah). »Tr. Vses. N. —i. in-t zolota i redk. met.«, 29 (1969), str. 107—116, (rus.)

Gebler, W. F.: **Merenje protoka vazduha kroz ventilaciono okno jame.** (Quantity measurement in an upcast shaft). »J. Mine Ventil. Soc. S. Africa«, 22 (1969) 10, str. 201—203, (engl.)

Waclawik, J.: **Proračun temperature vazduha u mreži jamskih hodnika.** (Obliszanie temperatury powietrza w sici wyrobisk kopalnych). »Przegl. górń.«, 25 (1969) 7—8, str. 382—390, (polj.)

Zabudnjaev, G. S.: **Korišćenje emulzija za borbu sa prašinom u jamama.** (Ispol'zovanie emul'sij dlja bor'by s ugol'noj pyl'ju v šahtah). U sb. »Materialy Konferencii molodyh učenyh, posvjašč. 50 letiju VLKSM. In-t gorn. dela im. A. A. Skočinskogo. Tezisy dokl.«, M., 1968, str. 13, (rus.)

- Bykov, A. M. i Tereščenko, Ju. F.: **Sprečavanje eksplozije prašine pri otkopavanju škriljaca.** (Predupreždenie vzryvov pyli pri razrabotke gorjućih slancev). Tr. Vost. n. —i. in-ta po bezopasnost. robot v gornoj promyšlennosti«, (1969) 11, str. 139—146, (rus.)
- Šmaev, M. L.: **Borba sa jamskom prašinom u jamama rudnika uglja.** (Bor'ba s rudničnoj pyl'ju v podzemnyh vyrabotkah ugol'nyh šaht). »Tezisy dokl. Resp. naučno-tehn. konferencii molodyh učenyh po probl. ugol'n. prom-sti USSR, 1968«, Doneck, 1968, str. 25, (rus.)
- Morse, K.: **Progrers u oblasti borbe sa prašinom u rudnicima uglja.** (Coal industry's Progress in dust control). »Mining Congr. J.«, 55 (1969) 7, str. 32—41, (engl.)
- Toit, R. S. J.: **Standardizacija merenja za prašenost vazduha.** (Dust standards). »J. Mine Ventil. Soc. Africa«, 22 (1969) 12, str. 221—223, (engl.)
- Saizew, N. A. i Filipova, M. P.: **Prečišćavanje zaprašenog vazduha u jamama.** (Reinigung staubhaltiger Grubenwetter). »Bergakademie«, 22 (1970) 1, str. 30—33, 2, (nem.)
- Burčakov, A. S., Sergeev, V. S. i dr.: **Metoda obaranja prašine.** (Sposob osadždenija pyli). Patent SSSR, kl. 5d, 5/20, E 21 f, Nr. 244—272 prijav. 21. 03. 67, publ. 28. 10. 69.
- Solgalov, E. V., Popovič, S. P. i dr.: **Otprašivanje vazduha pri torkretiranju jamskih prostorija.** (Obespylivanie vozduha pri torkretirovanii gornyh vyrabotok). »Bezopasn. truda v prom-sti«, (1970) 2, str. 47, (rus.)
- Oprema za zaštitu na radu.** (Life support system). »Cryogenics«, 8 (1968) 6, str. 403, (engl.)
- Izolacioni aparat za disanje.** (Self-contained apparatus). »Mining J.«, 273 (1969) 7007, str. 513, (engl.)
- Respirator za davanje hitne pomoći.** (Blader respirator for first aid). »Internat. Mining Equipm.«, 20 (1969) 5, str. 22, (engl.)
- Alpern, B.: **Tektonika i gasonosnost ugljenih slojeva. Analiza literature i pojedini primeri.** (Tectonics and gas deposit an coalfields. A bibliographical study and examples of application). »Internat. J. Rock Mech. and Mining Sci.«, 7 (1970) 1, str. 67—76, (engl.)
