

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637

BROJ **2**
1990

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

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

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637

BR0J **2**
1990

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

Izdavač:

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

Redakcija:

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Glavni urednik:

dr inž. ĐURO MARUNIĆ, Beograd

Redakcioni odbor:

RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
ALEKSANDAR ČURČIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd
MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd
MIRA MITROVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd

Redakcija:

JELENA SIMONVIĆ, dipl.fil., Rudarski institut, Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Republički fond za nauku, Beograd

**TEHNIČKI REDAKTOR: JELENA SIMONVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA
NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) –
FOTO: S. RISTIĆ**

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT. BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA
**ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV
ČERNI” – BELI POTOK, JAROSLAVA ČERNOG 80, TEL. 649-265**

SADRŽAJ

Eksplotacija mineralnih sirovina

LJUBOMIR VUKAJLOVIĆ – LJUBOMIR BLAŽEVIĆ – JOVAN RADOJEVIĆ

Primena savremenih metoda razrade i pripreme rudnih tela u ležištu Trepča, Stari Trg (prethodna saopštenja)	5
Summary	10
Zusammenfassung	10
Rezjume	10

SLOBODAN IVKOVIĆ

Potrebe za revitalizacijom i modernizacijom rudarske opreme koja obezbeđuje ugalj za termoelektrane (originalni naučni rad)	11
Summary	13
Zusammenfassung	14
Rezjume	14

VUKAJLO RAKONJAC

Metodologija za određivanje racionalnog funkcionisanja kontinualnih sistema na površinskim otkopima primenom računarske tehnike (saopštenje)	15
Summary	23
Zusammenfassung	24
Rezjume	24

Priprema mineralnih sirovina

MILOLJUB GRBOVIĆ – DINKO KNEŽEVIĆ – DUŠAN TODOROVIĆ

Diskontinuirani transport i deponovanje hidromešavine pepela TE Gacko na postojećoj deponiji Dražljevo (originalni naučni rad)	25
Summary	30
Zusammenfassung	31
Rezjume	31

BOŽIDAR BRANKOVIĆ

Koncentracija magnezitske atapulgijske rude iz Australije postupkom termičke obrade materijala i pneumatske koncentracije (originalni naučni rad)	32
Summary	39
Zusammenfassung	39
Rezjume	39

Ventilacija i tehnička zaštita

SLAVKO KISIĆ – MOMIR ANDRIĆ – DRAGAN KRUNIĆ

Otprašivanje primarnog drobljenja rude u jami rudnika Bor (stručni rad)	41
Summary	46
Zusammenfassung	47
Rezjume	47

BRANISLAV GRBOVIĆ

Određivanje efikasnosti otprašivača tipa venturi skruber (stručni rad)	48
Summary	51
Zusammenfassung	52
Rezjume	52

Termotehnika

VOJMIR DIMIĆ

Kontrola emisije štetnih materija u dimnom gasu u termoelektranama koje sagorevaju sprášeni lignit (originalni naučni rad)	53
Summary	60
Zusammenfassung	60
Rezjume	61

<i>Nova oprema i nova tehnička dostignuća</i>	62
--	-----------

<i>Bibliografija</i>	65
---------------------------------------	-----------

PRIMENA SAVREMENIH METODA RAZRADE I PRIPREME RUDNIH TELA U LEŽIŠTU TREPČA, STARI TRG

(sa 6 slika)

Ljubomir Vukajlović – Ljubomir Blažević – Jovan Radojević

Rezime

U članku je dat predlog tehničkog rešenja razrade i pripreme, kao i način izrade prostorija za eksploataciju rudnih tela između IX, X i XI horizonta u severnom krilu jame Stari Trg. Tehničko rešenje je zasnovano na promeni tehnologije zasipavanja otkopa primenom hidrozasipa umesto suvog zasipa, kao i uvođenju bešinske opreme za bušenje, utovar i odvoz, transport i servisiranje.

Tehničkim rešenjem razrade i pripreme predviđa se izrada rampe u obliku izdužene spirale u podini rudnih tela i veza rampe sa otkopima na svakih 9 m visinskog intervala, kojim se omogućava otkopavanje tri otkopna pojasa.

Uvod

Spuštanjem podzemnih rudarskih radova na sve veću dubinu dolazi do povećanja temperature vazduha i stenskog masiva u kome su izrađene rudarske prostorije, a manifestuje se i visoka koncentracija napona koja u određenim uslovima može da izazove gorske udare i dr.

Da bi se u izvesnoj meri ublažili negativni uticaji na ekonomičnost proizvodnje jednog ležišta, potrebno je organizovati i usmeriti istraživanja, pored ostalog, i u pravcu usavršavanja tehničko-tehnoloških uslova izrade rudarskih objekata, naročito u pogledu razrade i same pripreme ležišta.

Međutim, realno je očekivati da tehnološki napredak neće moći da kompenzira sve negativne

uticaje izazvane određenim uslovima kako bi se smanjio ne samo obim pripremnih radova i osiromašenje, već povećao intenzitet otkopavanja i iskorišćenja rude.

Sa tim u vezi, u ovom radu će ukratko biti izneta mogućnost otkopavanja rudnih tela primenom posebnih pripremnih prostorija, u konkretnom slučaju spiralnog uskopa za severni revir u rudniku Trepča, Stari Trg, za otkope između IX i XI horizonta, a kasnije i nižih.

Spiralni uskop – rampa može biti izrađena u obliku longitudinalne rampe ili u obliku izdužene spirale, za koju su se autori ovog rada i odlučili.

Rekonstrukcijom jame, odnosno budućim programom izgradnje, predviđene su tehničko-tehnološke izmene koje se sastoje u modifikaciji metode otkopavanja sa hidrozasipavanjem, uvođenju nove opreme, izradi spiralnih i spojnih kosih prostorija (rampe) za kretanje novoodabrane samohodne opreme na dizel pogon i dr. Realizacijom budućeg programa otvaranja X i XI horizonta i uvođenjem hidrozasipa, primenom nove opreme, izradom otkopnih rampi za otkope X i XI horizonta i otvaranjem XII i XIII horizonta, stvorice se uslovi za koncentraciju radova i rast proizvodnje na cca 850.000 t/godišnje.

Jedan od elemenata postojećeg i budućeg programa za rudnik Stari Trg je izrada kosih spiralnih rampi za otkope IX, X i XI horizonta, koje će služiti za kretanje samohodne utovarne, transportne, bušaće i servisne opreme sa elektro-

hidrauličkim, odnosno dizel—hidrauličkim pogonima i omogućiti savremeniju tehnologiju otkopavanja.

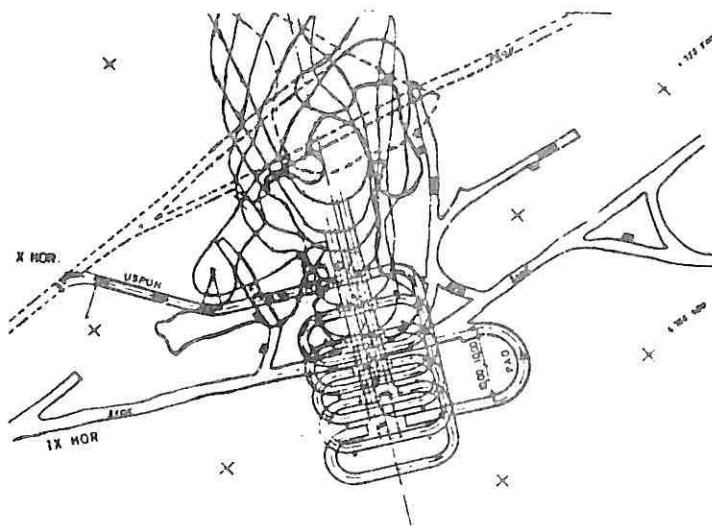
Kosa spiralna rampa, koja povezuje IX sa X i X sa XI horizontom u severnom krilu jame Stari Trg, pruža mogućnost da se iz same spiralne rampe na 9,00 m, odnosno 6,00 m, prilazi rudnim telima 139, 149 i 159, sa mogućnošću otkopavanja etaža od 3,0 m visine. Ona ujedno predstavlja i kapitalnu pripremu prostoriju za niže horizonte u ovom delu jame rudnika Stari Trg.

Izbor lokacije rampe

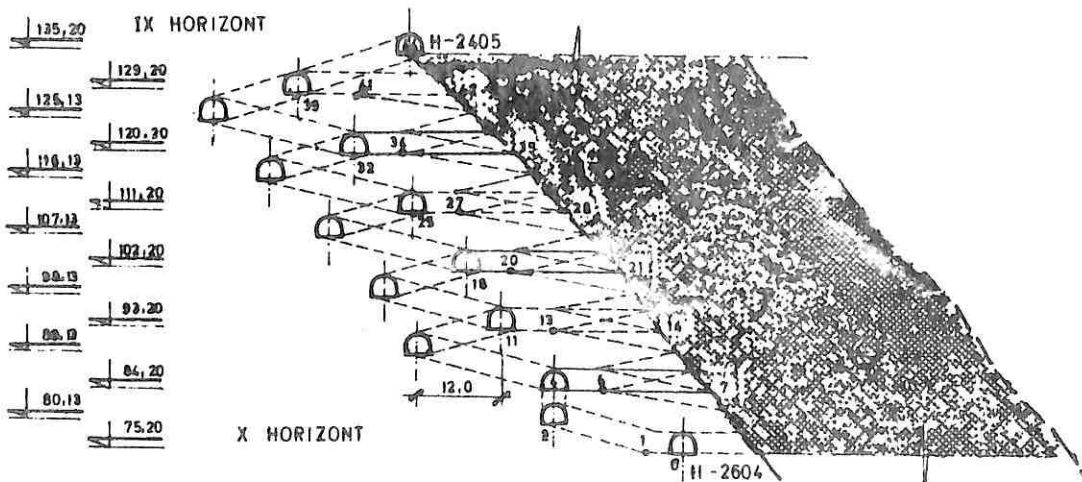
Izrada spiralne rampe za X—IX i X—XI horizont, odnosno spiralnih uskopa, izvodi se u podin-

skom krečnjaku, kroz čvrstu i sigurnu radnu sredinu. Ona povezuje dva nivoa na međusobnom visinskom rastojanju od 60 m. Od nivoa X horizonta (k. 75,20 m) prema IX horizontu (k. 135,20 m) izrađivaće se, kako je prikazano na slici 1, sukcesivno sa napredovanjem visine otkopavanja, odozdo nagore, ili pre otkopa po celoj visini. Rampa se izrađuje tako da joj segment, tj. visine etaža, budu 9,0 m. Sa ove visine se rade tri spojna prilaza rudnom telu (prvo niskopno, pa horizontalno i na kraju uskopno) da bi se izradile otkopne etaže od 3,0 m, kako je to prikazano na sl. 2.

Na isti način se izvode i radovi na spiralnoj rampi X—XI horizont, koja povezuje ova dva horizonta na rastojanju od 60 m. U ovom slučaju, radovi se izvode odozgo nadole, odnosno od nivoa X horizonta (k. 75,20 m) prema XI horizontu (k.



Slika 1



Slika 2

15,20 m). Naslici 2 je prikazan položaj spiralne rampe po etažama od X do IX horizonta, sa ucrtanim mestima polaska rampe sa X horizonta i završetkom na IX horizontu.

Geološka građa ležišta

Rudno ležište je sastavljeno od znatnog broja većih, manjih i srednjih rudnih tela, konsolidovanih duž kontakta krečnjak — škriļjac i breča — škriļjac. Rudna tela su manje—više nepravilnih kontura, različitih veličina, zaleganja i sadrţaja metala. Samo ležište je vezano za jednu antiklinalu čija osa ima nagib od oko 45°. Podinski bok čine krečnjaci, a krovinski kontakt čine škriļjci ili breča. U horizontalnom preseku ležište ima oblik potkoviće koja ležište deli na centralna, severna i rudna tela uz juţni kontakt. Karakteristično je za rudnu masu da je čvrsta i kompaktna. Prateće stene u podinskom boku su krečnjaci, koji su čvrsti i masivni, što nije slučaj sa krovinskim škriļjcima čija je čvrstoća mala.

Fizičko—mehaničke osobine rude i pratećih stena

Rezultati ispitivanja fizičko—mehaničkih osobina rude i pratećih stena na IX i višim horizontima su dati u tablici 1:

Tablica 1

Vrsta stena	γ_s t/m ²	γ t/m ³	σ_c daN/cm ²	σ_i daN/cm ²	f	c daN/cm ²	φ o	E daN/cm ²
Krečnjak	2,86	2,80	595	50,3	5,95	87,73	51°14	402 393
Škriļjac	2,83	2,76	341	45,7	3,45	85,84	44°39	487 141
Breča	3,00	2,90	508,1	54,3	5,10	109,59	51°38	499 052
Skarn	3,46	3,24	1400	118,2	14,00	227,00	54°27	678 679

Dimenzionisanje poprečnog preseka i izbor nagiba rampe

Poprečni presek — profil spiralne rampe X—IX i X—XI horizont za severno krilo izabran je na osnovu opreme koja će se u njoj kretati i raditi i fizičko—mehaničkih osobina materijala u kojima će rampe biti izrađene. Prema podacima, spiralnim rampama će se kretati sledeća radna oprema:

- bušaća kola BOOMER—126HD
- utovarna mašina tipa TORO—150E
- utovarni kamion TORO—250BD
- servisno vozilo tipa NORMET—NT60

Shodno pravilniku o tehničkim normativima za mašine sa dizel motorima koje se koriste pri

podzemnim rudarskim radovima u nemetanskim jamama (Sl. list SFRJ 66/1978), širina rampe mora biti veća za 1 m od najveće širine mašine koja radi na izradi rampe, tj. $B = 2,10 + 1,00 = 3,10 < 3,40$ m.

Visina rampe za niski svod mora biti prilagođena zahtevima JUS.B.ZO.203—7 i iznosi 3,20 m.

Pod spiralne rampe ima pad od 2% prema boku (manjeg poluprečnika krivine). U boku se izrađuje i kanal za oticanje vode u obliku trapeza 0,4 x 0,3 x 0,2 m.

Izbor ugla nagiba rampe zavisi od kategorizacije prostorija, tipa primenjene opreme i veka korišćenja prostorije. Odabir optimalnog ugla nagiba prostorija — rampi ima veliki značaj za efikasno korišćenje samohodne dizel opreme. Sa povećanjem ugla nagiba duţina prostorija se znatno smanjuje, što istovremeno smanjuje i troškove izgradnje.

Povećanje uspona sa 6° na 7° ili 8° zahteva povećanje snage motora za 15%. Uporedo sa tim se povećava potrošnja goriva takođe za 15%, a opterećenje motora za 10 do 15%, uz smanjenje veka eksploatacije mašine za 20 do 25%. U najvećem

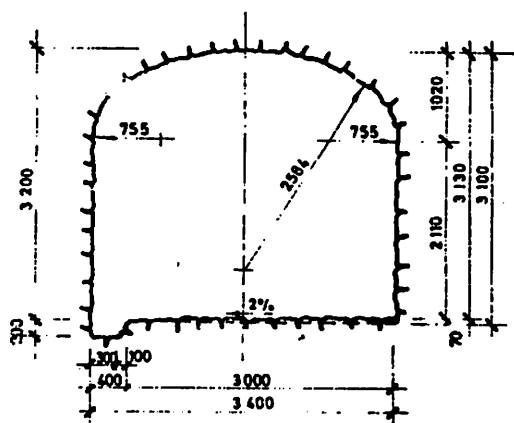
broju rudnika, primer Švedska, pri prevozu rude kamionima po usponu, ugao nagiba prostorije iznosi najčešće 6° (10,5%), ali može da se poveća na 7 do 9° samo u slučajevima kada je vek eksploatacije te prostorije ograničen na 2 do 3 godine.

Proizvođači opreme daju znatno veće uglove nagiba, pa bi za opremu koja se koristi za izradu spiralnih uskopa uglovi iznosili:

- BOOMER—126HD — 25% — 14°
- TORO—250BD — 30% — 16°
- TORO—150E — 50% — 26,6°
- NORMET—NT60 — 25% — 14°

Za izradu spiralne rampe X—IX i X—XI horizont za severno krilo, nagibi su usvojeni kako je naznačio proizvođač opreme, odnosno:

- od X ka IX horizontu nagib iznosi: 0%, 10,9%, 11,78%, 15% i 20%
- od X ka XI horizontu nagib rampe iznosi: 0%, 11,75%, 12,80%, 15% i 20%
- u oba slučaja, ugao nagiba rampe kreće se od 6,2° do 8,5°, a za prilaznu rampu etažama 11,3°.



Slika 3

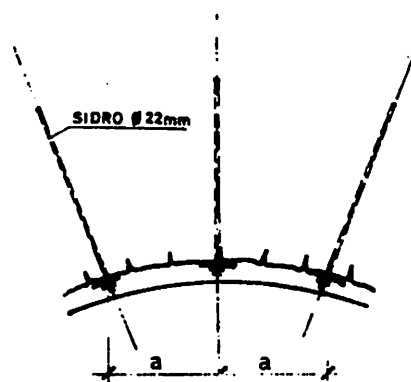
Na slici 3 je prikazan poprečni presek spiralne rampe kroz koju će sva navedena oprema moći u potpunosti da komunicira, sa svim relevantnim podacima za njenu izradu.

Izrada spiralnog uskopa — rampe u severnom krilu jame između X—IX horizonta počinje sa X horizonta, iz hodnika 2064, i napreduje prema IX horizontu, do hodnika 2405.

Podgrađivanje spiralne rampe

Saglasno raspoloživim podacima o fizičko—mehaničkim osobinama stena kroz koje se izgrađuju spiralne rampe, mogu se projektovati sledeće vrste podgrade:

- podgrada sa sidrima, izrađena sistematskim sidrenjem po obimu prostorije — rampe, sa ili bez čelične žičane mreže, za uslojene ili slabo zdobljene krečnjake ili škriljce, što je prikazano na slici 4;
- sidrena podgrada sa mrežom i prskanim betonom, predviđena za osiguranje spiralne rampe



Slika 4

ako se ona izrađuje kroz jako ispucale krečnjake i škriljce;

- betonska podgrada za slučajeve gde sidrena podgrada ne odgovara;
- armirano—betonska podgrada za slučaj izrazite ispucalosti, raseda i sl., gde ostale vrste podgrada ne zadovoljavaju.

Pri proračunu podgrade korišćeni su podaci o fizičko—mehaničkim osobinama materijala, koji su dati u tablici 1.