- Dzidziguri, A. A. i Cincadze, Ju. D.: **O mehanizmu izdvajanja metana iz ugljenog sloja pri promeni režima vetrenja.** (K mehanizmu vydelenija gaza iz ugol'nogo plasta pri izmenenii režima provetrevanija). »Sakartvelos SSR Mecnierebata Akademiiis moambe, Soobšč. AN GruzSSSR«, 57 (1970) 1, str. 113—115, (rus.)
- Zajcev, L. V. i Zamula, A. N.: **Uređaj za signalizaciju o stanju objekta.** (Ustrojstvo dlja signalizacii o sostojaniju ob'ekta). Patent SSSR, kl. 21c 46/50, 74v, 5/02, (G 05 f, G 08 c), Nr. 242258, prijav. 16. 02. 68, publ. 16. 09. 69.
- Mec, Ju. S., Podorvanov, A. Z. i dr.: **Ispitivanje gasova koje stvaraju novi eksplozivi u jamama Krivbasa.** (Issledovanie gazovosti novyh V. V. na šahtah Krivbassa). »Sb. naučn. statej. N. —i. gornorudn. in-t USSR«, (1968) 15, str. 43—48, (rus.)
- Portativan aparat za analizu gasova.** (Portable gas detector). »S. Afric. Mining and Engng J.«, 79 (1968) 3953, str. 1089, (engl.)
- Mordalski, J. i Kondracki, R.: **Opasnost od gasova vezana sa radom motora sa unutrašnjim sagorevanjem.** (Raspoznanie zagroženia gazovogo stwarzanego przez maszyny spalnowe). »Rudy i metale niežel.«, 14 (1969) 10, str. 575—578, (polj.)
- Cybulski, W. B.: **Ispitivanje eksplozija ugljene prašine koje se prostiru u dva smeru.** (Investigations on coal dust explosion propagation in two directions). »Bull. Acad. polon. sci. Ser. sci. techn.«, 17 (1969) 8, str. 659—699, (engl.)
- Cyblski, W.: **Opšte formule, koje određuju predohranu ugljene prašine od širenja eksplozije.** (Formules generales definissant la protection de la poussiere de charbon contre la propagation de l'explosion). »Bull. Acad. polon. sci. Ser. sci. techn.«, 17 (1969) 7, str. 645—650, (franc.)
- Gorbačev, D. T., Igišev, V. G. i dr.: **Po pitanju kvalitativne procene faktora koji prouzrokuju samozapaljenje uglja u blizini mesta postavljanja pregrada.** (K voprosu kačestvennoj ocenki faktorov obuslavljujuščih samovozgoranie uglja u mest vozvedenija peremyček). U sb. »Vopr. rudničn. aerologii«, Vyp. 2, Kemerovo, 1969, str. 310—314, (rus.)
- Žuravlenko, V. Ja., Mukodev, N. I. i dr.: **Temperaturno polje stenskog masiva kod izotermičkog delovanja na podzemni sloj.** (Temperaturnoe pole gornogo massiva pri izotermičeskom vozdejstvii na podzemnyj plast. U sb. »Vopr. tehn. teplotehn.«, Kiev, »Naukovaja dumka«, 1968, str. 120—125, (rus.)
- Tel'noj, A. P. i Stukala, V. A.: **Eksperimentalno određivanje temperaturske zavisnosti toplotne provodljivosti taložnih stena.** (Eksperimental'noe opredelenie temperaturnoj zavisimosti teploprovodnosti osičnyh porod). U sb. »Tezisy dokl. Resp. naučno-tehn. konferencii molodyh učenyh po probl. ugol'n. prom-sti USSR, 1968«, Doneck, 1968, str. 119—121, (rus.)