Tehnologija izrade rampe

Tehnologija izrade spiralne rampe X—IX i X—XI horizont usaglašena je u najvećoj mogućoj mери sa rudarsko—geološkim karakteristikama stenskog materijala, a zasnovana je na bušenju, miniranju, utovaru i odvozu iskopine. Samo bušenje i miniranje predstavljaju klasičan način izrade sa jednovremenim miniranjem cele površine profila rampe (10,07 m²), sa 5% nadprofila (10,57 m²), napredovanjem od 3,20 m i prečnikom minskih bušotina od ϕ 38 mm. Za izradu minskih bušotina koristiće se BOOMER—126HD, a za miniranje u datim uslovima eksploziv amonal ojačan V. Za miniranje, a u zavisnosti od prečnika minskih bušotina (ϕ 38 mm), koristiće se patroni eksploziva sa prečnikom ϕ 32 mm, dužinom 260 mm i masom 0,200 kg. Za iniciranje eksplozivnog punjenja koristiće se milisekundni i polusekundni upaljači.

Vrste i parametri zaloma

S obzirom na čvrstoću stena u kojima se vrši miniranje, projektovan je paralelni zalom „Michigan“, sa centralnom bušotinom ϕ 89 mm koja se

napuni eksplozivom i dvostrukim redom minskih bušotina ϕ 38 mm.



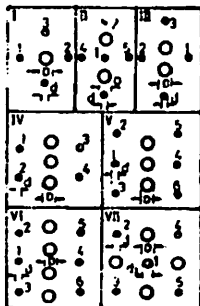
Sl. 5 — Detalj zaloma

Rastojanje između centra minskih bušotina i centra centralne bušotine iznosi (po Baronu):

$$a = d \left(5,8 - k \times f \right) \sqrt{\frac{d_c}{d}} \quad (\text{cm})$$

gde su:

- d — prečnik minske bušotine (cm)
- d_c — prečnik centralne bušotine (cm)
- k — koficijent koji zavisi od vrste eksploziva
- f — koficijent čvrstoće stene



Sl. 6. — Vrste paralelnih zaloma

Proračun potrošnje eksploziva, broja minskih bušotina, potrebnog broja perifernih minskih bušotina i broja zalomnih, pomoćnih i podnih minskih bušotina napravljen je po poznatim empiričkim formulama.

Način utovara i odvoza iskopa

Materijal dobijen miniranjem na čelu radilišta utovaruje se i transportuje do odgovarajućeg utovarnog (pretovarnog) mesta utovarno—transportnim mašinama. Na utovarnim mestima materijal se utovaruje u jamske kamione i odvozi najkraćim putem do jalovinske ili rudne sipke. Iskop se prvo „sklanja“ sa radnog čela do provizornog mesta utovara u kamione (već izrađenog prilaznog hodnika etaža) da bi se što pre oslobodilo čelo

radilišta za bušenje. Kako rudnik raspolaže utovaračima tipa TORO—150E i 250BD, to će se oni i koristiti za utovar.

Odvoz iskopa se obavlja jamskim kamionima tipa MT—413, sa nosivošću 11,80 t, zapreminom sanduka 7 m³ i vremenom istresanja od 15 s.

Ventilacija u fazi izrade spiralne rampe

Provetranje radilišta pri izradi spiralne rampe X—IX i X—XI horizont vršiče se kompresionim načinom separatnog provetranja uz primenu fleksibilnih plastificiranih cevi.

Proračun potrebne količine vazduha za provetranje radilišta izvršen je vodeći računa o kriterijumu za primenu dizel utovarivača, maksimalno dozvoljenoj koncentraciji prašine (slobodni SiO₂), maksimalnoj potrošnji eksploziva i minimalnoj brzini strujanja povratnog vazduha.

Za najnepovoljniji slučaj izrade spiralne rampe, kada je ona udaljena 300 m od mesta izlaska vazdušne struje, dobija se količina vazduha od 4,80 m³/s. Uz gubitke vazduha u cevovodu od 25%, potrebna količina vazduha koju ventilator treba da daje iznosi: $Q_v = Q_a \times 1,25 = 4,8 \times 1,25 = 6,0$ m³/s, a sama depresija za taj ventilator iznosila bi: $h_u = h_{st} + h_d$. Zamenom vrednosti za h_{st} i h_d dobija se da je zapreminska težina vazduha $\gamma = 11$ N, pa je $h_u = 4573$ Pa

Zaključak

Savremeno rudarstvo uopšte, a isto tako i podzemno otkopavanje rudnih ležišta, uključuje visoko produktivnu samohodnu opremu u svom tehnološkom procesu izrade pripremnih objekata, bušenja i punjenja minskih bušotina, utovara i odvoza iskopine, podgrađivanja, zasipavanja, servisiranja i sl.

Sva istraživanja, usavršavanja i racionalizacije u savremenom rudarstvu usmerena su ka povećanju nivoa proizvodnje i produktivnosti. Sve se to mora ostvariti i u uslovima povećane dubine otkopavanja (povećani pritisci, visoka temperatura, povećani intenzitet provetranja, veći troškovi izvoza i sl.), smanjenog srednjeg sadržaja metala i otežanih rudarsko—tehničkih uslova eksploatacije.

Zato je u ovom radu i dat primer izrade spiralnog uskopa — rampe za severni revir u

rudniku Trepča, Stari Trg za otkope između XI i IX horizonta, koji sa rampama u centralnom i južnom delu ovog ležišta kroz postojeće i buduće programe, mora dati rezultate u pogledu poboljšanja svih relevantnih činilaca koji su navedeni.

Jednom rečju, planirana proizvodnja između 850.000 i 1.000.000 tona rovne rude, pored ostalih uticajnih činilaca, može da se ostvari jedino korišćenjem jednog ovakvog savremenog tehničko—tehnološkog rudarskog objekta.

SUMMARY

Application of Contemporary Orebody Development Methods in Deposit Trepča, Stari Trg

The paper outlines a proposal of technical solution for development and construction of rooms for mining orebodies located between the 9th, 10th and 11th horizon in pit Stari Trg north limb. The technical solution is based on use of the flow—sheet of stopes filling by hydraulic fill instead of dry fill, as well as on introduction of trackless equipment for drilling, loading and haulage, transport and servicing.

Technical solution of development anticipates construction of a ramp in the form of an elongated spiral in orebodies foot—wall and connection of the ramp with stopes in 9 m intervals enabling mining of three panels.

ZUSAMMENFASSUNG

Anwendung moderner Methoden zur Bearbeitung und Vorbereitung der Erzkörper in der Lagerstätte Trepča, Stari Trg

In dem Artikel wurden Vorschläge einer technischen Lösung zur Bearbeitung und Vorbereitung sowie auch zur Art der Ausarbeitung der Exploitationsräume der Erzkörper zwischen dem IX, X und XI Horizont im nördlichen Flügel der Grube Stari Trg gemacht. Diese technische Lösung basiert auf einer Änderung der Versatztechnologie, bei der Hydroversatz anstelle von Trockenversatz zur Anwendung kommt, sowie der Einführung von schienenlosen Ausrüstungen zum Bohren, Be— und Entladen, für den Transport und zur Wartung

In der technische Lösung zur Bearbeitung und Vorbereitung ist das Anlegen einer Rampe in Form einer gestreckten Spirale im Liegenden der Erzkörper vorgesehen, sowie Verbindungen der Rampe mit den Abbauten in Höhenintervallen von jeweils 9 m, durch die der Abbau von drei Abbaufeldern ermöglicht wird.

РЕЗЮМЕ

Применение современных методов разработки и подготовки рудных тел в месторождении Трeпчa — Стари Трг

В статье дается предложение технического решения разработки и подготовки, а также и способ проходки, выработок для выемки рудных тел находящихся между IX, X и XI горизонтами в северном крыле шахты Стари Трг. Техническое решение основано на изменении технологии закладки забоя применением гидрозакладки вместо сухой закладки, как и введении бесрельсового оборудования для бурения, погрузки и откатки, транспортирования и обслуживания.

Техническим решением разработки и подготовки предусмотрена выработка ramпы в виде вытянутой пружины в почве рудных тел и связь ramпы с забоями на каждых 9 м по высоте, что обеспечивает выемку трех выемочных полоса.

Literatura

1. Dokumentacija katedre za podzemnu eksploataciju Rudarsko—geološkog fakulteta u Beogradu i tematske oblasti za podzemnu eksploataciju Rudarskog instituta u Beogradu

Autori: prof. dr. Ljubomir Vukajlović, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd, dipl.inž. Ljubomir Blažević, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd i prof. dr. Jovan Radojević, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd

Recenzenti: dr inž. D. Mršović i dipl.inž. N. Jokić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 12.5.1990, prihvaćen 21.9.1990.

POTREBE ZA REVITALIZACIJOM I MODERNIZACIJOM RUDARSKÉ OPREME KOJA OBEZBEĐUJE UGALJ ZA TERMÓELEKTRANE

Slobodan Ivković

Rezime

U članku se razmatraju mogućnosti i potrebe za revitalizacijom i modernizacijom opreme rudnika koji snabdevaju ugljem termoelektrane u Srbiji, u svetlu činjenice da se električna energija sve više obezbeđuje produženjem veka postojećih termoeenergetskih postrojenja, umesto izgradnjom novih. Ovo uslovljava potrebu da se produži vek eksploatacije osnovnih mašina na površinskim otkopima. Ukazano je na potrebu ispitivanja stanja pojedinih delova mašina, u prvom redu čelične konstrukcije, čije stanje najpre može da uslovi potrebu za radovima na revitalizaciji, koji po obimu i trajanju prevazilaze ono što je uobičajeno u procesu održavanja.

Uvod

Nastojanja da se zadovolje sve veće potrebe za električnom energijom, u svetu i u našoj zemlji, sukobila su se sa ozbiljnim teškoćama: ograničenost hidroenergetskih potencijala i rezervi fosilnih goriva, skroman doprinos novih izvora energije (sunčeva energija, tople vode) porastu proizvodnje električne energije, zastoju u izgradnji novih nuklearnih elektrana, itd. Nisu se ispunila očekivanja od pre nekoliko decenija da će se pronaći bolje tehnologije kod svih načina za obezbeđenje električne energije, te da će se izgradnjom novih postrojenja dobiti jeftinija energija, uz zadovoljenje uslova bezbednosti i manjeg zagađenja okoline [1]. Ovo su osnovni razlozi zbog kojih je u svetu i kod

nas došlo do promene u strategiji razvoja termoeenergetskih postrojenja, pa je umesto gradnje novih termoelektrana koje bi zamenile one elektrane kojima je projektovani vek istekaó, počela da se realizuje i politika rekonstrukcije i modernizacije postojećih termoeenergetskih postrojenja. Na ovaj način se obezbeđuje potrebna količina električne energije uz znatno niža investiciona ulaganja nego u slučaju izgradnje novih objekata.

Pošto su termoeenergetska postrojenja u Srbiji projektovana i građena za vek od 20 do 25 godina, a postupkom revitalizacije (koji se sprovodi kod postrojenja gde je to moguće i opravdano) vek treba da im se produži za sledećih 10 do 15 godina, postavlja se pitanje potreba, mogućnosti i opravdanosti rekonstrukcije i modernizacije rudarske opreme koja snabdeva ugljem ta postrojenja.

Rekonstrukcija i modernizacija rudarske opreme

Termoblokovi ZEP-a se snabdevaju ugljem uglavnom sa površinskih otkopa, dok je udeo rudnika sa podzemnom eksploatacijom u tome mali. Površinski otkopi poseduju veoma brojnu i raznovrsnu opremu, ali je nesumnjivo da, s obzirom na ciljeve ovoga razmatranja, pažnju zaslužuju u prvom redu osnovne otkopne i transportne mašine (bageri, tračni transporteri, odlagači), važnija pomoćna mehanizacija (dozeri) i oprema postrojenja za preradu uglja. Radi sagledavanja potreba za revitalizacijom i modernizacijom, celokupna oprema površinskih otkopa može uslovno da se podeli u dve grupe:

- a) oprema koja je projektovana i izgrađena za dugoročnu upotrebu, reda veličine vremena trajanja eksploatacije površinskog otkopa (bageri, odlagači, tračni transporter); u načelu, ova oprema ima niži stepen konstrukcione savršenosti pošto se ne proizvodi serijski;
- b) oprema koja se proizvodi serijski, sa eventualno malim modifikacijama prema uslovima rudarske radne sredine, koja ima pretežno visok stepen konstrukcione savršenosti (dozeri, pumpe, bušaće garniture, sredstva železničkog i automobilskog transporta, itd.).

Mašine koje su u ovoj uslovnoj podeli navedene pod b) imaju načelno kraći vek trajanja nego što je vek eksploatacije površinskog otkopa. Kod ovih mašina, i pored redovnog i kvalitetnog održavanja, tokom eksploatacije se osetio pogoršava odnos vremena popravke prema vremenu efektivnog rada. To potvrđuju i naša istraživanja. [2]. Zato postoji dovoljno osnova da se sugeriša da je za opremu navedenu pod b) potrebno razraditi metodologiju za utvrđivanje trenutka povlačenja mašine iz eksploatacije, kada bi se dotrajala mašina zamenila novom. Kod ove opreme nema potrebe za ozbiljnijim programima revitalizacije i modernizacije, već bi se ovi postupci obavljali u okviru uobičajene procedure održavanja.

Iz navedenih razloga, predmet razmatranja potreba za revitalizacijom i modernizacijom biće samo mašine navedene pod a) u prethodnoj uslovnoj podeli.

Modernizacija opreme, šire posmatrano, predstavlja sve one izmene na opremi koje su rađene i u praksi naših površinskih otkopa, a koje je adekvatnije nazvati poboljšanjem konstrukcije. Pri tome je modernizacija, jedan deo tog procesa, čiji su ciljevi različiti: prilagođavanje mašine konkretnim rudarsko-geološkim uslovima, poboljšanje tehnološkog nivoa mašine, optimizacija parametara mašine, sprovođenje unifikacije pojedinih elemenata u okviru površinskog otkopa i to na mašinama koje potiču od različitih isporučilaca, povećanje pouzdanosti, naročito putem otkrivanja i suzbijanja slabih mesta na mašini, zamena pojedinih komponenata stranog proizvođača radi obezbeđenja rezervnih delova u zemlji, uvođenje dopunskih uređaja za automatsko upravljanje, bolju bezbednost ljudi, povećanje pogodnosti za održavanje i sl. Modernizacija ovih mašina nalazi smisao i u činjenici da su ovo mašine sa dugim periodom upotrebe, za koje vreme dolazi do vidnog napretka tehnike, te je potrebno da se pojedina dostignuća primene.

Od posebnog interesa je i da se na postojećim mašinama, ako je to moguće, primene određena dostignuća u razvoju konstrukcije bagera, odlagača i transportera. Primera radi, navode se samo neke mogućnosti modernizacije.

Čelična konstrukcija je važan deo bagera, odlagača, transportera. Delovi čelične konstrukcije ponekad se zamenjuju zbog slabljenja zakovanih, zavrtnajskih i zavarenih veza, a i zbog havarijskih oštećenja. To je prilika da se uzmu u obzir mogućnosti za poboljšanje. Oblikom profila može se znatno uticati na otpornost protiv korozije. Najintenzivnije korodiraju elementi čiji oblik pogoduje taloženju prašine i zadržavanju vlage, koje obično sadrže agresivne primese. Rđa ima veću zapreminu od metala od kojeg je nastala, te ovaj porast zapremine razupire spojene elemente, dolazi do kidanja glava zakivaka i zavrtnaja. Pogodni su kutijasti i cevasti profili. Bolji je T-profil nego dva spojena L-profila. Niskolegirani čelici imaju veću otpornost na koroziju nego obični ugljenični čelici.

Jake vibracije čelične konstrukcije uočavaju se od početka eksploatacije i postaju briga proizvođača mašine. Slabije, a ipak opasne vibracije, obično se ne otklone u garantnom periodu. Primer je problem sa vibracijama odlagače strele odlagača br. 336 u REIK Kolubara, koje se javljaju pri zaustavljanju kružnog kretanja. One su imale značajnog udela u havariji ovog odlagača 1982. godine [3]. Uzrok ovoj pojavi je nedostatak dinamičke otpornosti konstrukcije, koja se praktično teško može izmeniti na postojećoj konstrukciji. Ostaje da se u ovakvim slučajevima primeni poseban amortizer koji ove vibracije prigušuje.

Znatne mogućnosti za unapređenje konstrukcije postojećih mašina pružaju istraživanja povoljnije geometrije reznih elemenata za datu radnu sredinu, nove konstrukcije pojedinih pogona i prenosnika snage, bolja rešenja veze vratilo-bujanj itd.

Proces modernizacije mora biti u tesnoj vezi sa procesom otkrivanja i otklanjanja slabih mesta. Poznato je da su slaba mesta karakteristična za mašine i postrojenja izrađena u manjim serijama, a to su posmatrane mašine. Zato je potrebno da se sprovede sistematski postupak otkrivanja i otklanjanja slabih mesta [4].

Važno područje modernizacije, koje se ovde samo spominje, je usavršavanje načina upravljanja rotornim bagerom pri otkopavanju bloka, sa ciljem

da se dostigne maksimalni kapacitet, uzimajući u obzir postojeća ograničenja.

Iako su pojedini bageri, transporter i odlagači na našim površinskim otkopima u eksploataciji već tri decenije, za sada nisu vršena ozbiljnija istraživanja da bi se utvrdio preostali radni vek ovih mašina. Srećom, struktura, vrsta i uzroci kvarova, gledano u celini, ne daju povoda za ozbiljnu zabrinutost u ovom pogledu. Nema dokaza o tome da bi u narednih desetak godina trebalo da se pristupi programima revitalizacije takvog obima, koji bi zahtevao da se mašina izdvoji iz procesa proizvodnje duže nego što je to bio slučaj u dosadašnjoj praksi velikih opravki. Ovome znatno doprinosi činjenica da se u redovnom postupku održavanja, prema potrebi, menjaju i krupne komponente, što je svakako deo procesa revitalizacije.

Prema inostranim podacima, prosečni vek trajanja mašina sistema BTO je 20 do 25 godina za mašine srednjeg kapaciteta, dok je za mašine velikog kapaciteta preko 30 godina; isti izvor navodi da pojedini rotorni bageri rade već preko 40 godina [5].

Ono što može da dovede do isteka radnog veka bagera i odlagača, odnosno do potrebe za radovima na revitalizaciji velikog obima, koji po vremenu potrebnom za izvođenje i po visini finansijskih sredstava znatno premašuju ono što je uobičajeno u održavanju, je stanje čelične konstrukcije, čiji vek ograničavaju procesi zamaranja materijala usled dinamičkog opterećenja, procesi korozije i drugi procesi starenja i slabljenja. Sve ovo ukazuje na potrebu da se u narednom periodu

sačini program ispitivanja stanja pojedinih delova ovih mašina i to, u prvom redu, čelične konstrukcije, te da se ova ispitivanja sprovedu najpre kod opreme koja je najduže u eksploataciji, kako bi se na osnovu tih rezultata utvrdilo kolika je istrošenost i koliki je preostali radni vek, tj. kakve su potrebe za revitalizacijom elemenata i da li je to ekonomski opravdano.

Zaključak

1. U pogledu potreba za revitalizacijom i modernizacijom pažnju zaslužuju, pre svega, osnovna otkopna i transportna mehanizacija površinskih otkopa i postrojenja za preradu uglja.
2. Proces modernizacije ovih mašina ima brojne mogućnosti, od kojih su neke navedene; taj proces treba da bude tesno povezan sa otkrivanjem i suzbijanjem slabih mesta, a vremenski i organizaciono treba da bude integrisan u postojeći uobičajeni proces održavanja.
3. Revitalizacija posmatranih mašina se u znatnoj meri odvija kroz proces održavanja, zamenu mnogih krupnih komponenata.
4. Čelična konstrukcija ovih mašina je onaj deo, čije stanje, zbog procesa zamora i korozije, može dovesti do ograničenja radnog veka, odnosno do potrebe za revitalizacijom, koja po vremenu za izvođenje i potrebnim finansijskim sredstvima znatno prevazilazi ono što je uobičajeno u održavanju. Potrebno je da se sačini program ispitivanja stanja čeličnih konstrukcija ovih mašina i primeni najpre na mašinama koje su najduže u eksploataciji.

SUMMARY

Requirement for Revitalization and Modernization of Equipment Securing Coal for Electric Power Generating Plants

The paper considers the requirements and possibilities for revitalization and modernization of equipment in mines supplying coal to electric power generating plants in Serbia having in view the fact that electric power is increasingly being secured by extension of lives of existing thermal power generating plants instead by erection of new ones.

This imposes the need for extending the operating life of basic machines on openpit mines. Indicated is the need for testing the states of individual machine components, primarily of steel structure the state of which may, first of all, impose the need for revitalization activities which in scope and duration exceed what's usual in maintenance process.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Notwendigkeit der Revitalisierung und Modernisierung der Bergbauausrüstung, die Kohle für Heizkraftwerke sicherstellt

In diesem Artikel wurden die Notwendigkeit und die Möglichkeiten zur Revitalisierung und Modernisierung der Ausrüstung von Bergwerken, die Heizkraftwerke in Serbien mit Kohle versorgen im Hinblick auf die Tatsache erörtert, dass elektrische Energie zusehends durch die Verlängerung der Lebensdauer der bestehenden thermoenergetischen Anlagen und nicht durch den Bau neuer sichergestellt wird. Dies bedingt die Notwendigkeit, die Exploitationsdauer der Elementarmaschinen in Tagbauten zu verlängern. Es wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, den Zustand einzelner Maschinenteile zu überprüfen, in erster Linie den der Stahlkonstruktion, deren Zustand als erstes Arbeiten zur Revitalisierung erforderlich machen kann, die nach Umfang und Dauer die üblichen Instandhaltungsarbeiten überschreiten.

РЕЗЮМЕ

Потребления для ревitalизацией и совершенствованием горного оборудования которое обеспечивает уголь для ТЭЦ

В статье рассматриваются потребности и возможности ревitalизации и совершенствования оборудования на рудниках, которые обеспечивают ТЭЦ в Сербии углем, с точки зрения этого факта что электроэнергия все более обеспечивается продолжением срока службы существующих теплоэнергетических установок, а не строением новых. Это обуславливает потребление для продолжением срока эксплуатации основного оборудования на карьерах. Указывается на потребление испытать состояние отдельных частей оборудования, в первой очереди стальных конструкций состояние которых прежде всего может усилить необходимость работ на ревitalизации, которые по объему и продолжению превышает привычные работы в процессе ремонта.

Literatura

1. Dooley R. B., Byron J. 1987: Lebensdauerverlängerung von fossilbefeuelten Kraftwerken, VGB Kraftwerkstechnik, Heft 8.
2. Paunović M., Gerzić D., Ivković S., Milo-
vić B., Stojanović D., 1982: Studija mogućnosti
regeneracije habajućih delova krupne pomoćne meha-
nizacije na površinskim otkopima i termoelektranama,
Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd
3. Grupa autora, 1982: Studija mogućih uzroka havarije
odlagača br. 336 proizvodnje Orenstein und Koppel,
Lübeck, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
4. Ivković S., 1987: Slaba mesta mašinskih postroje-
nja, „OMO“ br. 4, Beograd
5. Gorovoj A. I., 1978: Remont rotornih ekskavato-
rov i kompleksov, Nedra, Moskva

Autor: prof. dr Slobodan Ivković, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
Recenzent: dr inž. D. Ćirić, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 11.1.1990, prihvaćen 21.9.1990.

METODOLOGIJA ZA ODREĐIVANJE RACIONALNOG FUNKCIONISANJA KONTINUALNIH SISTEMA NA POVRŠINSKIM OTKOPIMA PRIMENOM RAČUNARSKE TEHNIKE

(sa 4 slike)

Vukajlo Rakonjac

Rezime

Opisana metodologija je primenjena i potvrđena na konkretnom primeru. Ona obezbeđuje mogućnost rukovodno—organizacionom osoblju da u svakom trenutku prati odvijanje tehnološkog procesa racionalnog funkcionisanja sistema, ili površinskog otkopa, preko niza pokazatelja koji su razrađeni u datoj metodologiji. Na osnovu ovih pokazatelja rad sistema se kontroliše, ocenjuje se da li postoje rezerve koje se kriju u korišćenju vremena i kapaciteta i sprovode odgovarajuće mere za bolje funkcionisanje sistema.

Uvod

Primena računarske tehnike, odnosno primena informaciono—upravljačkih sistema za određivanje i praćenje racionalnog funkcionisanja kontinualnih sistema u rudnicima sa površinskom eksploatacijom uglja, omogućuje povećanje efikasnosti u radu, produktivnosti opreme, mogućnosti kvalitetnijeg planiranja i odlučivanja — rukovođenja, a sve to radi racionalnog funkcionisanja opreme.

Data metodologija se primenjuje, prevashodno, kod praćenja, kontrolisanja i ocenjivanja rada mašina i opreme uopšte, kada mogu da se otkrivaju rezerve koje se kriju u korišćenju opreme. Ona se primenjuje i kod izrade tehničke dokumentacije (analize, studije, projekti i drugo).

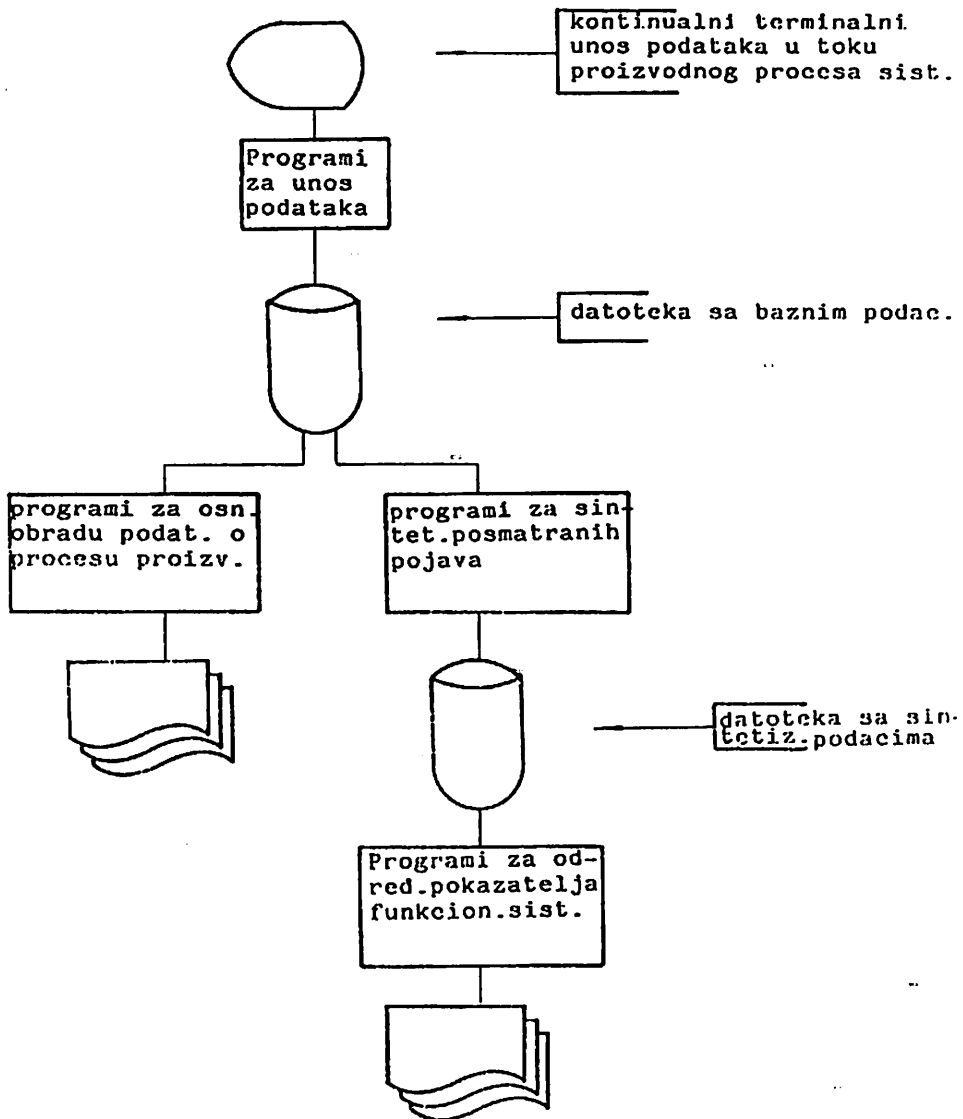
Metodologija se može uspešnije koristiti ako se primeni računarska tehnika za koju se urađeni teorija, modeli, algoritmi i programi. Za uspešnu

primenu ove metodologije neophodan je kontinualni terminalni unos podataka (pojava) u toku proizvodnog procesa sistema. Evidentiraju se tehnički i vremenski faktori, kao i faktori koji proizlaze iz ovih.

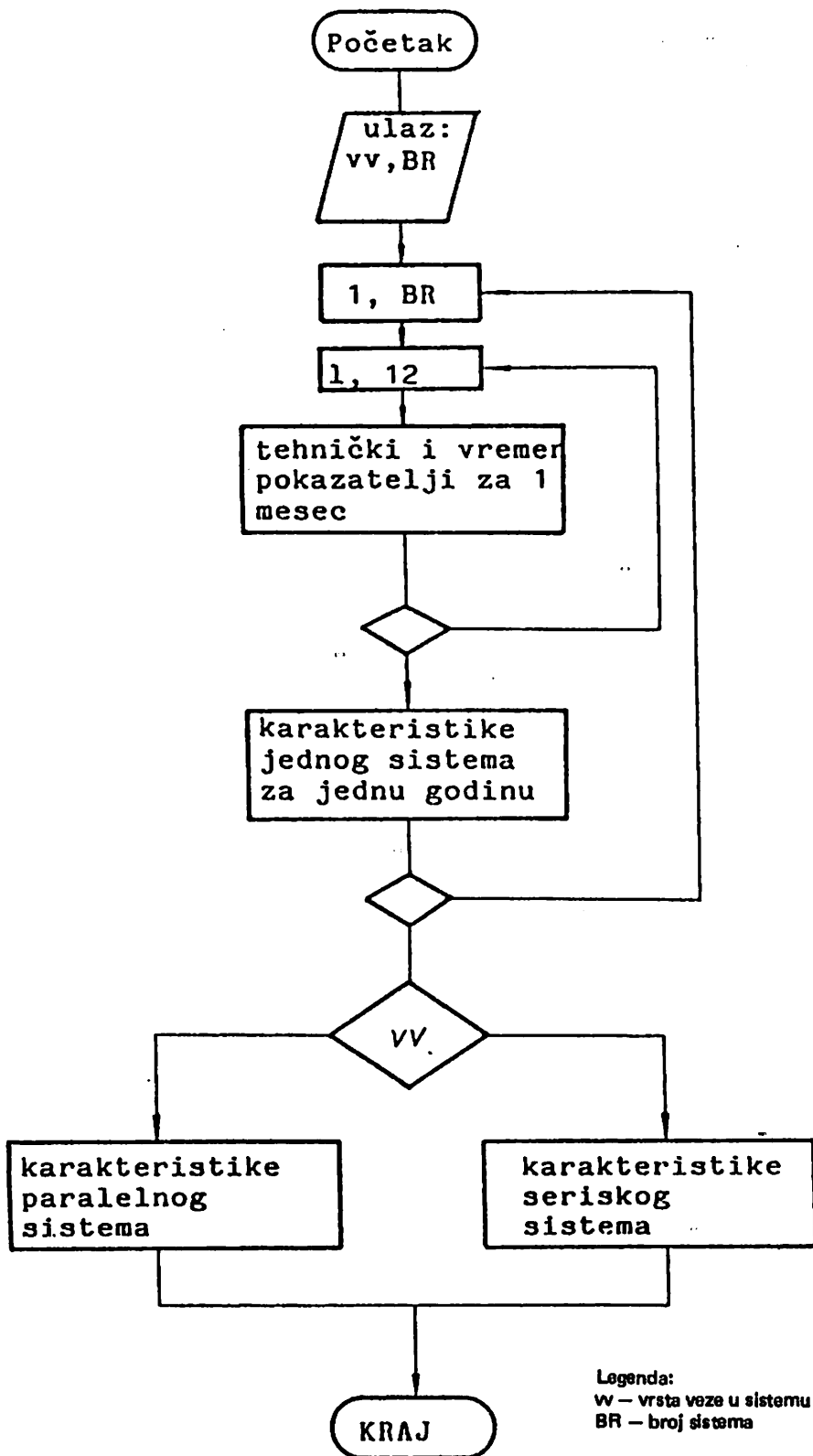
Na bazi formulisanih matematičkih modela se formiraju programi za rad na računaru. Jedna od faza programske pripreme je izrada blok šeme ili algoritama (matematički modeli koji se sastoje od utvrđivanja redosleda obrađivanja podataka). Nakon toga sledi faza izrade programa kao niza instrukcija kojima se upravlja obradom podataka za definisanje tehnoloških procesa i rada uopšte.

Ulazne podatke za određivanje racionalnog funkcionisanja sistema čine: tehnički faktori sistema u pogledu kapaciteta (uslovi radne sredine, uticaj radnih parametara mašina i sistema, uticaj parametara tehnologije otkopavanja na radilištu i uticaj klimatskih faktora) i vremenski faktori sistema u pogledu korišćenja kalendarskog vremena (kalendarsko vreme, struktura i raspodela kalendarskog vremena, definisanje strukture datog kalendarskog vremena, vremenski pokazatelji za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja opreme, vremenski pokazatelji pouzdanosti kao elementi za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja opreme).

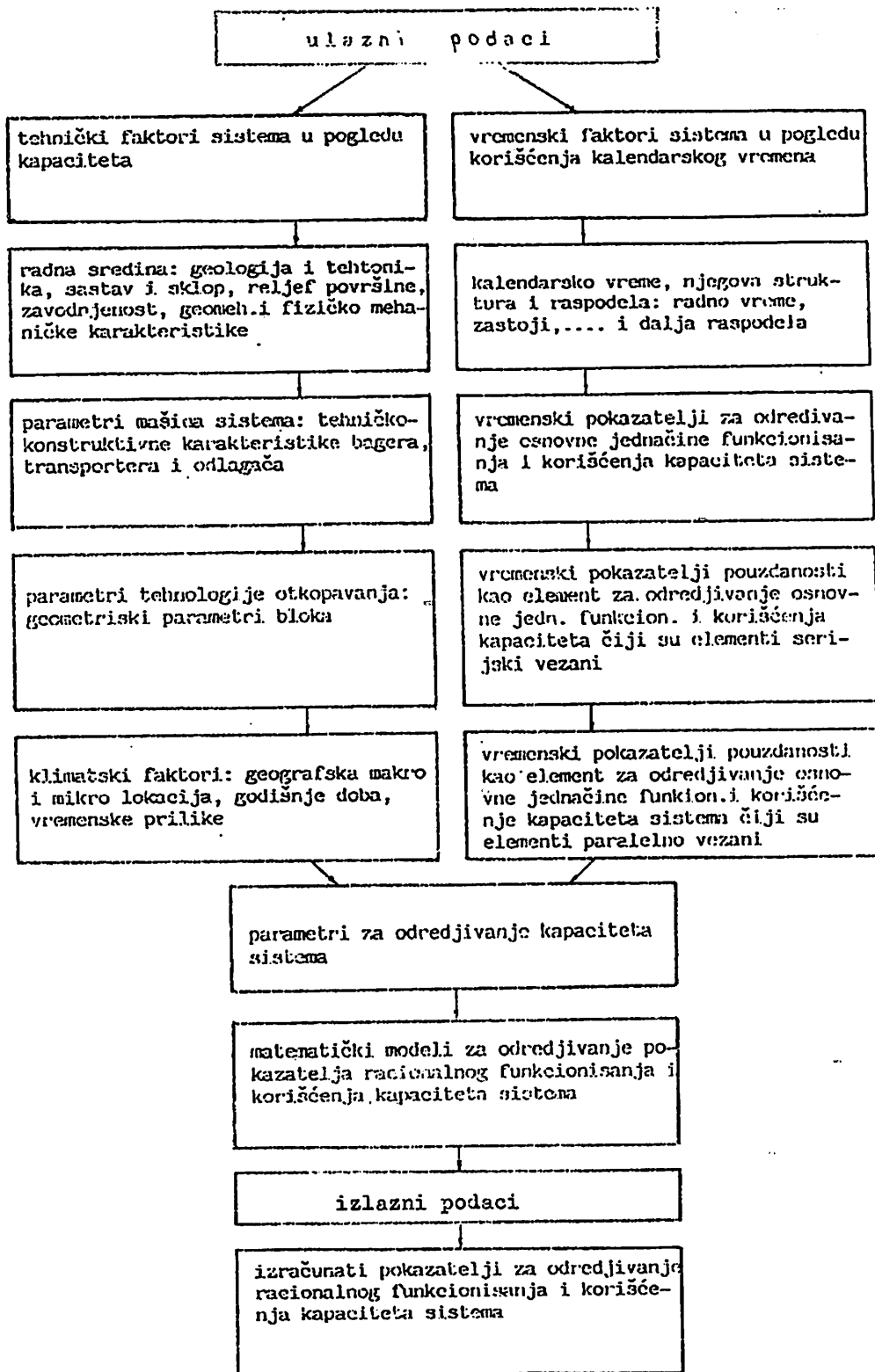
Izlazne podatke čine: statistička obrada prikupljenih podataka rada sistema, kalendarsko vreme sistema i njegove karakteristike, kapacitet mašina i sistema, jednačine funkcionisanja sistema — fizički obim proizvodnje, pokazatelji nivoa funkcionisanja sistema i mašina u njemu.