- Siegel, L.: **Provodljivost toplote i parametar difuzije u kritičnoj tački.** (Thermal conductivity and diffusion parameter: critical point behavior). »J. Phys. Chem.«, 72 (1968) 12, str. 4316—4317, (eng.)
- Gorbenko, V. S., Košelev, M. P. i dr.: **Ispitivanje uticaja temperature na provodljivost stena za vodu i gasove.** (Issledovanie vlijanija temperatury na pronicaemost' gornyh porod). U sb. »Vopr. tehn. teplofiz. Vyp. 2«, Kiev, »Nauk. dumka«, 1969, str. 136—138, (rus.)
- Baltajtis, V. Ja., Klešunov, P. P. i dr.: **Određivanje vremena hlađenja stenskog masiva posle njegovog zagrevanja usled podzemnog požara.** (Opređenje vremeni ostyvanija gornogo massiva posle nagrevanija ego podzemnym požarom). »IVUZ. Gornyj ž.«, (1970) 2, str. 56—58, (rus.)
- Hulanicki, S. i Glowiak, B.: **Ispitivanje temperature paljenja aerozola mrkih ugljeva.** (Badania nad temperatura samoplonu chmur aerorozoli wegli brunatnych). »Wegiel brun.«, 10 (1968) 4, str. 313—318, (polj.)
- Cybulski, W. B.: **Ispitivanje eksplozija ugljene prašine koje se prostiru u dva smera.** (Investigation on coal dust explosion propagation in two directions). »Bull. Acad. polon. sci. Ser. sci. tech.«, 17 (1969) 8, str. 695—699, (engl.)
- Generator pene za gašenje podzemnih požara.** (Foam generator for mine fires). »Internat. Mining Equipm.«, 19 (1968) 6, str. 23, (engl.)
- Sredstva sigurnosti na radu i zaštite od požara.** (Fire protection and safety system). »Minig Mag.«, 119 (1968) 5, str. 384, (engl.)
- Lindeau, N. I.: **Pitanja sigurnosti na radu u rudnicima uglja.** (Voprosy bezopasnosti v ugol'nyh šahtah). M., »Nedra«, 1969, 255 str. (rus.)
- Kovačević, P. M., Majdanovska, E. A. i dr.: **O proceni verovatnoće nastajanja jamskog požara.** (K ocenke verovatnosti vozniknovenija požarov na šahte). »Fiz. — techn. probl. razrabotki polezn. iskopaemyh«, (1969) 6, str. 114—116, (rus.)
- Kostreckij, A. A.: **Određivanje nekih konstanti u jednačini toplotnog bilansa oksidacije piritne rude.** (Opređenje nekotoryh konstant uravnenija teplovogo bilansa okislenija kol'čedannoj rudy). »Naučn. soobšč. In-t gorn. dela im. A. A. Skočinskogo«, 52 (1969), str. 122—128, (rus.)
- Moiseev, V. A.: **O proračunu pokazatelja stepena opasnosti od požara.** (K voprosu o rasčete pokazatelja stepeni požaroopasnosti). U sb. »Vopr. rudničn. aerologii«, Vyp. 2, Kemerovo, 1969, str. 286—293, (rus.)
- Kušnarev, A. M., Senkevič, O. V. i dr.: **Iskustvo u primeni karbamidne plastične mase (penoplast) za izolaciju požara u jamama Donbasa.** (Opyt primenenija karbamidnogo penoplasta dlja izoljacii požarnyh učastkov na šahtah Donbassa). »Bezopasnost' truda v prom-sti«, (1969) 11, str. 23—24, (rus.)

Časopis „SIGURNOST U RUDNICIMA“

Izlazi četiri puta godišnje.

Godišnja pretplata:

za pojedince	40,00 ND
za ustanove i preduzeća	250,00 ND

Pozivamo sve rudarske stručnjake, saradnike naučnih ustanova i drugih organizacija na saradnju u časopisu »Sigurnost u rudnicima« po svim pitanjima iz oblasti zaštite na radu u eksploataciji mineralnih sirovina, nafte i gasa, kamena i dr.

Svi prilozi se honorišu.

Honorar po autorskom tabaku iznosi:

- za naučne i stručne članke od 350,00 do 500,00 ND
- za prikaze iz prakse (iskustva u sprovođenju zaštite na radu) od 250,00 do 350,00 ND
- za prikaze savetovanja, kongresa do 250,00 ND

Stručne recenzije honorišu se od 60,00 do 120,00 ND po prvom tabaku.

Oglašavajte se u našem časopisu!

Cena oglasa je 1.200,00 ND 1/1 strana
900,00 ND 1/2 strane

Redakcija časopisa

Colliery Guardian

je britanski mesečni tehnički časopis iz oblasti rudarske industrije uglja. Njegova izdavačka politika je pružanje potpunih i savremenih informacija o tehnikama i opremi za podzemnu eksploataciju uglja, kako u Velikoj Britaniji, tako i u prekomorskim zemljama. Pored toga, postoji i važan komercijalni odeljak, posvećen novostima iz podzemne eksploatacije uglja širom sveta.