Sl. 1 – Osnovni algoritam formiranja pokazatelja za određivanje racionalnog funkcionisanja sistema, koji polaze od evidentiranog stanja rada sistema



Sl. 2 – Osnovni algoritam programa za određivanje pokazatelja racionalnog funkcionisanja sistema



Sl. 3 - Šema algoritma za izradu programa

Na slici 1 je prikazan osnovni algoritam za određivanje racionalnog funkcionisanja opreme, koji polazi od terminalnog evidentiranog rada sistema. Na slici 2 je prikazan osnovni algoritam programa za određivanje pokazatelja racionalnog funkcionisanja sistema, a na slici 3 je data šema algoritma za izradu programa.

Postupak određivanja racionalnog funkcionisanja i korišćenja opreme kontinualnog rada prema datoj metodologiji sastoji se iz više koraka (0—10), čiji je redosled sledeći:

Korak 0 — prikupljanje tehničkih faktora sistema koji utiču na njegov kapacitet

Ovaj korak obuhvata prikupljanje tehničkih faktora koji ograničavaju ostvarenje kapaciteta. Prikupljaju se podaci o radnoj sredini u kojoj radi sistem: o geologiji i tektonici ležišta, sastavu i sklopu serije koja se otkopava, reljefu površine, zavodnjivosti radne sredine, geomehaničkim i fizičko—mehaničkim karakteristikama. Za ove poslednje se prikuplja stanje lepljenja materijala za radne elemente mašina, kohezija materijala, tiksometrija materijala, abrazivnost, strukturne osobine i osobine čvrstoće materijala sa otporom na kopanje.

Prikupljaju se podaci koji karakterišu mašine sistema, njihove tehničko—konstruktivne osobine i njihove radne mogućnosti u određenoj radnoj sredini. Prikupljaju se podaci o klimatskim faktorima koji obuhvataju: lokaciju, godišnje doba, vremenske prilike i drugo. Prikupljaju se podaci o tehnološkim faktorima koji obuhvataju: način otvaranja, razrade i otkopavanja otkopa, transporta i odlaganja ili utovara mase i drugo.

Korak 1 — prikupljanje vremenskih faktora sistema u pogledu korišćenja kalendarskog vremena

Korak obuhvata prikupljanje vremenskih faktora koji daju ograničenja u pogledu korišćenja kalendarskog vremena. Prikupljaju se podaci o kalendarskom vremenu i njegovoj raspodeli, daje se identifikacija kalendarskog vremena, definiše njegova struktura i drugo.

Korak 2 — statistička obrada prikupljenih veličina rada sistema

Prikupljeni tehnički faktori sistema u pogledu kapaciteta (korak 0) i vremenski faktori sistema u

pogledu korišćenja kalendarskog vremena (korak 1) se sistematizuju i obrađuju se statističkim pokazateljima kao što su: matematička očekivanja, standardne devijacije, koeficijenti varijacije, rasponi, proseci, učestanosti pojava, koeficijenti kvarova, koeficijenti relativnih kvarova.

Korak 3 — određivanje strukture i raspodele kalendarskog vremena

Na bazi prikupljenih vremenskih veličina o ostvarenom kalendarskom vremenu (korak 1), vrši se određivanje strukture i raspodele kalendarskog vremena. Ova raspodela se vrši zato što je neophodna za naredne korake.

Korak 4 — određivanje vremenskih pokazatelja za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja kapaciteta

Na bazi određene strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3) određuju se vremenski pokazatelji, koji predstavljaju verovatnoću iskorišćenja vremena u toku pojedinih faza i procesa rada. Pored toga, ovi pokazatelji izražavaju i pouzdanost rada opreme, a zatim učestvuju u određivanju jednačina funkcionisanja mašina i sistema.

Korak 5 — određivanje pokazatelja pouzdanosti kao elemenata za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja kapaciteta

Takođe na bazi određene strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3), određuju se pokazatelji pouzdanosti sistema čija je struktura elemenata serijska i sistema čija je struktura elemenata paralelna. Ovi pokazatelji služe za određivanje osnovnih jednačina funkcionisanja sistema date strukture.

Korak 6 — određivanje kapaciteta mašina i sistema i pokazatelja koji učestvuju u njihovom određivanju

Na osnovu prikupljenih tehničkih parametara koji vrše ograničenja u ostvarenju kapaciteta (korak 0) i parametara korišćenja kalendarskog vremena (koraci 1 i 3) definišu se parametri koji služe za određivanje kapaciteta mašina i sistema, a potom se vrši proračun kapaciteta. Ovi kapaciteti učestvuju u određivanju jednačina funkcionisanja mašina ili sistema.

Korak 7 – određivanje jednačina funkcionisanja sistema

Na bazi pokazatelja datih u koracima 3, 4, 5 i 6, određuju se jednačine funkcionisanja sistema. Na taj način se dolazi do opšte jednačine funkcionisanja sistema, čiji su elementi serijski i paralelno vezani, i jednačina funkcionisanja sistema u pojedinim sezonama rada.

Korak 8 – osnovni pokazatelji za definisanje nivoa funkcionisanja mašina i sistema

Pokazatelji ovog koraka se definišu na osnovu strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3), pokazatelja kapaciteta (korak 6) i šeme modela za njihovo određivanje.

Korak 9 – određivanje mehaničke, pogonske i upotrebne spremnosti i efektivnog iskorišćenja u odnosu na vreme, kapacitet i proizvodnju

Na osnovu tehničkih faktora sistema u pogledu kapaciteta i vremenskih faktora u pogledu korišćenja kalendarskog vremena određuju se pokazatelji funkcionisanja sistema.

Korak 10 – određivanje pokazatelja ostvarenog, prognoziranog i maksimalno mogućeg funkcionisanja sistema

Takođe na osnovu određenih tehničkih faktora sistema u pogledu kapaciteta i vremenskih faktora sistema u pogledu korišćenja kalendarskog vremena, određuju se navedeni pokazatelji, a prema šemi modela za određivanje nivoa funkcionisanja sistema.

Sve obrade tehničkih i vremenskih faktora koji se planiraju i ostvaruju i svih pokazatelja koji su određeni na bazi ovih faktora vrše se primenom matematičkih metoda i računara u elektronskim računskim centrima. Obrada se vrši na osnovu matematičkih formulacija – modela koji su izrađeni po metodologiji koja je, takođe, definisana na bazi formulisanih programa.

Definisana teorija, metodologija i urađeni programi testirani su na jalovinskom sistemu BTO–la površinskog otkopa polje D u REIK Kolubara. Pregled programa, izlaznih podataka i tablica dat je u tablici 1. Međusobna zavisnost programa data je na slici 4. Algoritamske šeme programa u ovom radu nisu priložene pošto se smatra da one nisu neophodne.

Pregled programa, izlaznih datoteka i obrađenih tablica

Tablica 1

1	2	3
STAT1	DT STAT1	4,32
STAT2	DT STAT2	4,17
STAT3	DT STAT3	4,36; 4,37; 4,38; 4,39; 4,40; 4,41; 4,42.
STAT4	DT STAT4	4,21; 4,22; 4,23; 4,24; 4,25; 4,26; 4,27
STAT5	DT STAT5	4,30
STAT6	DT STAT6	4,15
STAT7	DT STAT7	4,35
STAT8	DT STAT8	4,20
STAT9	DT STAT9	4,34
STAT10	DT STAT10	4,19
STAT11	DT STAT11	4,44
STAT12	DT STAT12	4,28
STAT13	DT STAT13	4,33
STAT14	DT STAT14	4,18
STAT15	DT STAT15	4,31
STAT16	DT STAT16	4,16
STAT17	DT STAT17	4,29
STAT18	DT STAT18	4,14
STO1	DTPPO3; DTSTO1; DTPPO7; DTPPO8	4,44–4,57; 4,60; 4,61; 4,65
STO2	DTPPO5; DTPPO6; DTPPO4; DTPPO9; DTSTO2; DTPPO10;	4,58; 4,59; 4,62; 4,63; 4,64; 4,66

Na slici 1 je prikazan osnovni algoritam za određivanje racionalnog funkcionisanja opreme, koji polazi od terminalnog evidentiranog rada sistema. Na slici 2 je prikazan osnovni algoritam programa za određivanje pokazatelja racionalnog funkcionisanja sistema, a na slici 3 je data šema algoritma za izradu programa.

Postupak određivanja racionalnog funkcionisanja i korišćenja opreme kontinualnog rada prema datoj metodologiji sastoji se iz više koraka (0—10), čiji je redosled sledeći:

Korak 0 — prikupljanje tehničkih faktora sistema koji utiču na njegov kapacitet

Ovaj korak obuhvata prikupljanje tehničkih faktora koji ograničavaju ostvarenje kapaciteta. Prikupljaju se podaci o radnoj sredini u kojoj radi sistem: o geologiji i tektonici ležišta, sastavu i sklopu serije koja se otkopava, reljefu površine, zavodjenosti radne sredine, geomehaničkim i fizičko—mehaničkim karakteristikama. Za ove poslednje se prikuplja stanje lepljenja materijala za radne elemente mašina, kohezija materijala, tiksometrija materijala, abrazivnost, strukturne osobine i osobine čvrstoće materijala sa otporom na kopanje.

Prikupljaju se podaci koji karakterišu mašine sistema, njihove tehničko—konstruktivne osobine i njihove radne mogućnosti u određenoj radnoj sredini. Prikupljaju se podaci o klimatskim faktorima koji obuhvataju: lokaciju, godišnje doba, vremenske prilike i drugo. Prikupljaju se podaci o tehnološkim faktorima koji obuhvataju: način otvaranja, razrade i otkopavanja otkopa, transporta i odlaganja ili utovara mase i drugo.

Korak 1 — prikupljanje vremenskih faktora sistema u pogledu korišćenja kalendarskog vremena

Korak obuhvata prikupljanje vremenskih faktora koji daju ograničenja u pogledu korišćenja kalendarskog vremena. Prikupljaju se podaci o kalendarskom vremenu i njegovoj raspodeli, daje se identifikacija kalendarskog vremena, definiše njegova struktura i drugo.

Korak 2 — statistička obrada prikupljenih veličina rada sistema

Prikupljeni tehnički faktori sistema u pogledu kapaciteta (korak 0) i vremenski faktori sistema u

pogledu korišćenja kalendarskog vremena (korak 1) se sistematizuju i obrađuju se statističkim pokazateljima kao što su: matematička očekivanja, standardne devijacije, koeficijenti varijacije, rasponi, proseci, učestanosti pojava, koeficijenti kvarova, koeficijenti relativnih kvarova.

Korak 3 — određivanje strukture i raspodele kalendarskog vremena

Na bazi prikupljenih vremenskih veličina o ostvarenom kalendarskom vremenu (korak 1), vrši se određivanje strukture i raspodele kalendarskog vremena. Ova raspodela se vrši zato što je neophodna za naredne korake.

Korak 4 — određivanje vremenskih pokazatelja za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja kapaciteta

Na bazi određene strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3) određuju se vremenski pokazatelji, koji predstavljaju verovatnoću iskorišćenja vremena u toku pojedinih faza i procesa rada. Pored toga, ovi pokazatelji izražavaju i pouzdanost rada opreme, a zatim učestvuju u određivanju jednačina funkcionisanja mašina i sistema.

Korak 5 — određivanje pokazatelja pouzdanosti kao elemenata za ocenjivanje funkcionisanja i korišćenja kapaciteta

Takođe na bazi određene strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3), određuju se pokazatelji pouzdanosti sistema čija je struktura elemenata serijska i sistema čija je struktura elemenata paralelna. Ovi pokazatelji služe za određivanje osnovnih jednačina funkcionisanja sistema date strukture.

Korak 6 — određivanje kapaciteta mašina i sistema i pokazatelja koji učestvuju u njihovom određivanju

Na osnovu prikupljenih tehničkih parametara koji vrše ograničenja u ostvarenju kapaciteta (korak 0) i parametara korišćenja kalendarskog vremena (koraci 1 i 3) definišu se parametri koji služe za određivanje kapaciteta mašina i sistema, a potom se vrši proračun kapaciteta. Ovi kapaciteti učestvuju u određivanju jednačina funkcionisanja mašina ili sistema.

Korak 7 – određivanje jednačina funkcionisanja sistema

Na bazi pokazatelja datih u koracima 3, 4, 5 i 6, određuju se jednačine funkcionisanja sistema. Na taj način se dolazi do opšte jednačine funkcionisanja sistema, čiji su elementi serijski i paralelno vezani, i jednačina funkcionisanja sistema u pojedinim sezonama rada.

Korak 8 – osnovni pokazatelji za definisanje nivoa funkcionisanja mašina i sistema

Pokazatelji ovog koraka se definišu na osnovu strukture i raspodele kalendarskog vremena (korak 3), pokazatelja kapaciteta (korak 6) i šeme modela za njihovo određivanje.

Korak 9 – određivanje mehaničke, pogonske i upotrebne spremnosti i efektivnog iskorišćenja u odnosu na vreme, kapacitet i proizvodnju

Na osnovu tehničkih faktora sistema u pogledu kapaciteta i vremenskih faktora u pogledu korišćenja kalendarskog vremena određuju se pokazatelji funkcionisanja sistema.

Korak 10 – određivanje pokazatelja ostvarenog, prognoziranog i maksimalno mogućeg funkcionisanja sistema

Takođe na osnovu određenih tehničkih faktora sistema u pogledu kapaciteta i vremenskih faktora sistema u pogledu korišćenja kalendarskog vremena, određuju se navedeni pokazatelji, a prema šemi modela za određivanje nivoa funkcionisanja sistema.

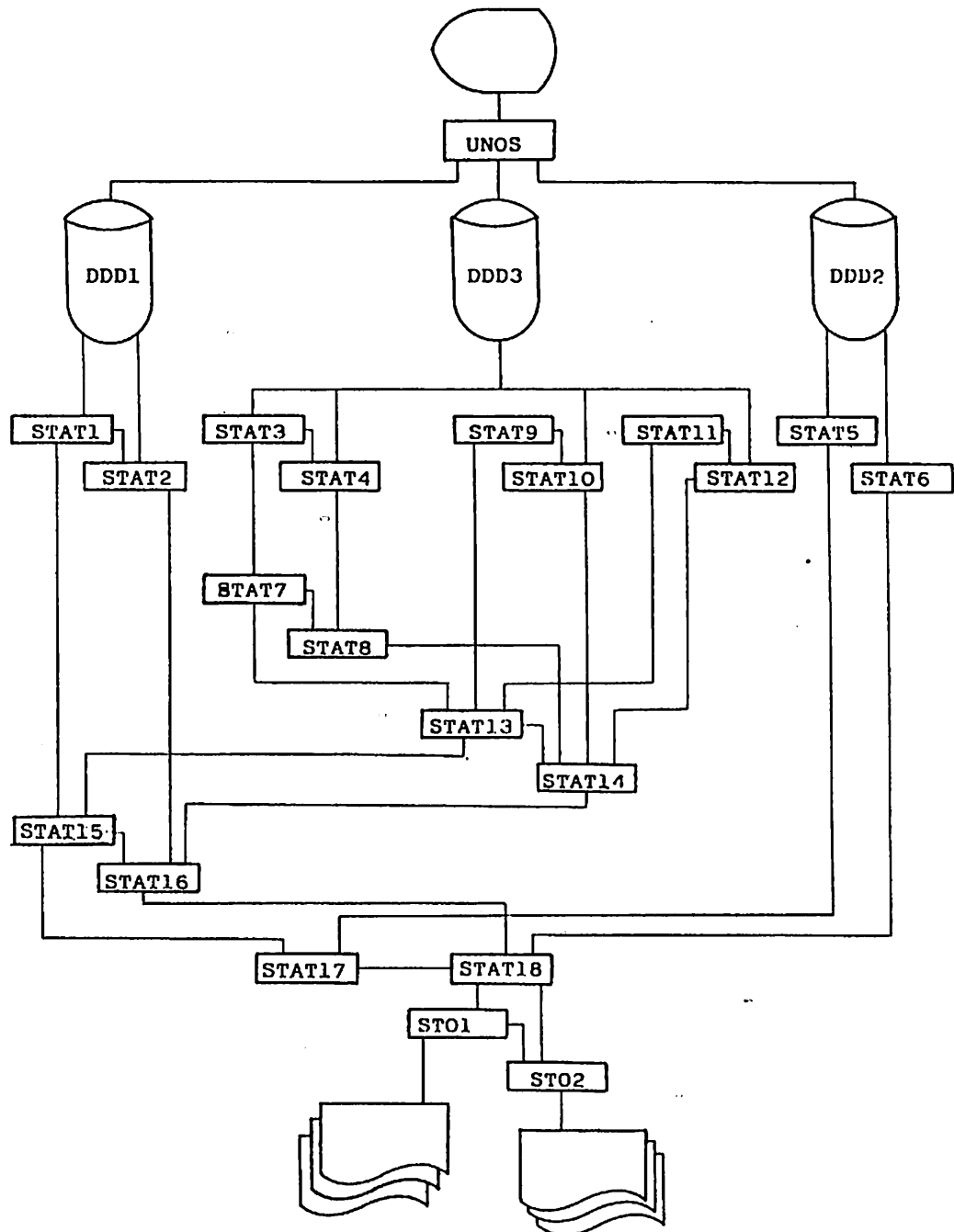
Sve obrade tehničkih i vremenskih faktora koji se planiraju i ostvaruju i svih pokazatelja koji su određeni na bazi ovih faktora vrše se primenom matematičkih metoda i računara u elektronskim računskim centrima. Obrada se vrši na osnovu matematičkih formulacija – modela koji su izrađeni po metodologiji koja je, takođe, definisana na bazi formulisanih programa.

Definisana teorija, metodologija i urađeni programi testirani su na jalovinskom sistemu BTO—la površinskog otkopa polje D u REIK Kolubara. Pregled programa, izlaznih podataka i tablica dat je u tablici 1. Međusobna zavisnost programa data je na slici 4. Algoritamske šeme programa u ovom radu nisu priložene pošto se smatra da one nisu neophodne.

Pregled programa, izlaznih datoteka i obrađenih tablica

Tablica 1

Naziv programa	Naziv izlazne datoteke	Broj tablice
1	2	3
STAT1	DT STAT1	4,32
STAT2	DT STAT2	4,17
STAT3	DT STAT3	4,36; 4,37; 4,38; 4,39; 4,40; 4,41; 4,42.
STAT4	DT STAT4	4,21; 4,22; 4,23; 4,24; 4,25; 4,26; 4,27
STAT5	DT STAT5	4,30
STAT6	DT STAT6	4,15
STAT7	DT STAT7	4,35
STAT8	DT STAT8	4,20
STAT9	DT STAT9	4,34
STAT10	DT STAT10	4,19
STAT11	DT STAT11	4,44
STAT12	DT STAT12	4,28
STAT13	DT STAT13	4,33
STAT14	DT STAT14	4,18
STAT15	DT STAT15	4,31
STAT16	DT STAT16	4,16
STAT17	DT STAT17	4,29
STAT18	DT STAT18	4,14
STO1	DTPPO3; DTSTO1; DTPPO7; DTPPO8	4,44–4,57; 4,60; 4,61; 4,65
STO2	DTPPO5; DTPPO6; DTPPO4; DTPPO9; DTSTO2; DTPPO10;	4,58; 4,59; 4,62; 4,63; 4,64; 4,66



Sl. 4 – Šema međusobne zavisnosti programa za određivanje pokazatelja racionalnog funkcionisanja kontinualnog sistema

Kalendarsko vreme, njegova realizacija i primenjena metodologija

Proračun i obrada kalendarskog vremena i njegove učestanosti izvršeni su u elektronskom računskom centru, uz pomoć programa STAT1 do STAT10 i STAT12 do STAT18. Naime, ovim programima je obrađen kontinualni i diskontinualni unos podataka, izvršena je strukturna obrada vremena i raspodela kalendarskog vremena. Zajedno sa tim, izvršena je statistička obrada strukture i raspodele kalendarskog vremena sa statističkim pokazateljima.

Proračun i obrada verovatnoće pokazatelja iskorišćenja sistema i mašina u njemu, izražena u zavisnosti od kalendarskog vremena, odnosno proračuni vremenskih pokazatelja, izvršeni su na bazi definisanih teoretskih postavki — modela i programa STO1, koristeći obrađene veličine kalendarskog vremena iz prethodnih programa. Proračunate su verovatnoće tehnološkog iskorišćenja, organizacionog iskorišćenja, spremnosti, tehničkog iskorišćenja, održavanja, preventive, zatim verovatnoće pokazatelja spremnosti u odsustvu tehnoloških zastoja i drugo. Određene su i verovatnoće otkopno-radilišnog kapaciteta i fizičkog obima proizvodnje. Proračunati pokazatelji su sistematizovani i dati u tablicama. Oni su proračunati za svaku mašinu posebno, a posebno za sistem kao celinu.

Proračun i obrada elemenata pouzdanosti kontinualnih sistema i mašina u njemu, čija je struktura elemenata serijska i paralelna, izvršeni su takođe na bazi definisanih teoretskih postavki, odnosno modela, i programa STO1 i STO2, koristeći obrađene veličine kalendarskog vremena iz prethodnih programa. Istim ulaznim podacima i istim programima proračunata su vremena koja su potrebna za otklanjanje kvarova na mašinama i sistemima.

Svi proračunati i obrađeni pokazatelji su sistematizovani i dati u tablicama.

Proračuni i obrade kapaciteta mašina i sistema i primenjena metodologija

Proračunati su teoretski, tehnički, otkopni, eksploatacioni i ostvareni kapaciteti mašina i sistema. Proračun i obrada kapaciteta i parametara koji učestvuju u njihovom određivanju su izvršeni na osnovu matematičkih formulacija i programa datih u tablici 1. Određeni su kapaciteti čije je ograničenje zapremina kašika radnog točka, zatim, čije je

ograničenje snaga pokretanja radnog točka i čije je ograničenje propusna sposobnost transportera, bagera i sistema.

Proračun i određivanje otkopnog kapaciteta su izvršeni sa svim teoretskim kapacitetima, čije je ograničenje zapremina kašika i rastresitost materijala u njima, i parametrima — koeficijentima: kopanja (Kk), rastresitosti (Kr), punjenja (Kp), prosipanja (Kpr), upravljanja (Ku). Ovi parametri su takođe proračunati računarskom tehnikom.

Eksploatacioni kapacitet sistema proračunat je takođe korišćenjem računarske tehnike. Ovaj kapacitet — proizvodnja proračunat je za sisteme koji imaju serijski i paralelnu strukturu elemenata, sa uticajem i bez uticaja klimatskih faktora, sa međusobnim uticajem i bez međusobnog uticaja mašina u sistemu.

Ostvareni kapacitet sistema određen je iz ostvarene proizvodnje i ostvarenog čistog radnog vremena. Za njegovo određivanje je takođe korišćena računarska tehnika.

Svi proračunati i određeni pokazatelji su sistematizovani i dati u tablicama.

Proračuni i obrade funkcionisanja sistema i primenjena metodologija

Određivanje funkcionisanja sistema, odnosno njegovog fizičkog obima proizvodnje, izvršeno je na bazi teoretskih postavki i stvarnih mogućnosti sistema. Proračuni i obrade fizičkog obima proizvodnje i pokazatelja koji učestvuju u njegovom proračunu izvršeni su uz pomoć teoretskih postavki, odnosno matematičkih formulacija, programa za obradu i proračun kalendarskog vremena STAT2 do STAT18 i programa STO1 i STO2.

Određeni fizički obim proizvodnje sistema, izražen za određeni vremenski period, urađen je za sistem čija je struktura elemenata serijska. Za ovakav sistem je izvršen proračun proizvodnje kada mašine u lancu nemaju i kada imaju međusobni uticaj i to: bez uticaja klimatskih faktora i sa uticajem klimatskih faktora.

Svi proračunati i obrađeni pokazatelji funkcionisanja sistema su sistematizovani i dati u tablicama.

Proračuni i obrade nivoa funkcionisanja sistema i primenjena metodologija

Određivanje nivoa funkcionisanja sistema vrši se na osnovu definisanih pokazatelja. Proračun i obrada nivoa funkcionisanja mašina i sistema su izvršeni na bazi teoretskih postavki, odnosno matematičkih formulacija, i programa STAT2 do STAT18 i STO1 i STO2. Prema tome, obrađene su: verovatnoće da će nastati i da neće nastati neki kvar ili zastoj u radu mašina ili sistema; verovatnoća vremenskih pokazatelja — iskorišćenja mašina u sistemu i sistema kao celine; verovatnoća pouzdanosti da je neka mašina ili sistem u radu; pokazatelji nivoa funkcionisanja izraženi u funkciji vremena, kapaciteta i proizvodnje; pokazatelji ostvarenog, planiranog — prognoziranog i maksimalno mogućeg nivoa funkcionisanja sistema. I ovi pokazatelji su sistematizovani i dati u tablicama.

Obrađen primer je potvrdio da, ako se kontroliše vreme i kapacitet u toku rada mašina ili sistema, tada se može kontrolisati njihovo funkcionisanje, odnosno ostvarivanje fizičkog obima proizvodnje. Kratko rečeno, na bazi urađene metodologije i obrađenog primera može se konstatovati sledeće:

1. prognozirana (planirana) proizvodnja sistema proračunata je i definisana sledećim pokazateljima:
 - koeficijentom vremenskog iskorišćenja rada sistema koji ima prosečnu vrednost 0,58
 - koeficijentom kapaciteta iskorišćenja sistema koji ima prosečnu vrednost 0,60
 - koeficijentom funkcionisanja sistema — stvarnog iskorišćenja koji ima prosečnu vrednost 0,35

- povećanjem koeficijenta funkcionisanja sistema u odnosu na ostvareni za 0,06
 - prosečnim nivoom funkcionisanja sistema u toku godine koji ima vrednost 0,83
 - fizičkim obimom proizvodnje u toku godine od 8.891.389 m³ čvrste mase
2. efekti primene ove metodologije su:
- povećanje produktivnosti sistema
 - povećanje pouzdanosti rada sistema
 - povećanje mogućnosti kvalitetnijeg planiranja i rukovođenja — odlučivanja
 - racionalno funkcionisanje sistema.

Zaključak

Primenjena metodologija i obrađeni primer potvrđuju da je za efikasno korišćenje ove metodologije neophodno da se koristi računarska tehnika, odnosno da se koristi informaciono—upravljački sistem. Racionalno funkcionisanje sistema nije moguće bez permanentnog uvida u sve procesne pokazatelje primenjene tehnologije, odnosno mašina na površinskom otkopu.

Ovakva predložena i primenjena metodologija obezbeđuje da rukovodno i organizaciono osoblje može u svakom trenutku da prati odvijanje tehnološkog procesa racionalnog funkcionisanja sistema, ili površinskog otkopa, preko niza pokazatelja koji su razrađeni u ovoj metodologiji. Naime, na osnovu ovih pokazatelja, kao što je rečeno, rad sistema se kontroliše i vrši se procena da li postoje rezerve koje se kriju u korišćenju opreme i sprovođenju odgovarajućih mera za postizanje boljeg funkcionisanja opreme.

SUMMARY

Methodology for Computer Aided Determination of Rational Functioning of Continuous Systems on Openpit Mines

The described methodology was applied and confirmed on an actual case. It affords the possibility for the managing and organizing staff to constantly monitor the development of rational system functioning process flow—sheet or the openpit mine itself by a series of indicators provided by above methodology. These indicators of system operation afford control and estimate whether disguised reserves exist in time and output utilization and take appropriate measures for improved system functioning.

ZUSAMMENFASSUNG

Methodologie zur Bestimmung der rationalen Funktion von Kontinuierlichen Systemen in Tagbauten mit der Anwendung von Computer Techniken

Die beschriebene Methodologie wurde in einem konkreten Beispiel verwendet und bestätigt. Sie garantiert dem leitenden Organisationspersonal die Möglichkeit, den Verlauf des technologischen Prozesses der rationalen Funktion des Systems oder des Abbauprozesses in jedem Moment über eine Reihe von Anzeigen, die in der vorliegenden Methodologie erarbeitet sind, zu verfolgen. Auf der Grundlage dieser Anzeigen wird die Arbeit des Systems kontrolliert, erfolgt eine Beurteilung versteckter Reserven in der zeitlichen und kapazitiven Ausnutzung und werden entsprechende Massnahmen für eine bessere Funktion des Systems durchgeführt.

РЕЗЮМЕ

Методика определения рационального функционирования непрерывной системы на карьерах применении вычислительной техники

Представленная методика использована и удостоверена на конкретном примере. Она обеспечивает возможность руководительно-организационном персонале в каждом моменте следовать ход технологического процесса, рационального функционирования системы и карьера по отношению к ряду показателей, которые разработаны в данной методике. На основе этих показателей выполняется контроль работы системы, оценка запасов в использовании времени и мощностей, и осуществляются ответствующие мероприятия для получения более функциональной системы.

Literatura

1. R a k o n j a c V., 1989: Prilog metodologiji za racionalnu primanu, funkcionisanje i korišćenje kapaciteta kompleksa kontinualnog dejstva u uslovima naših površinskih otkopa, doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
2. R a k o n j a c V., 1989: Teoretske postavke metodologije za izradu projekta informaciono-upravljačkog sistema za racionalno funkcionisanje i korišćenje opreme u rudnicima sa površinskom eksploatacijom uglja, Jugoslovensko-poljski simpozijum, Kostolac
3. V l a d i m i r o v V. M., D u b i n s k i j L. G., 1979: Ob ocenke urovnej funkcionirovanja rotornih kompleksov, „Gornye stroitel'nye mašiny“

Autor: dr inž. Vukajlo Rakonjac, REIK Kolubara, Lazarevac
Recenzent: dr inž. D. Čirić, Rudarski Institut, Beograd
Članak primljen 11.4.1990, prihvaćen 21.9.1990.

DISKONTINUALNI TRANSPORT I DEPONOVANJE HIDROMEŠAVINE PEPELA TE GACKO NA POSTOJEĆOJ DEPONJI DRAŽLJEVO

(sa 2 slike)

Miloljub Grbović – Dinko Knežević – Dušan Todorović

Rezime

Problematika deponovanja pepela TE Gacko je veoma kompleksna zbog specifičnog hemijskog sastava pepela i burne egzotermne reakcije pepela u kontaktu sa vodom. Višegodišnja laboratorijska, poluindustrijska i industrijska ispitivanja hidrauličkog transporta i deponovanja kalcijskog pepela TE Gacko su dovela do definisanja tehnološkog procesa i njegove primene na postojećoj deponiji pepela Dražljevo. Suština procesa se zasniva na prevođenju osnovne komponente pepela CaO u kalcijum hidroksid i potom u CaCO_3 . Tehnički uslovi su diktirali primenu diskontinualnog sistema pripreme i transporta hidromešavine, kao logički nastavak diskontinualnog transporta suvog pepela autocisternama od elektrane do deponije.

Uvod

Godine 1982. na obodu površinskog kopa Gračanica je proradio prvi blok termoelektrane Gacko. Lignit, koji se koristi kao osnovno gorivo za proizvodnju električne energije, sadrži oko 19% pepela.

Posle izdvajanja u elektrofiltrima, zagrejaču vazduha i dimnjaku pepeo se pneumatski transportuje do sabirnih bunkera, lociranih u krugu termoelektrane (sl. 1). Predviđeno je da se okvašeni pepeo transportuje kamionima – kiperima od sabirnih bunkera do deponije na lokaciji Dražljevo.

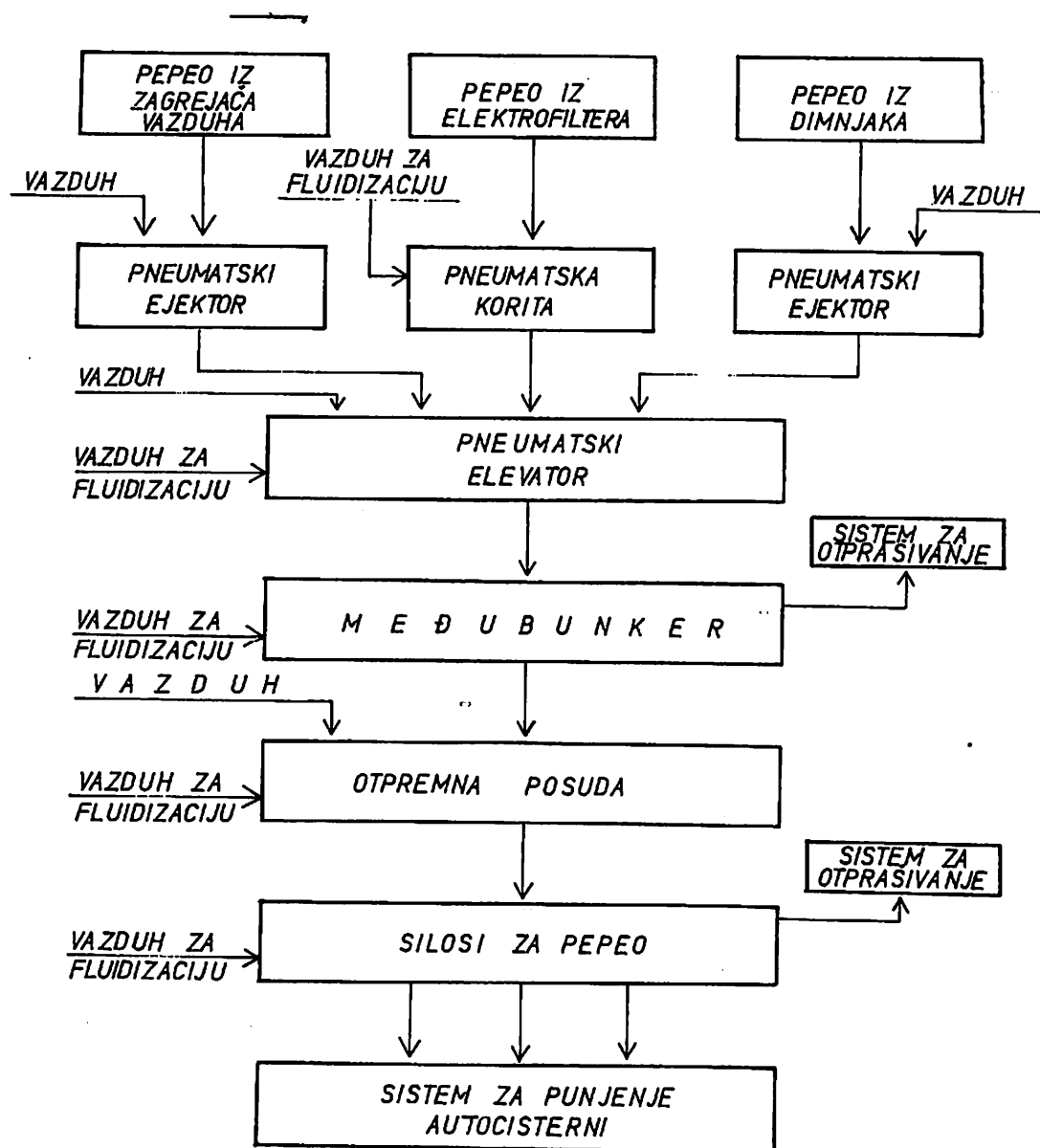
Kontakt pepela i vode je dovodio do burne reakcije, koja bi obično rezultirala eksplozijama sa izletanjem pepela iz kamionskih prikolica i značajnim zagađenjem okoline.

Bilo je očigledno da u prethodnim fazama projekta osobine pepela nisu dovoljno izučene, da odabrana tehnologija ne odgovara i da se od njene praktične primene mora odustati. Da se ne bi prekidao rad termoelektrane, nađeno je rešenje u suvom transportu pepela autocisternama do izgrađene deponije Dražljevo. Deponovanje je vršeno tako što se pepeo pomoću pneumatskih pumpi oduvavao ispod nivoa vode kojom je deponija prethodno napunjena.