Za proizvođače opreme koji žele da oglašavaju svoje proizvode međunarodnoj rudarskoj industriji uglja, COLLIERY GUARDIAN dospeva u četrdeset devet zemalja i zaista pokriva celokupno britansko tržište.

Pored redovnih mesečnih izdanja
GODIŠNJAK COLLIERY GUARDIAN-a
za rudarsku industriju uglja izlazi u septembru

Godišnja pretplata — 7.10 Od. (7.5) funti sterlinga

Za besplatan uzorni primerak i dopunska obaveštenja obratiti se:

The Managing Director,
COLLIERY GUARDIAN
John Adam House
17-19 John Adam Street,
London W. C. 2.

NOVO!

NOVO!

NOVO!

Komisija za rudarsku terminologiju pri Rudarskom institutu u Beogradu pripremila je za vas petojezični

RUDARSKI TERMINOLOŠKI REČNIK

koji obuhvata 16.500 termina

U radu na rečniku učestvovali su najjemenentniji stručnjaci iz rudarstva i njemu srodnih oblasti.

Termini, obuhvaćeni rečnikom, dati su na srpskohrvatskom, engleskom, francuskom, nemačkom i ruskom jeziku.

Na kraju rečnika dat je registar za svaki strani jezik.

Jednostavan, praktičan, u tvrdom povezu, rečnik ima format pogodan za upotrebu.

O-113

odlagalište, hidromonitorno visinsko

flushing dump above level
décharge (f) à chasse d'eau au
dessus du niveau
Hochspülkippe (f)
высокосмывной отвал

O-114

odlagalište, klizanje

stockpile sliding; depot sliding
glissement (m) du remblai
Kippenrutschung
отвальный оползень

O-115

odlaganje, mesto

depot position; storage position
position (f) du dépôt
Kippstelle (f)
отвальное место

O-116

odlagalište, napredovanje

advance of waste dump
avancement (m) du dépôt
Kippenfortschritt (m)
подвигание отвала

O-117

odlagalište, odbacivačko

stacker dump
dépôt (m) formé par l'engin de rejet
Absetzerkippe (f)
экскаваторный (абзетцерный) отвал

O-118

odlagalište, okrenut ka

facing the stockpile; facing the depot
face (f) vers le dépôt; face (f) vers
le remblai
kippenseitig
со стороны отвала

Cena iznosi 230,00.— din. — Rečnik se može dobiti i na otplatu — 4 rate.

N A R U D Ź B E N I C A

(za preduzeća – ustanove)

Neopozivo se pretplaćujemo na časopise za 1971. god.

N. dinara

RUDARSKI GLASNIK godišnja pretplata	250,00
SIGURNOST U RUDNICIMA godišnja pretplata	250,00

Ukupno: 500,00

Uplatu ćemo izvršiti u korist tekućeg računa br. 608-3-1163-7 SDK Zemun, Rudarski institut – Beograd (Zemun), Batajnicki put 2.

Napomena: nepotrebno precrtati

(mesto i datum)

Preduzeće — ustanova

Adresa _____

MP _____

N A R U D Ź B E N I C A

(za individualnu pretplatu)

Neopozivo se pretplaćujemo na časopise za 1971. god.

N. dinara

RUDARSKI GLASNIK godišnja pretplata	40,00
SIGURNOST U RUDNICIMA godišnja pretplata	40,00

Ukupno: 80,00

Uplatu ćemo izvršiti u korist tekućeg računa br. 608-3-1163-7 SDK Zemun, Rudarski institut – Beograd (Zemun), Batajnicki put 2.

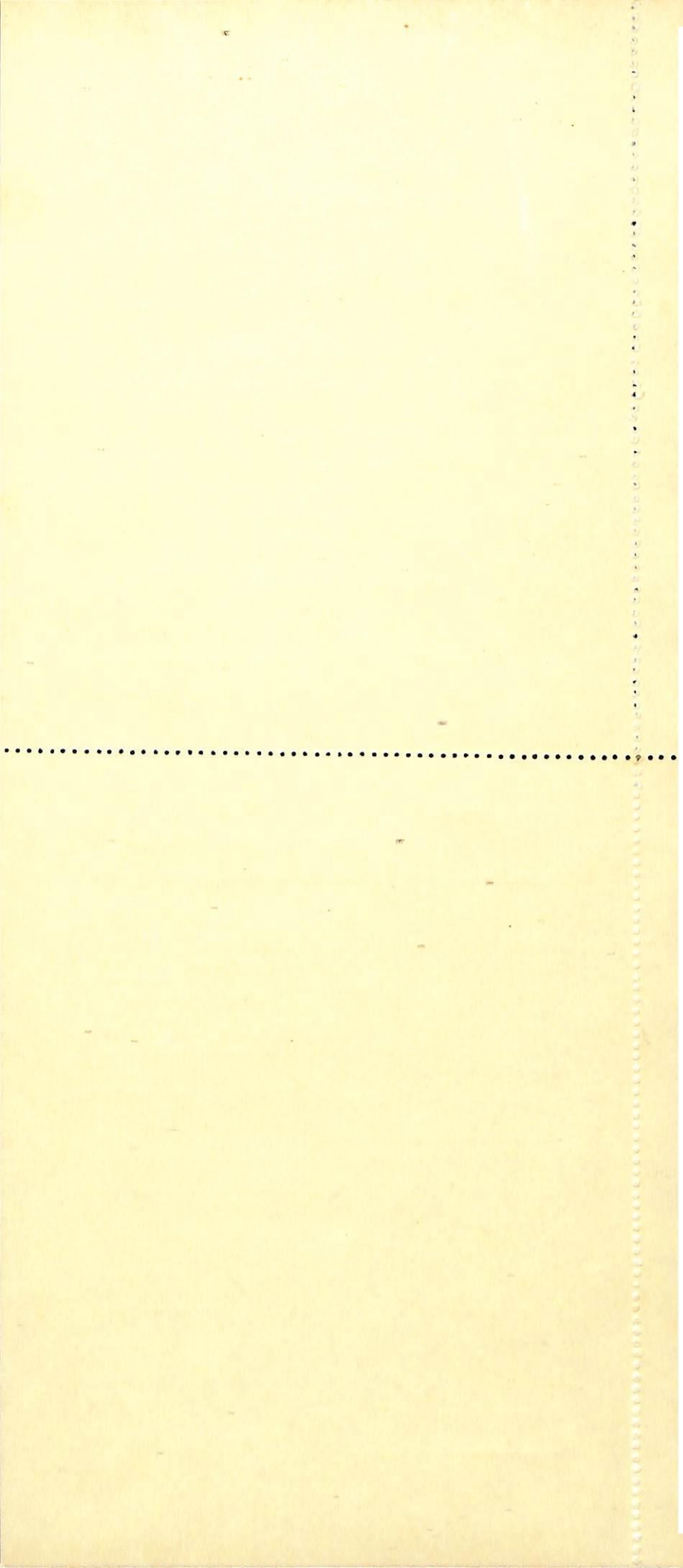
Napomena: nepotrebno precrtati

(mesto i datum)

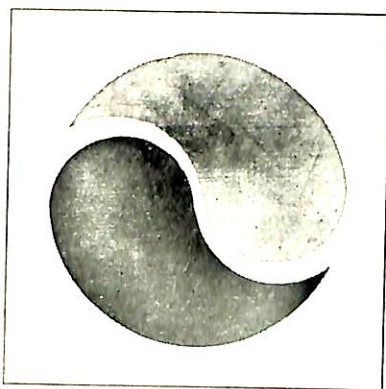
(ime naručioca)

(adresa)

Overava preduzeće — ustanova



naša delatnost



NAFTAGAS

NAFTNA INDUSTRIJA

NOVI SAD

P. F. 337, TELEFON 53-322 TELEX 14-196

U OBLASTI INDUSTRIJE I RUDARSTVA:

Istraživanje nafte i gasa
Bušenje na naftu i gas
Proizvodnja nafte i prirodnog gasa
Osnovna prerada nafte i prirodnog gasa
Proizvodnja i prerada petrohemijskih i hemijskih proizvoda
Istraživanje i studije u oblasti osnovnih proizvodnih delatnosti