Izmenjena tehnologija transporta i deponovanja prouzrokovala je izuzetno visoke troškove i uz to dovela do niza problema vezanih za tehnički pouzdan transport i deponovanje, a da se i ne govori o problemima vezanim za zagađenje okoline. Sve ove nedaće zahtevale su traženje novih tehnologija transporta i deponovanja, sa ciljem da se smanje troškovi i poveća tehnička pouzdanost sistema.

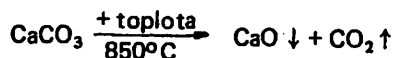
Problematika hidrauličkog transporta i deponovanja pepela iz TE Gacko

Površinskim otkopavanjem uglja moćnim mašinama, uz korisnu mineralnu supstancu otkopavaju



Sl. 1. — Blok dijagram sistema pneumatskog prikupljanja pepela u TE Gacko

se i široki jalovi prosljoci. Na površinskom otkopu Gračanica u Gacku moćan sloj lignita prati više međuslojeva laporca i krečnjaka, debljine od nekoliko centimetara do gotovo jednog metra. Tehnologija eksploatacije je takva da se ti delovi ležišta ne mogu odvajati u jalovinu, već zajedno sa ugljem idu na usitnjavanje i sagorevanje u termoelektranu. Kako je temperatura u ložištu 1000–1200°C, to dolazi do „pečenja“ krečnjaka uz izdvajanje čvrstog ostatka CaO i gasovite faze CO₂. Proces se može predstaviti formulom:



Da bi se ovaj proces izbegao, potrebno je ili izdvojiti krečnjak pre ložišta, ili smanjiti temperaturu u ložištu na ispod 850°C. Čišćenje uglja traži znatna finansijska ulaganja koja rudnik/termoelektrana nema, tako da ova tehnološka faza ostaje za buduća (bogatija) vremena. Druga mogućnost, sniženje temperature u ložištu, dovela bi do

smanjenja snage termoelektrane tako da i ona otpada.

Kao rezultat svega, svakog časa se izdvoji 60—65 tona pepela u kojem CaO čini više od 2/3 sastava. Pri tome je više od polovine aktivni CaO, koji brzo reaguje bilo sa vlagom iz vazduha bilo sa tehnološki dodatom vodom. Hemijski sastav pepela je prikazan u tablici 1.

Hemijski sastav pepela

Tablica 1

Komponente	Učešće, %
SiO ₂	4,50 — 4,38
Al ₂ O ₃	1,42 — 1,65
Fe ₂ O ₃	2,72 — 2,54
CaO	69,68 — 67,25
MgO	1,10 — 1,06
TiO ₂	0,06 — 0,08
K ₂ O	0,74 — 0,63
Na ₂ O	0,51 — 0,48
SO ₃	12,94 — 12,11
Gubitak žarenjem	9,80 — 6,26
CaO aktivno	48,90

S obzirom na način formiranja pepela, odnosno njegove glavne komponente, najlogičnije je bilo izvesti reverzibilnu hemijsku reakciju sa krajnjim ciljem ponovnog formiranja CaCO₃. Hemijsku reakciju je moguće izvesti, s tim što fazi karbonizacije predstoji faza hidratacije:

hidratacija: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{toplota}$

karbonizacija: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{toplota}$

Dakle, pored aktivnog CaO neophodno je prisustvo vode i ugljen—dioksida. Vodu je moguće obezbediti kao tehnološku vodu, uz njeno istovremeno korišćenje kao transportnog fluida. Ugljen—dioksida ima u vazduhu i samo je potrebno obezbediti kontakt CO₂ sa formiranim Ca(OH)₂.

Poznato je, takođe, da reakcija razlaganja CaCO₃ na CaO i CO₂ i ponovnog formiranja CaCO₃ iz CaO i CO₂ nije 100% reverzibilna, već zaostaje jedan deo Ca(OH)₂ koji, termodinamički, ne može da pređe u CaCO₃.

Polazeći od ovakvih razmišljanja i poznavanja materije, programirani su istražni radovi koji je trebalo da daju odgovore na nekoliko sledećih pitanja i nepoznanica:

— kako formirati pulpu (posebno u pogledu gustine) s obzirom na varijacije u sadržaju aktivnog

CaO i znatno učešća pratećih, hemijski inertnih, komponenata;

- kako praktično izvesti transport s obzirom na dužinu trajanja hemijskih reakcija i na energiju koja se pri tom oslobađa;
- kako obezbediti karbonizaciju Ca(OH)₂ tek nakon završetka transporta;
- kako obezbediti maksimalno moguće prevođenje Ca(OH)₂ u CaCO₃;
- kakav je uticaj nevezanog Ca(OH)₂ na pH vrednost sredine i na zagađenje okoline.

Trebalo je da ispitivanja pokažu kako formirati tehnički i ekološki stabilnu deponiju bez slobodne tehnološke vode unutar taložnog jezera, i pored činjenice da područje Gacka ima 3 puta veće padavine od insolacije.

Istražni radovi

Kao što je uobičajeno, ispitivanja su započeta laboratorijskim opitima, koji su vremenom prerasli u poluindustrijska ispitivanja. Ona su dala sledeće rezultate:

- zadovoljavajuća gustina pulpe je između 40 i 60% Č (po masi); ukoliko je pulpa ređa, ostvaruje se višak vode tako da ne dolazi do formiranja CaCO₃; ukoliko je pulpa gušća od 60% Č, vreme potpunog vezivanja dodate vode je ispod 10 minuta, što ne obezbeđuje hidraulički transport; pri optimalnoj gustini od 50% Č, pepeo veže celokupno dodatnu vodu u vremenskom intervalu od 50—60 minuta;
- pri prinudnom hidrauličkom transportu kroz cevovod, s obzirom da u sistemu nema vazduha, odvija se samo proces hidratacije a ne i karbonizacije;
- deponovanje se mora obaviti u tankim slojevima (do 20 cm) kako bi svako zrno došlo u kontakt sa CO₂; ukoliko se deponovanje vrši u debljim slojevima, dolazi do nagomilavanja energije unutar sloja i kad akumulirana toplotna energija nadjača površinski napon deponovane mase, dolazi do njenog eksplozivnog oslobađanja;
- voda koja (naknadno) dođe u kontakt sa ovako deponovanim pepelom ima pH vrednost oko 12 i predstavlja potencijalnu opasnost za okolinu;
- deponovani pepeo može naknadno da veže vodu, s tim da ukupno učešće vode mora biti ispod 1,5 masenog dela.

Na bazi ovakvih saznanja projektovano je i izgrađeno industrijsko postrojenje za pripremu i

transport pulpe i obezbeđen odgovarajući akumulacioni prostor za deponovanje na postojećoj deponiji Dražljevo.

Zatečeno stanje na deponiji Dražljevo

Deponija Dražljevo je smeštena u kraškoj kotlini. Dve strane deponije čine prirodne stene, a druge dve čine izgrađene kamene brane. Deponija je izgrađena do kote 1146 m.n.m. Dno i unutrašnje strane deponije su obložene vodonepropusnom plastičnom folijom da bi se sprečilo oticanje vode iz deponije. Kako je deponija locirana na krasu, to bi svako gubljenje vode ($\text{pH} \sim 12$) izazvalo pravu ekološku katastrofu na potezu od deponije do mora. Tokom osmogodišnje eksploatacije na deponiji je primenjeno više tehnologija zapunjavanja. Krenulo se od slobodnog istresanja pepela iz kamiona — kiperu, nastavilo se podvodnim oduvanjem pepela iz autocisterni, da bi poslednjih nekoliko godina deponija bila zapunjavana slobodnim izduvanjem pepela u atmosferu unutar kontura deponije.

Ovakva tehnologija deponovanja dovela je do ekološke degradacije terena u najbližoj okolini jer su vetrovi, koji stalno duvaju na ovoj visoravni, raznosili oblake pepela svud naokolo. Pepeo koji je ostao na deponiji nije mogao da primi dovoljne količine vode i vazduha tako da sav CaO nije mogao da pređe u CaCO_3 . Izvedena bušenja su pokazala da ranije odloženi pepeo pod uticajem atmosferskih padavina, koje se infiltriraju, započinje reakciju prelaska u Ca(OH)_2 , ali usled nedostatka CO_2 ne može da pređe u CaCO_3 .

Prikaz tehničkog rešenja

Pristup rešavanju problematike hidrauličkog transporta i deponovanja proistekao je iz stanja u kojem je zatečena deponija, a baziran je na rezultatima istražnih radova. Uglavnom, prihvaćeni su sledeći, polazni, projektantski elementi:

- zadržava se postojeći transportni sistem (autocisterne), jer je necelishodno menjati ga s obzirom da radni vek deponije na ovoj lokaciji nije duži od još dve godine
- diskontinualni transport iziskuje i diskontinualnu pripremu pulpe i transport
- s obzirom da je tehnološki sistem veoma osetljiv na nedostatak vode, to se obezbeđuje stalna rezerva vode koju je moguće upotrebiti bez obzira da li ima ili nema električne energije

- sistem transporta hidromešavine je gravitacijski, čime se rešava problem rada pumpi, njihovog zaptivanja i iznenadnog nestanka energije
- celokupni sistem je prilagođen radu u najtežim klimatskim uslovima (temperatura do -40°C), uz zadovoljenje svih zahteva ekologe.

Ovakav pristup definisao je tehnološki sistem koji je grafički prikazan na sl. 2.

U kondicioner se najpre dodaje tačno određena količina vode, a potom se pod vodu udvava pepeo. Uduvanje pepela se vrši pomoću kompresora koji je sastavni deo autocisterne. U jednom ciklusu je moguće deponovati šest autocisterni koje u proseku voze po 26 tona pepela.

Kondicioner je robustan uređaj koji intenzivnim mešanjem veoma uspešno omogućuje kontakt svake čestice pepela sa vodom.

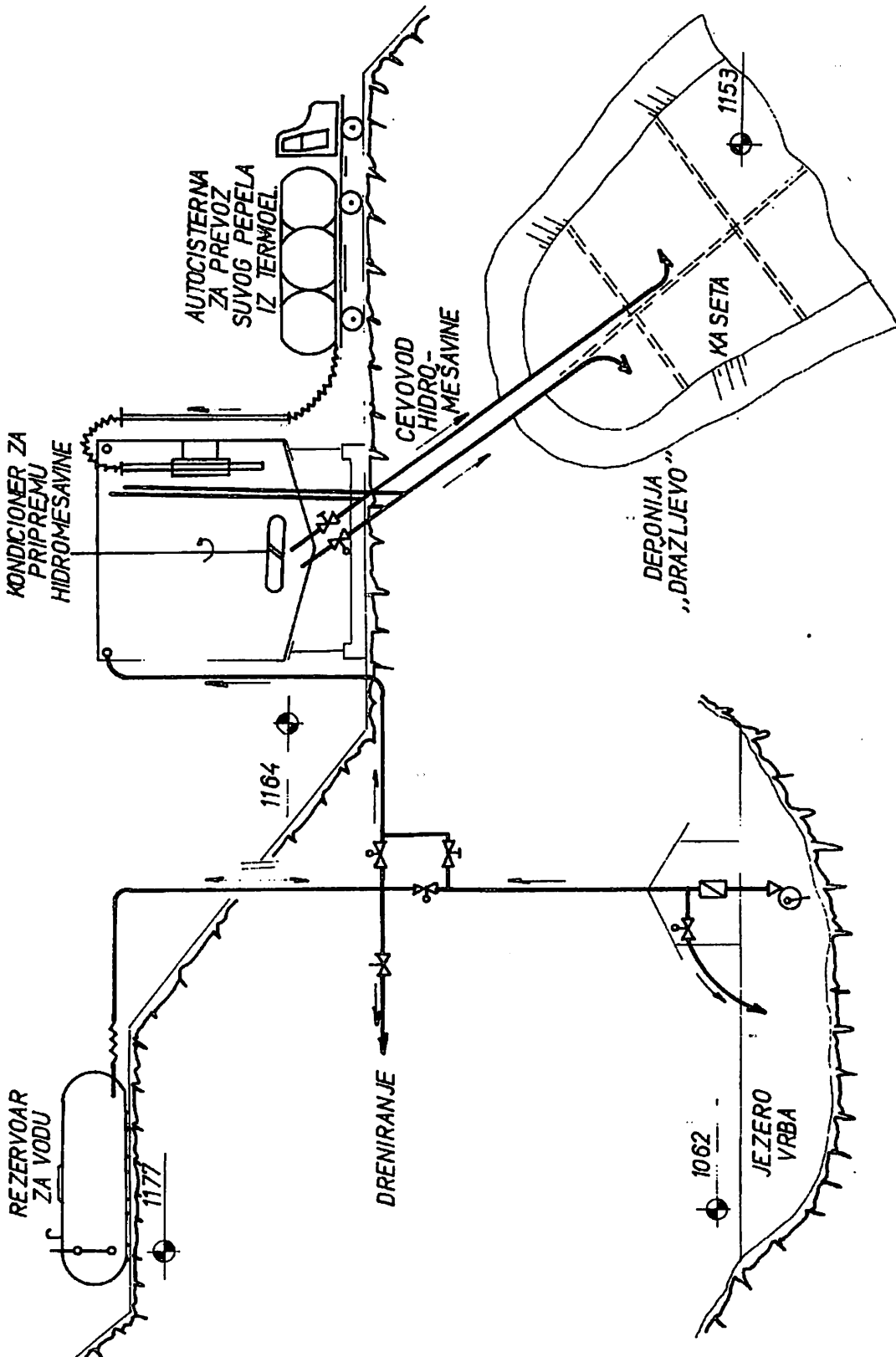
Uduvanje pod vodu sprečava aerozagađenje okoline. Nakon ubacivanja predviđenih količina pepela (što traje 15–20 minuta), cisterne se vraćaju u elektranu na novi utovar, a za to vreme se iz kondicionera isprazni hidromešavina. Nakon pražnjenja hidromešavine iz kondicionera, on se ponovo puni vodom iz rezervoara, čime započinje novi ciklus pripreme hidromešavine.

Deponovanje se vrši u kasete približne veličine 100×100 m i visine oko 3 m. Stalno je na raspolaganju više kaseti tako da se deponovanje može vršiti naizmenično. Ovakav rad omogućuje brz završetak ciklusa hidratacije i uspešan početak karbonizacije. Obodni nasipi kaseti rade se, uz pomoć buldozera, od pepela koji je prethodno deponovan. Iskustvo je pokazalo da buldozer može da uđe u deponiju 3–5 dana nakon istakanja hidromešavine.

Uticaj nove tehnologije na zagađenje okoline

Aerozagađenje okoline je bio nerešivi element stare (suve) metode deponovanja pepela na deponiji Dražljevo. Zagađenje podzemnih voda je sprečeno oblaganjem deponije vodonepropusnom folijom. Zagađenja povremenih površinskih vodotokova nije bilo zahvaljujući reljefu lokaliteta na kome je deponija postavljena. Usled velikog aerozagađenja, zemljište i pašnjaci u području oko deponije bili su zagađeni.

Zadatak nove (mokre) tehnologije deponovanja bio je da spreči aerozagađenje i dalju degradaci-



Sl. 2 — Šema tehnološkog procesa hidrauličkog transporta i deponovanja pepela u TE Gacko

ju zemljišta, a da istovremeno ne poremeti sistem zaštite voda.

Kritični trenutak za pojavu aerozagađenja je istovar autōcisterni. Rešenje je nađeno u postavljanju sistema cevi i gumenih rebrastih creva koja su uvek ispod nivoa vode u kondicioneru.

Na ovaj naćin se pneumatski oduvava pepeo pod vodu, a ubaćeni vazduh prolazi kroz hidromešavinu, „ispira se” i slobodno izlazi u atmosferu. Da bi se sprećilo izbacivanje gumenih creva iz vode (pod dejstvom vazduha), ona se postavljaju u „kaveze”. Radi se o sistemu međusobno vezanih prstenova koji dozvoljavaju slobodno otresanje creva u prostoru dvostruko većem od prećnika creva, ali ne dozvoljavaju izbacivanje creva van vode. Projektovani sistem se pokazao dobrim, tako da je kritićno mesto aerozagađenja, a time i uništenja zemljišta, rešeno.

U fazi transporta i deponovanja pepeo je u obliku hidromešavine tako da nema bojazni od aerozagađenja. Nakon vezivanja tehnološke vode na deponiji, pepeo prelazi u kompaktnu masu i vetrovi, koji tu stalno duvaju, ne mogu da ga podignu i raznose.

Sistem zaštite voda nije ugrožen zato što je na potezu od kondicionera do deponije postavljen fiksni cevovod koji treba da spreći zagađenje u fazi transporta, a na deponiji su nasipi, koji se nadgrađuju, uvućeni za 15 m, tako da spirna voda od

atmosferskih padavina ostaje unutar kontura deponije. Za izuzetno velike, padavine na terenu između starog i novog nasipa izgrađen je obodni kanal za prihvat tih voda.

Dakle, nova tehnologija je znaćajno unapredila sistem zaštite okoline potpunom eliminacijom aerozagađenja i održavanjem sistema zaštite voda na prećhodno postignutom, zadovoljavajućem nivou.

Zaključak

Višegodišnja laboratorijska, poluindustrijska i industrijska ispitivanja hidraulićkog transporta i deponovanja kalcijskog pepela TE Gacko dovela su do definisanja tehnoloćkog procesa i njegove primene na postojećoj deponiji pepela Dražljevo.

Suština celog procesa se zasniva na prevođenju osnovne komponente pepela CaO u kalcijum hidroksid i potom u CaCO₃. Tehnićki uslovi su diktirali primenu diskontinualanog sistema pripreme i transporta hidromešavine, kao logićki nastavak diskontinualanog transporta suvog pepela autōcisternama od elektrane do deponije.

Prvi industrijski koraci novog sistema bili su uspešni. Nastavlja se praćenje svih bitnih parametara, kao osnove za projektovanje slićnog sistema odlaganja pepela na novu trajnu deponiju, najverovatnije unutar površinskog otkopa Graćanica.

SUMMARY

Discontinuous Transport and Disposal of Thermal Power Generating Plant Gacko Ash Hydraulic Mixture on Existing Disposal Area Dražljevo

Problems related to ash disposal in thermal power generating plant Gacko are highly complex due to the specific composition of the ash and vigorous exothermal ash reaction in contact with water. Many year laboratory, pilot and full-scale investigations of Gacko plant calcium ash hydraulic transport and disposal resulted in development of a process flow-sheet and its application on the existing ash disposal area Dražljevo. In essence, the process is based on conversion of ash basic component CaO into calcium hydroxide and then into CaCO₃. Technical conditions imposed the need for application of a discontinuous system for hydraulic mixture preparation and transport as a logical continuation of discontinuous transport of dry ash by tank trucks from the power station to the disposal area.

ZUSAMMENFASSUNG

Diskontinuierlicher Transport and Ablagerung der feuchten Aschen—Mischung des Heizkraftwerkes Gacko auf der bestehenden Deponie Dražljevo

Die Problematik der Aschenablagerung für das Heizkraftwerk Gacko ist sehr komplex wegen der spezifischen chemischen Zusammensetzung der Asche und der starken exothermen Reaktionen der Asche in Verbindung mit Wasser.

Mehrjährige labormässige, halbindustrielle und industrielle Untersuchungen des hydraulischen Transports und der Ablagerung der Kalziumasche des Heizkraftwerkes Gacko haben zu einer Definition des technologischen Prozesses und seiner Anwendung auf der bestehenden Aschendeponie Dražljevo geführt. Das Kernstück dieses Prozesses ist die Übersetzung der Hauptkomponente der Asche CaO in Kalziumhydroxyd und anschliessend in CaCO₃.

Die technischen Voraussetzungen diktierten die Anwendung eines diskontinuierlichen Vorebreitungs- und Transportsystems des Hydrogemisches als logische Fortsetzung des diskontinuierlichen Transportes der trockenen Asche mit (Tank) Lastwägen vom Kraftwerk zur Deponie.

РЕЗЮМЕ

Прерывный транспорт и складирование гидросмеси золи из ТЭЦ Гацко на существующем отвале Дражльево

Проблема складирования золи из ТЭЦ Гацко весьма комплексная из-за специфического химического состава золи и бурного экзотермического взаимодействия золи в контакте с водой. Многолетние лабораторные, полупромышленные и промышленные исследования гидравлического транспорта и складирования кальциевой золи ТЭЦ Гацко привели до определения технологического процесса и его применения на существующем отвале золи Дражльево. Процесс обоснован на переводе основной составляющей золи CaO у Ca(OH)₂ и потом у CaCO₃. Технические условия определили применение прерывной системы приготовления и транспортирования гидросмеси как логическое продолжение прерывного транспортирования сухой золи автоцистернами от ТЭЦ до отвала.

Literatura

1. Glavni tehnički projekat završnog oformljenja deponije pepela Dražljevo, Rudarski institut, Beograd, 1988.
2. Industrijska ispitivanja priprema transporta i deponovanja pepela TE Gacko, Rudarski institut, Beograd, 1988.
3. Knežević D., Simović I., Vujičić Lj., Radojičić M., 1989: Problematika deponovanja kalcij-skih pepela na primeru pepela TE Gacko, XII jugoslovenski simpozijum o PMS, Tuzla, str. 347—352.
4. Knežević D., Grbović M., Petrović M., 1986: Istraživanje mogućnosti i uslova za primenu

hidrauličkog transporta i deponovanja pepela TE Gacko, „Rudarski glasnik“ br. 4, Rudarski institut, Beograd

5. Njegovan V. N., 1969: Osnovi hemije, Naučna knjiga, Beograd
6. Rogić V., Mačković N., Matković B., i drugi, 1986: Neutralizacija elektrofilterskog pepela termoelektrane Gacko, savetovanje Energija i ekologija, Beograd
7. Knežević D., 1985: Hidrauličko deponovanje kalcij-skih pepela sa posebnim osvrtom na problematiku deponovanja pepela TE Gacko, specijalistički rad, Rudarski institut, Beograd

Autori: dipl.inž. Miloljub Grbović i dipl.inž. Dinko Knežević, Zavod za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta i dipl.inž. Dušan Todorović, Zavod za projektovanje i konstruisanje Rudarskog instituta, Beograd

Recenzent: dr inž. Lj. Košutić, Beograd

Članak primljen 12.4.1990, prihvaćen 21.9.1990.

KONCENTRACIJA MAGNEZITSKE ATAPULGITSKE RUDE IZ AUSTRALIJE POSTUPKOM TERMIČKE OBRADJE MINERALA I PNEUMATSKE KONCENTRACIJE

(sa 4 slike)

Božidar Branković

Rezime

Obavljenim ispitivanjima je tretirana veoma siromašna ruda magnezita, krupnoće $-30+0$ mm, sa sadržajem MgO od 19,32%, 24,86% SiO₂, 19,19% Al₂O₃, 11,21% Fe₂O₃, 3,03% CaO i 29,65% GŽ. Kombinovanim postupkom pranja rude, sušenja, termičke obrade minerala i koncentracije u vazdušnoj mašini taložnici, utvrđena je mogućnost proizvodnje koncentrata sa sadržajem MgO od 87,44%, 1,94% SiO₂, 3,45% Al₂O₃, 1,45% Fe₂O₃, 3,40% CaO i 2,48% GŽ.

Uvod

Uzorak za ova ispitivanja je 1989. godine Rudarskom institutu Beograd isporučilo preduzeće DEVEX Ltd., Sidnej, Australija. Kako rudu predstavlja veoma redak tip magnezitne rude visoke poroznosti, male zapreminske mase i izražene sklonosti ka raspadanju rudnih i jalovinskih minerala u dodiru sa vodom, to se ne mogu primeniti klasični postupci pripreme magnezitnih ruda. Zato smo u našem istraživanju mogućnosti koncentracije primenili postupak termičke obrade minerala i pneumatske koncentracije.

Laboratorijska ispitivanja

Prispeli uzorak je homogenizovan a potom je izvršeno potrebno skraćivanje za laboratorijska

ispitivanja. Laboratorijskim ispitivanjima je utvrđeno da ruda ima sledeće fizičke osobine:

- sadržaj vlage 9,34%
- zapreminsku masu 1,16 t/m³
- gustinu 2,82 g/cm³
- poroznost 24,71%
- magnetnu osetljivost $22,34 \cdot 10^{-7}$ (m³/kg)

Hemijskom analizom je utvrđen sledeći hemijski sastav rovne rude:

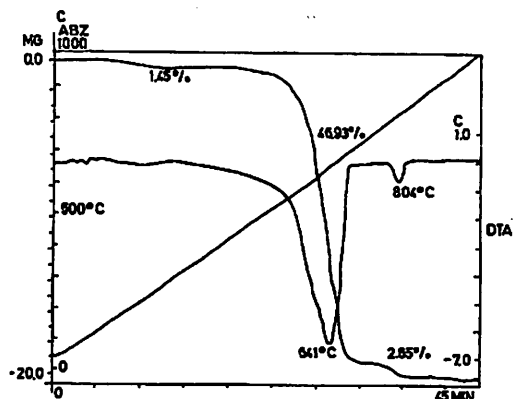
SiO ₂	24,86%
Al ₂ O ₃	12,19%
Fe ₂ O ₃	11,21%
CaO	3,03%
MgO	19,32%
GŽ	29,39%
<hr/>	
	100,00%

Mineraloškim ispitivanjima je utvrđen mineralni sastav rude, koji se karakteriše prisustvom minerala:

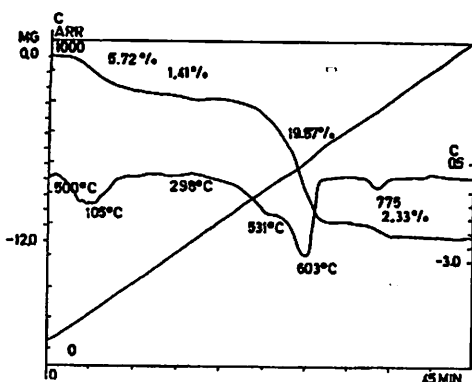
- magnezita
- atapulgita
- dolomita
- kalcita
- kvarca
- tridomita
- montmorionita
- hlorita
- amfibola
- serpentina
- hematita
- getita
- limonita.

Utvrdjivanje termodinamičkih osobina rovne rude, korisnih magnezitskih minerala i minerala jalovine obavljeno je na sledeći način. Iz rovne rude su izdvojena bela i tamna zrna. Bela zrna predstavljaju magnezitske minerale a tamna zrna jalovinu. Na uzorku rovne rude, belih i tamnih zrna napravljena su DTA i TGA ispitivanja. Rezultati ovih ispitivanja su dati na slikama 1, 2 i 3.

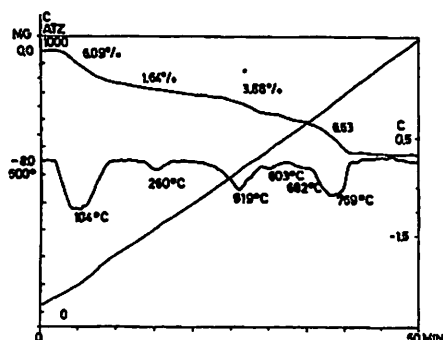
Termička ispitivanja su pokazala da uzorci predstavljaju magnezitnu rudu sa karakterističnim pikovima za magnezit na temperaturi 600–650°C i karakterističnim pikom za mineral atapulgit na temperaturi 770–800°C (sl. 1 i 2). Uzorak jalovine pokazuje veći broj karakterističnih pikova, što je posledica složenog mineralnog sastava, različitih termičkih osobina minerala, pri čemu iznad 770°C nema značajnih termičkih promena u mineralima.



Sl. 2 – TGA i DTA belih zrna



Sl. 1 – TGA i DTA rovne rude



Sl.3 – TGA i DTA tamnih zrna

Prosejavanjem rovne rude suvim postupkom na seriji sita utvrđen je granulometrijski sastav, a

direktnom hemijskom analizom je utvrđen sadržaj hemijskih komponenata, tablica 1.

Granulometrijski sastav suvo prosejane rovne rude

Tablica 1

Klasa krupnoće mm	M%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	GŽ%
Ulaz	100,00	24,86	12,19	11,21	3,03	19,32	29,65
+ 25	—	—	—	—	—	—	—
– 25 + 20	5,80	17,30	9,77	7,29	2,48	27,04	36,30
– 20 + 15	7,91	16,92	12,15	7,29	2,76	24,97	36,30
– 15 + 10	7,19	21,18	12,01	9,25	2,20	23,03	32,79
– 10 + 5	19,84	23,22	12,77	11,97	1,65	19,42	31,20
– 5 + 2	24,03	26,28	17,98	10,34	1,65	15,06	29,07
– 2 + 1	16,43	27,38	15,39	12,79	1,38	15,06	28,25
– 1 + 0,5	10,63	30,42	15,53	12,57	1,10	13,47	27,31
– 0,5 + 0	8,17	30,82	19,03	11,37	1,38	10,30	27,42

Dobijeni uzorak predstavlja lepljivu rudu u kojoj se zapažaju manje količine belih zrna oblepjenih glinom. Pažljivim ručnim pranjem na situ u laboratorijskim uslovima dobijen je granulometrijski sastav sa sadržajem i raspodelom komponenata datim u tablici 2.

Rezultati prikazani u tablici 1 pokazuju da se svim prosejavanjem nijedna klasa krupnoće ne obogaćuje po sadržaju MgO da bi mogla da se upotrebi kao definitivni proizvod. Sadržaj MgO u klasama – 5 mm je niži od prosečnog sadržaja

MgO u rudi, dok učešće klase – 0,5 + 0 mm iznosi više od 8%.

Laboratorijsko pranje na situ, tablica 2, pokazuje da naglo raste učešće klase – 0,5 + 0 mm na više od 36%, pri čemu je sadržaj MgO od 13,35% relativno nizak, niži od prosečnog sadržaja. Sadržaj SiO₂, idući od krupnih klasa ka sitnim, raste od 10,77% do 32,92%. Na isti način raste i sadržaj Al₂O₃ od 4,2% do 14,62%. Sadržaj Fe₂O₃ raste sa 3,20% kod krupne klase, na 12,57% kod najsitnije klase. Sadržaj CaO je najveći kod najkrupnije klase,

Granulometrijski sastav laboratorijski oprane rude

Tablica 2

Klasa krupnoće mm	M%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	GŽ%
Ulaz	100,00	24,86	12,19	11,21	3,03	19,32	29,65
+ 20	4,18	10,77	4,20	3,20	4,15	36,17	41,97
– 20 + 15	6,17	11,50	4,50	4,37	4,49	35,23	40,19
– 15 + 10	4,62	12,79	5,56	5,48	3,22	33,93	39,41
– 10 + 5	12,93	15,93	7,01	8,54	2,19	30,28	36,51
– 5 + 2	15,72	16,00	10,09	10,34	2,85	25,81	35,15
– 2 + 1	11,51	22,86	14,66	14,35	1,42	18,04	28,91
– 1 + 0,5	8,59	28,78	11,78	14,07	1,28	16,38	27,72
– 0,5 + 0	36,28	32,92	13,63	12,57	1,27	13,35	26,96

Učešće i kvalitet belih i tamnih zrna u opranoj rudi

Tablica 3

Klasa krupnoće mm	M%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	GŽ%
Ulaz računski	100,00	23,37	10,80	10,84	1,86	21,75	31,63
Bela zrna							
– 30 + 20	3,05	1,04	0,49	0,97	2,83	45,07	50,07
– 20 + 15	4,24	1,08	0,72	0,76	3,03	44,69	49,73
– 15 + 10	2,99	2,50	0,89	0,59	1,37	44,98	49,95
– 10 + 5	7,43	2,18	0,92	0,76	1,37	45,08	50,17
– 5 + 2	8,92	3,50	2,16	0,76	1,10	43,80	48,76
– 2 + 1	3,94	4,66	2,56	1,14	0,99	42,80	48,08
– 1 + 0,5	2,62	7,56	2,27	1,95	1,10	40,82	46,64
Bela zrna	33,19	3,04	1,48	0,90	1,27	44,07	49,18
Tamna zrna							
– 30 + 20	1,13	37,06	14,22	9,30	7,72	12,28	19,84
– 20 + 15	1,93	34,40	12,82	12,30	7,72	14,46	19,23
– 15 + 10	1,63	31,68	13,85	14,47	6,61	13,67	20,07
– 10 + 5	5,50	34,50	15,24	19,04	3,30	10,30	18,06
– 5 + 2	6,80	32,38	20,51	22,91	2,20	5,15	17,29
– 2 + 1	7,57	32,34	20,90	21,22	1,65	6,15	18,93
– 1 + 0,5	5,97	38,10	15,95	19,91	1,37	5,66	19,42
Tamna zrna	30,53	34,13	17,69	19,58	2,88	7,48	18,62
Mulj							
– 0,5 + 0	36,28	32,92	13,63	12,57	1,27	13,35	26,54

4,15%, a potom opada kod sitnih klasa na 1,27%. Sadržaj MgO je najveći u krupnim klasama i iznosi 36,17%, dok u klasi – 0,5 + 0 mm iznosi samo 13,35%. Obogaćivanje MgO postoji samo u krupnim klasama.

Svaka klasa za sebe ne predstavlja posebno vrednu sirovinu, već relativno siromašnu rudu magnezita.

Kod mokrog pranja rude uočeno je izvesno degradiranje, raspadanje belih zrna, tako da je pranje moralo biti obavljeno brzo i sa malo vode. Da bi se izbeglo raspadanje zrna, proces sušenja mora biti brz i efikasan. Posle sušenja zrna su bila stabilna i čvrsta.

Da bi se odredili kvalitet i količina belih zrna u rudi, iz oprane rude je u laboratorijskim uslovima izvršeno izdvajanje belih i tamnih zrna postupkom odabiranja za svaku klasu krupnoće. Dobijeni uzorci belih i tamnih zrna direktno su hemijski

analizirani, a sadržaj hemijskih komponenata u ulazu dobijen je računskim putem. Rezultati ovih ispitivanja dati su u tablicama 3 i 4.

Na osnovu hemijskog ispitivanja, tablice 3 i 4, i termodinamičkih ispitivanja, sl. 2 i 3, vidi se da su bela zrna nosioci korisnih minerala (magnezita i atapulgića), dok su tamna zrna nosioci minerala jalovine koji sadrže SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 itd. Kako su termičke i hemijske osobine belih i tamnih zrna različite, to smo u daljem istraživanju ove razlike iskoristili za njihovo razdvajanje.

Poluindustrijska ispitivanja pranja rovne rude

Pre bilo kog procesa koncentracije potrebno je izvršiti oslobađanje mineralnih zrna procesom usitnjavanja. Kod ispitivane magnezitne rude, koja predstavlja proizvod odsejavanja krupnoće – 25 + 0 mm, skoro sva bela zrna bogata MgO su slobodna, ali oblepljena glinom. Sa pratećom

Bilans belih i tamnih zrna po klasama krupnoće

Tablica 4

Klasa krupnoće mm Vrsta zrna	M%	$\text{SiO}_2\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{Fe}_2\text{O}_3\%$	CaO%	MgO%	GŽ%
Ulaz	100,00	23,37	10,80	10,84	1,86	21,75	31,63
+ 20	4,18	10,77	4,20	3,22	4,15	36,17	41,97
Belo	3,05	1,04	0,49	0,97	2,83	45,02	50,07
Tamno	1,13	32,06	14,22	9,20	7,72	12,28	19,85
– 20 + 15	6,17	11,50	4,50	4,49	35,23	40,23	40,19
Belo	4,24	1,08	0,72	0,76	3,03	44,69	49,73
Tamno	1,93	34,40	12,82	12,30	7,72	14,46	19,23
– 15 + 10	4,62	12,79	5,56	5,48	3,22	33,93	39,41
Belo	2,99	2,50	0,89	0,59	1,37	44,98	49,95
Tamno	1,63	31,67	13,85	14,47	6,61	13,67	20,07
– 10 + 5	12,93	15,93	7,01	8,54	2,19	30,28	36,51
Belo	7,43	2,18	0,92	0,76	1,37	45,08	50,17
Tamno	5,50	34,50	15,24	19,04	3,30	10,30	18,06
– 5 + 2	15,72	16,00	10,09	10,34	2,85	25,81	35,15
Belo	8,92	3,50	2,16	0,76	1,10	43,80	48,76
Tamno	6,80	32,38	20,51	22,91	2,20	5,15	17,29
– 2 + 1	11,51	22,86	14,66	14,35	1,42	18,04	28,91
Belo	3,94	4,66	2,56	1,14	0,99	42,80	48,08
Tamno	7,57	32,34	20,90	21,22	1,65	5,15	18,93
– 1 + 0,5	8,59	28,78	11,78	14,07	1,28	16,38	27,72
Belo	2,62	7,56	2,27	1,95	1,10	40,82	46,64
Tamno	5,97	38,10	15,95	19,91	1,37	5,66	19,42
– 0,5 + 0	36,28	32,92	13,63	12,57	1,27	13,35	26,64

jalovinom složenog mineralnog sastava bela zrna čine neobičan agregat, često plastičnog svojstva. Za definitivno oslobađanje belih i tamnih zrna potrebno je procesom pranja ukloniti glinu koja se javlja kao vezivo, prevlaka ili nalepak na belim zrnima bogatim MgO i na zrnima jalovine. Glinovita materija lako upija vodu, a dezintegracija je otežana na onim zrnima gde je glina čvrsto nalepljena, posebno na udubljenjima belih zrna koje ispunjava. Uporedo sa dezintegracijom gline pod dejstvom vode vrši se i dezintegracija belih zrna, i to istom brzinom kao i gline, zbog visoke poroznosti belih zrna i njihovog mineralnog sastava.