U OBLASTI TRANSPORTA:

Transport nafte i gasa i njihovih derivata

U OBLASTI GRADEVINARSTVA:

Izrada investiciono-tehničke dokumentacije u oblasti proizvodnje
Transporta
Prerada nafte i gasa
Petrohemijske
Hemijske proizvodnje
Za sopstvene potrebe i potrebe drugih pravnih lica
Izvođenje građevinskih i montažnih radova

U OBLASTI ISTRAŽIVANJA:

Proizvodnje
Transporta
Prerade i distribucije
Nafte i gasa, kao i cevovoda svih vrsta za sopstvene potrebe i treća lica

U OBLASTI SAOBRAĆAJA:

Prevoz lica motornim vozilima u drumskom saobraćaju za sopstvene potrebe
Javni prevoz stvari motornim vozilima u slobodnom drumskom saobraćaju
Prevoz lica i stvari sredstvima železničkog saobraćaja na svom industrijskom koloseku

U OBLASTI TRGOVINE:

Nabavka i prodaja na malo i veliko tečnog gasa i uređaja za tečni gas (novih i polovnih)
Uvoz za sopstvene potrebe, izvoz sopstvenih proizvoda i vršenje investicionih radova u inostranstvu
Nabavka radi prodaje derivata nafte i prodaja derivata na veliko i malo, putem sopstvene prodajne mreže
Uvoz nafte i derivata nafte za potrebe drugih privrednih organizacija
Reeksport nafte: derivata nafte (uvoz iste robe radi izvoza i direktan reeksport)

U OBLASTI USLUGA:

Vršenje servisnih usluga specijalnim uređajima u oblasti istraživanja, proizvodnje i transporta nafte i gasa
Vršenje usluga i proizvodnja u remontnim i mašinskim radionicama
Vršenje laboratorijskih usluga
Kontrola instalacija za primenu tečnih goriva i
Popravak uređaja za gas.



BECORIT GRUBENAUSBAU G.m.b.H. RECKLINGHAUSEN

... und wir möchten Ihnen mitteilen, dass Ihnen mit mehrsprachigem Fachwörterbuch ein ganz grosser Wurf gelungen ist. Obwohl die Bergleute in der ganzen Welt eine Sprache sprechen, die Sprache der Technik, verbunden mit den gemeinsamen Problemen und den alle Bergleute verbindenden Sorgen, ist ein derartiges Wörterbuch eine grosse Hilfe zur Überbrückung von reinen Sprachschwierigkeiten.

Wir können Ihnen zu diesem Fachwörterbuch nur gratulieren und hoffen, dass es zur weiteren Verständigung in der grossen Völkerfamilie beitragen wird.

... želeli bismo da Vam saopštimo da ste tim višejezičnim stručnim rečnikom napravili veliki potez. Mada rudari celog sveta, povezani zajedničkim problemima i brigama, govore istim jezikom — jezikom tehnike, ovaj rečnik je velika pomoć za savlađivanje čisto jezičkih teškoća. Možemo Vam na tom rečniku čestitati i nadati se da će doprineti daljem sporazumevanju u velikoj porodici naroda.



**World
Mining**

EDITED FOR THE
MINERALS MINING INDUSTRY OF THE WORLD



Thank you very much for sending me your excellent Mining Dictionary. I shall be pleased to publish a review of it in World Mining... congratulations on your publication of this very useful reference work.

Zahvaljujem se na slanju vašeg odličnog Rudarskog rečnika. Biće mi zadovoljstvo da objavim njegov prikaz u World Mining-u... primite čestitanja za publikovanje ovog veoma korisnog priručnika.

**SCHWERSCHMIEDEN
BEARBEITUNGSWERKSTÄTTEN**

**HEUER
HAMMER** 5868 LETMATHE—UNTERGRÜNE

SEIT  1893

... teilen wir Ihnen mit, dass wir das Bergbauwörterbuch, das Sie uns zugesandt haben, ausgezeichnet finden. Das grosse Stichwortverzeichnis in 5 Sprachen hat uns bisher gute Dienste geleistet und wird es auch in Zukunft tun.

... saopštavamo Vam, da nalazimo da je Vaš Rudarski rečnik koji ste nam poslali odličan. Veliki registar na pet jezika učinio nam je do sada dobre usluge, a činiće to i ubuduće.

BERGAKADEMIE FREIBERG



Die Auswahl der Begriffe erfolgte sehr zweckmässig und nach neuesten Erkenntnissen, so dass auch alle modernen Termini im Wörterbuch enthalten sind... so dass dieses Wörterbuch für Übersetzungen bergbaulicher, aufbereitungstechnischer, geophysikalischer und geologischer Arbeiten von grossem Nutzen sein wird.

Die solide Aufmachung des sehr umfangreichen Wörterbuches und der tadellose Druck werden das Werk zu einem sehr bleiben Handbuch werden lassen. Das Wörterbuch wird allen Institutionen, die sich mit fremdsprachigen Literaturauswertungen beschäftigen, zum Gebrauch empfohlen.

Izbor pojmova je izvršen vrlo celishodno i prema najnovijim saznanjima tako da su u rečniku sadržani svi moderni termini... taj se Rudarski rečnik može vrlo korisno upotrebiti za prevodenje radova iz rudarstva, PMS, geofizike i geologije.

Solidna oprema vrlo obimnog rečnika i besprekorna štampa učiniće da će ova knjiga postati vrlo popularan priručnik. Rečnik se preporučuje svim institucijama koje se koriste stfanom literaturom i njenim obradivanjem.

ERZMETALL

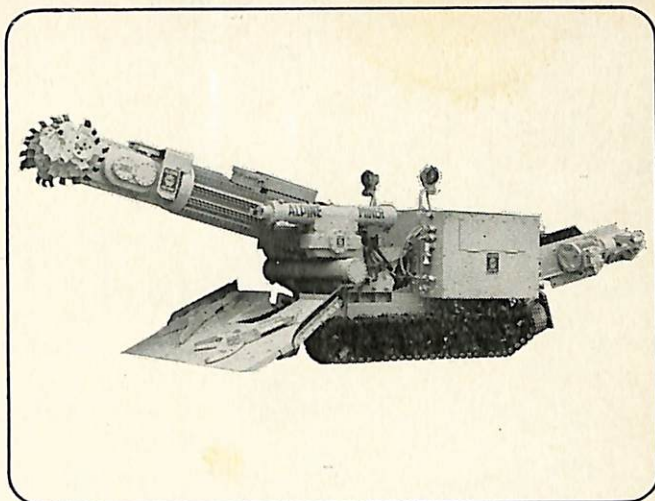
Dieses Bergbauwörterbuch ist das Engebins jahrelanger Arbeit. Das ansprechend hergestellte und handliche Nachschlagewerk enthält mehr als 16.500 Fachausdrücke aus dem Bergbau, dem Hüttenwesen... Das erstaunlich vollständige Fachbuch enthält Begriffe wie »Abbaufont, stempelfreie«,... Übersichtliche Sachwortregister in den vier nicht-serbo-kroatischen Sprachen führen schnell über Kennzeichen zu der jeweiligen fünfsprachigen Wortzusammenstellung. Die Übersetzungen der einzelnen Zusammenstellungen sind knapp aber gut durchgeführt. Das »Bergbauwörterbuch« darf wohl als international anspruchsvoll bezeichnet und zur Anschaffung, nicht nur für Bibliotheken und Übersetzer, empfohlen werden.

Ovaj Rudarski rečnik je rezultat dugogodišnjeg rada. Dobro izrađen i za rukovanje spretan priručnik sadži više od 16.500 stručnih izraza iz rudarstva, metalurgije... Zadivljujuće kompletna stručna knjiga sadži izraze kao »otkopno čelo bez podupirača«... Pregledni registri u četiri ne-srpskohrvatska jezika omogućavaju brzo pronalaženje kompletnog termina preko oznake. Za ovaj Rudarski rečnik se može reći da ima pravo na internacionalno priznanje i preporučuje se ne samo bibliotekama i prevodiocima.

Za rudarstvo isporučuje

ALPINE

Između ostalog niže navedene uređaje i mašine

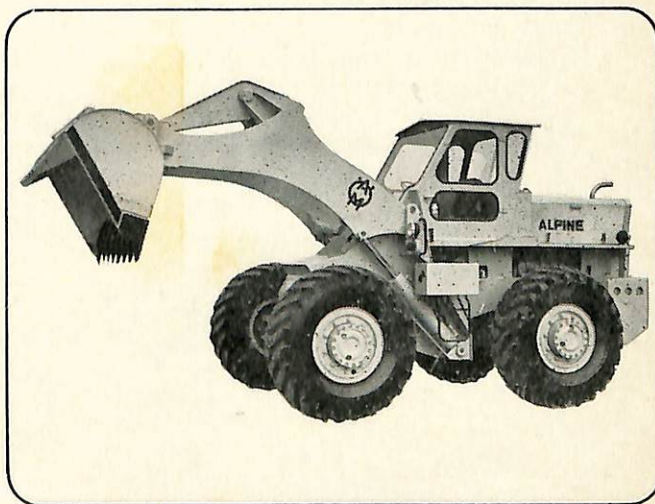
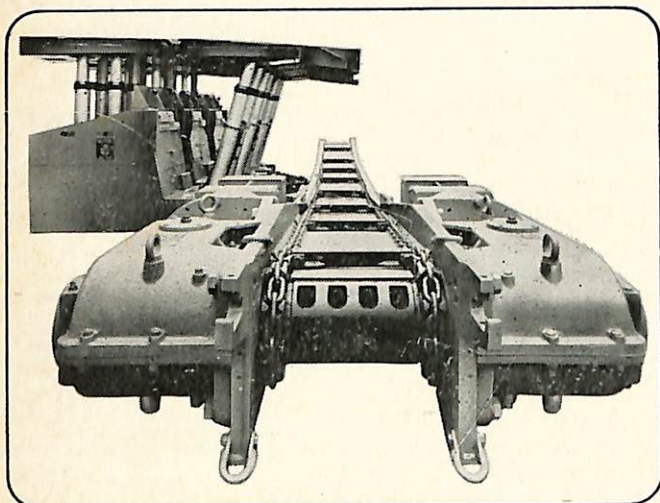


Mašine za izradu hodnika sa postrojenjima za izradu tunela u stenama do 500 kp/cm² pritiska na čvrstoću



Hydrauličke podgradne okvire sa dvolančanim grabuljarima i svim dodatnim uređajima

Utovarače na pneumaticima od 1,25 m³ do 2,7 m³ zapremine kašike



Dalje: postrojenja za izvoz oknom, podgradu za hodnike i okna, utovarače na širokim čelima svih vrsta, mehanička sita, mlinove za udarno mlevenje, postrojenja za sagorevanje smeća

OESTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESSELLSCHAFT

A-1011, POSTFACH 91, WIEN I, FRIEDRICHSTRASSE 4, VERKAUF TELEFON (0222) 57 76 76
Telegrammadresse Comalp Wien, Fernschreiber Wien 11820 ALPGD A, 11828 ALPGD A



RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 691-223 telex 11830 YU RI

ZAVOD ZA TERMOTEHNIKU

- vrši za sva termička, procesna i termoenergetska postrojenja:
 - garancijska i kontrolna ispitivanja
 - optimiranje
 - pogonska ispitivanja
 - atestiranje
 - izrađuje studije, idejne i glavne mašinsko tehnološke projekte za rekonstrukciju postojećih i za nova postrojenja

- izrađuje studije i idejne i glavne tehnološko mašinske projekte za primenu gasa u industriji i za grejanje

- vrši ispitivanja svih vrsti i atestiranje, kao i izrađuje studije i idejne i glavne mašinsko tehnološke projekte za suzbijanje aerzagadenja u industriji i gradovima

- vrši sva ispitivanja, optimiranje i atestiranje, kao i izrađuje idejne i glavne projekte za kompresorska postrojenja

- izrađuje studije i idejne i glavne mašinsko tehnološke projekte transporta toplote i gasa

- izrađuje studije i idejne i glavne mašinsko tehnološke projekte za toplofikaciju gradova i industrijskih naselja

-
- 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 691-223 (Teleks 11830 YU RI)

Poštanski fah 116.

RI