Ispitivanja uslova pranja na situ su pokazala da je ovo pranje neefikasno, bez obzira na promenu količine i pritiska vode u mlaznicama. Bela zrna ostaju uprljana glinovitom materijom, pa se od ovih ispitivanja odustalo.

Pranje u bubnju pri odnosu čvrsto : tečno = 1 : 1 do 1 : 1,5 pokazuje da je pranje rude uspešno. U ovim uslovima bela zrna se oslobađaju gline, ali se pri tom zaobljavaju i usled erozije ivica zrna velika količina belih zrna prelazi u mulj. Vreme zadržavanja rude u bubnju iznosi samo 1 min. Svako duže zadržavanje u bubnju za pranje povećava efekat pranja zrna ali se zato znatno veća količina zrna raspada.

Rezultati poluindustrijskog pranja prikazani su u tablici 5. Vreme zadržavanja je bilo oko 1 min, a odnos Č : T = 1 : 1 do 1 : 1,2.

Rezultati poluindustrijskog pranja rude u bubnju

Tablica 5

Klasa krupnoće mm	M%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	GŽ%
Ulaz	100,00	24,86	12,19	11,21	3,03	19,32	29,65
– 25 + 2	36,63	12,73	10,16	9,60	2,71	28,73	39,19
– 2 + 0,5	14,57	21,00	16,57	15,76	2,30	17,03	27,71
– 0,5 + 0,0	48,80	35,12	12,41	10,85	3,49	12,94	23,07

Posle pranja u bubnju vršeno je ocedivanje i rasejavanje rude na dvoetažnom situ na krupnoće:

- 25 + 2 mm
- 2 + 0,5 mm
- 0,5 + 0,0 mm.

Klase + 2 i + 0,5 mm su zasebno deponovane na kupe, a klasa – 0,5 + 0 mm, koja predstavlja mulj iz procesa pranja, odložena je u zgušnjivač kao jalovina.

Sadržaj vlage u ispitivanim klasama je iznosio:

za klasu – 30 + 2 mm	12,38 – 14,48%
za klasu – 2 + 0,5 mm	15,85 – 17,14%

Pojedina zrna rude (bela i tamna) bila su mekana, tako da je uočen jedan nepovoljan fenomen. Na odloženim kupama je dolazilo do ponovnog slepljivanja belih zrna sa komadima slobodne neraspadnute gline, pa su se morale preduzimati mere da se to ne dogodi. Ruda je morala da se rasprostire u tankom sloju, a potom obavi njeno sušenje u što kraćem roku. Sadržaj kritične vlage je iznosio 12% kada se ponovo pojavila opasnost od slepljivanja slobodnih zrna.

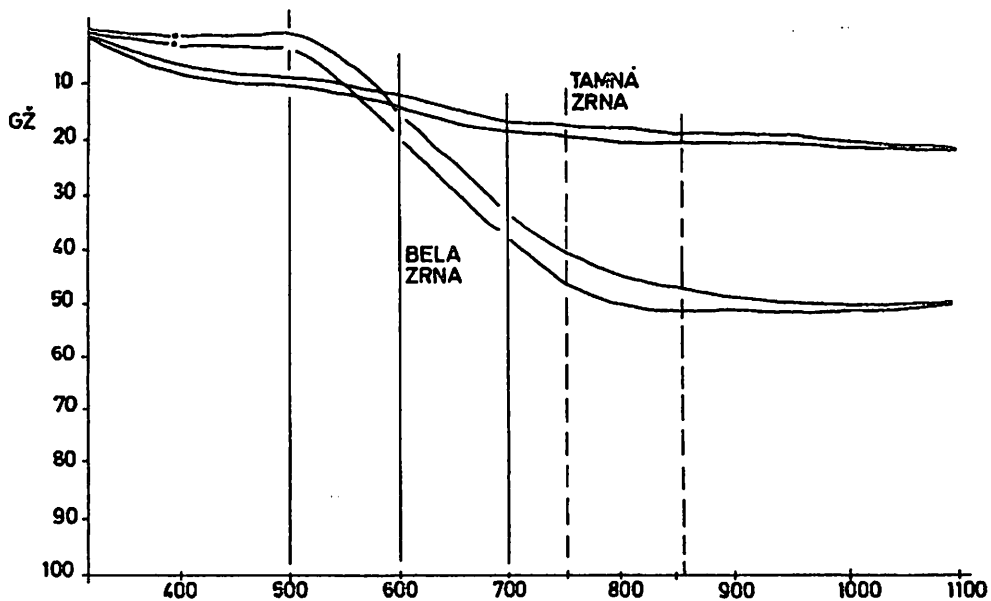
Utvrđivanje uslova termičke pripreme rude za koncentraciju

Laboratorijskim ispitivanjima belih i tamnih zrna je utvrđeno da bela zrna imaju gustinu 2,90 g/cm³, zapreminsku gustinu 1,97 g/cm³, pri čemu je poroznost 32,07%. Tamna zrna imaju gustinu od 2,64 g/cm³, zapreminsku gustinu od 2,07 g/cm³, a poroznost od 21,59%. Iz ovih podataka se jasno vidi da je svaki proces gravitacione koncentracije nemoguć zbog male razlike u gustini. Da bi se ostvarila veća razlika u gustini, pristupilo se termičkoj obradi minerala.

Iz oprane rude su odabiranjem izdvojena bela i tamna zrna, koja su žarena na temperaturama od 400 do 1100°C u vremenu od 1 i 2 časa. Pre

žarenja je odmeravana masa iste zapremine, a po završetku žarenja ponovo je odmeravana masa i merena promena zapremine. Iz podataka o masi i zapremini je izračunata zapreminska masa i praćena je njena promena u funkciji temperature. Dobijeni rezultati su dati na slici 4.

Iz slike 4 se vidi da je razlika u zapreminskoj masi belih i tamnih zrna najveća na temperaturi 750–850°C.



Sl. 4 – Promena gubitka žarenjem belih i tamnih zrna

Dalja ispitivanja su nastavljena žarenjem oprane rude u rotacionoj peći, nazivnog kapaciteta 30 kg/h, sa suprotnosmernim tokom rude i gasova u peći. Srednja temperatura peći je iznosila $850 \pm 50^\circ\text{C}$.

Za koncentraciju izarene rude primenjen je postupak gravitacijske koncentracije u vazdušnoj mašini taložnici. Uređaj na kome su izvršena ispitivanja predstavlja jednokomornu vazdušnu mašinu taložnicu proizvodnje KLOCKER–HUMBOLDT–DEUTZ AG (KHD) sa dimenzijom posteljice $0,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$, površinom od $0,96 \text{ m}^2$ i kapacitetom $10\text{--}15 \text{ t/m}^2/\text{h}$. Kako je kapacitet mašine veliki u odnosu na količinu našeg uzorka, to smo radnu površinu smanjili na veličinu $0,08 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ ($0,096 \text{ m}^2$). Tako su obezbeđeni kapaciteti i uslovi za koncentraciju dati u tablici 6.

Svi opiti koncentracije obavljeni su tako što je prvo izdvojena jalovina kao teški proizvod, a međuproizvod kao laki proizvod. Po završetku ove operacije, međuproizvod je ponovo tretiran sa ciljem da se izdvoji laki proizvod – koncentrat, a teški proizvod je ponovo vraćen na isti postupak, kao kontrolni postupak čišćenja, pri čemu je izdvojen međuproizvod kao definitivni proizvod i deo lokalnog proizvoda koji je spajan sa prethodno izdvojenim lakim proizvodom.

Radeći na ovaj način, dobijen je bilans koncentracije prikazan u tablici 7

Mogući bilans prerade rude

Za izračunavanje mogućeg bilansa koncentracije poslužiće rezultati dobijeni ovim ispitivanjima.

Karakteristike vazdušne mašine taložnice za koncentraciju žarene magnezitne rude

Tablica 6

Klasa krupnoće mm	Kapacitet t/h	Potrošnja vazduha m^3/min	Pritisak mm VS	Hod o/min	Visina hoda mm	Visina posteljice mm
– 30 + 10	2,8 – 2	30 – 23	240	160	40	300
– 10 + 2	1,2 – 0,9	15 – 11	130	220	25	190
– 2 + 0,5	0,6 – 0,5	8 – 6	90	250	20	120

Bilans koncentracije žarenog magnezita u vazdušnoj mašini taložnici

Tablica 7

Klasa krupnoće mm	Proizvod	M%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	GŽ%
	Ukupan ulaz	100,00	23,12	16,56	14,84	3,84	38,52	2,75
- 30 + 10	Ulaz	22,66	24,87	21,79	11,38	3,56	35,15	2,85
	Koncentrat	3,62	0,87	2,95	0,97	2,66	89,14	3,01
	Međuproiz. Jalovina	4,73	16,24	36,14	46,75	3,64	51,11	8,08
	Jalovina	14,31	33,80	21,81	23,49	3,76	15,52	1,08
- 10 + 2	Ulaz	66,74	21,28	14,84	15,21	2,86	59,92	3,17
	Koncentrat	19,21	2,13	3,53	1,58	3,67	86,41	2,41
	Međuproiz. Jalovina	19,85	18,17	22,93	9,05	3,49	37,22	5,59
	Jalovina	27,68	36,80	16,88	29,09	1,84	13,21	1,95
- 2 + 0,5	Ulaz	9,31	30,96	16,07	20,51	2,93	27,36	1,85
	Koncentrat	1,42	2,16	3,56	0,95	1,66	90,08	2,10
	Međuproiz. Jalovina	2,96	33,07	15,07	22,83	6,17	18,93	3,23
	Jalovina	4,93	38,00	20,27	24,76	1,38	14,36	0,95
- 0,5 + 0	Ulaz	1,29	31,20	17,72	15,54	3,90	28,86	2,44
	Koncentrat	24,25	1,94	3,45	1,45	3,40	87,44	2,48
	Međuproiz. Jalovina	27,54	19,45	24,36	12,01	3,81	37,64	5,77
	Jalovina	46,92	36,01	18,74	26,93	2,38	6,24	1,58
- 0,5 + 0	Ulaz	1,29	31,20	17,72	15,54	3,90	28,86	2,44
- 30 + 0,5	Zbirni koncentrat	24,25	1,94	3,45	1,45	3,40	87,44	2,48

Iz tablice 5 se vidi da samo klasu - 25 + 2 mm ima smisla smatrati sirovinom za dalju preradu. Od 100,00% rovne rude, maseno učešće klase - 25 + 2 mm je 36,63%, sa sadržajem SiO₂ od 12,73% Al₂O₃ od 10,16% Fe₂O₃ od 9,60% CaO od 2,71% MgO od 28,73% i GŽ od 39,19%.

U procesu žarenja ova klasa zadržava GŽ od 2,75%, što znači da je gubitkom vode i ugljen-dioksida smanjila masu za:

$$39,19\% - 2,75\% = 36,44\%$$

pa se, računato na rovnu rudu, učešće klase - 25 + 2 mm smanjilo na:

$$36,63\% \left(\frac{100,00\% - 36,44\%}{100,00} \right) = 23,68\%$$

Postupkom gravitacijske koncentracije u vazdušnoj mašini taložnici proizveden je koncentrat iz izarene rude sa masenim učešćem od 24,25% što, računato na rovnu rudu, daje:

$$23,68\% \times \frac{24,25\%}{100,00\%} = 5,74\% \text{ kaustika}$$

sa sadržajem SiO₂ od 1,94% Al₂O₃ od 3,45% Fe₂O₃ od 1,45% CaO od 3,40% MgO od 87,44% i GŽ od 2,48%.

Proizvedeni kvalitet kaustika ne zadovoljava uslove prerade u vatrostralnoj industriji, ali po svom kvalitetu i fizičkim osobinama zadovoljava uslove za fertilizaciju zemljišta u Australiji i apsorbensa u industriji.

Zaključak

- (1) Dobijeni uzorak magnezitne rude predstavlja siromašnu rudu, sa sadržajem: SiO₂ od 24,86%, Al₂O₃ od 12,19%, Fe₂O₃ od 11,21%, CaO od 3,0%, MgO od 19,32% i GŽ od 29,39%, složenog mineralnog sastava, pri čemu su nosioci sadržaja MgO minerali: magnezit, atapulgit, dolomit i serpentin.
- (2) U rudi se jasno uočavaju bela i tamna zrna. Bela zrna predstavljaju rudu magnezita koja se bez procesa koncentracije ne može smatrati upotrebljivom u vatrostralnoj industriji. Tamna zrna predstavljaju nerudni materijal, jalovinu magnezitne rude.

(3) Utvrđenim postupkom pranja odbacuje se deo rudne mase u vidu mulja krupnoće – 0,5 + 0 mm, pri masenom učešću od 48,80% i hemijskom sastavu SiO_2 od 35,12%, Al_2O_3 od 12,41%, Fe_2O_3 od 19,85%, CaO od 3,49%, MgO od 12,94% i GŽ od 23,07%, što predstavlja jalovinu.

Klasu krupnoće – 2 + 0,5 mm, sa masenim učešćem od 14,57% i hemijskim sastavom SiO_2 od 21%, Al_2O_3 od 16,57%, Fe_2O_3 od 15,76%, CaO od 2,30%, MgO od 17,03% i GŽ od 27,71% treba smatrati jalovinom zbog niskog sadržaja MgO i visokog sadržaja štetnih komponenta.

(4) Postupak pranja i sušenja rude treba povezati u

tehnološki niz, kako bi se sprečilo ponovno vezivanje belih zrna sa tamnim zrnima.

(5) Postupkom žarenja u rotacionoj peći na temperaturi od 850°C i u vremenu od 80 min. postižu se povoljne vrednosti u gustini belih i tamnih zrna, koje omogućuju primenu gravitacijske koncentracije u vazdušnoj mašini taložnici.

(6) Postupkom koncentracije u vazdušnoj mašini taložnici dobija se koncentrat sa masenim učešćem od 5,74%, računato na ulaz od 100%, i sledećim hemijskim sastavom: SiO_2 od 1,94%, Al_2O_3 od 3,45%, Fe_2O_3 od 1,45%, CaO od 3,40%, MgO od 87,44% i GŽ od 2,48%.

SUMMARY

Concentration of Australian Magnesite Atapulgitic Ore by a Process of Thermal Mineral Processing and Pneumatic Concentration

Completed testing was carried out on a highly low-grade magnesite ore of size class – 30 + 0 mm containing 19.32% of MgO , 24.86% of SiO_2 , 10.19% of Al_2O_3 , 11.21% of Fe_2O_3 , 3.03% of CaO , with burning loss of 29.65%. Combined process of ore washing, drying and mineral thermal processing and concentration in an air jig indicated the possibility of producing a concentrate containing 87.44% of MgO , 1.94% of SiO_2 , 3.45% of Al_2O_3 , 1.45% of Fe_2O_3 , and 3.40% of CaO , with burning loss of 2.48%.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Konzentration magnesithaltiger Erze aus Australien bei der thermischen Verarbeitung des Minerals und bei der pneumatischen Konzentration

In den veröffentlichten Untersuchungen wurde das sehr geringwertige Erz Magnesit mit einer Körnung von – 30 + 0 mm, mit einem MgO Gehalt von 19,32%; 24,86% SiO_2 ; 10,19% Al_2O_3 ; 11,21% Fe_2O_3 ; 3,03% CaO und 29,65% GZ behandelt.

Bei einer Kombination des Reinigungs- und Trocknungsvorganges, der thermischen Bearbeitung des Minerals, sowie der Konzentration in einer Luftsetzmaschine wurde die Möglichkeit der Herstellung eines Konzentrates mit nachfolgenden Werten bewiesen: Ein MgO Gehalt von 87,44%; sowie 1,94% SiO_2 ; 3,45% Al_2O_3 ; 1,45% Fe_2O_3 ; 3,40% CaO und 2,48% GZ.

РЕЗЬМЕ

Обогащение магнетитной атапульгитской руды из Австралии способами термической обработки минералов и пневматической концентрации

Выполненными исследованиями обработана весьма белая руда магнетита крупности –30 +0 мм в которой содержание MgO составляет 19,32%, SiO_2 24,86%, Al_2O_3 10,19%, Fe_2O_3 11,21%, CaO 3,03% и 29,65% потери при сжигании. Комбинированным способом который включает промывку руды, сушку, термическую обработку минералов и концентрацию в воздушной осадочной машине, установлена возможность получения концентрата содержащий: MgO 87,44%, SiO_2 1,94%, Al_2O_3 3,45%, Fe_2O_3 1,45%, CaO 3,40% и потери при сжигании 2,48%.

Literatura

1. I g n j a t o v i ć R.: Tehnološki proces za koncentraciju magnezita iz njihovih ruda sa visokim sadržajem kalcija i silicijuma
koncentracije, doktorska disertacija, Rudarsko–metalurški fakultet, Bor
2. B u l a t o v i ć P., 1984: Utvrđivanje uslova žarenja na promenu kriteriona koncentracije u sistemu minerala magnezit–dolomit pri raslojavanju u vazduhu, doktorska disertacija
3. P o p o v i ć D., 1978: Strukturno–teksturne promene pri prženju magnezita i njihov uticaj gravitacijske koncentracije, „Rudarski glasnik“ br.2, Rudarski institut, Beograd
4. P a h e W., 1980: Pojave pri pečenju magnezitne rude nastale prisustvom dolomita i njihov uticaj na koncentraciju magnezita, doktorska disertacija, Rudarsko–metalurški fakultet, Bor
5. B r a n k o v i ć B., 1981: Mogućnost uklanjanja CaO i SiO₂ iz magnezita kombinovanim postupkom žarenja i gravitacijske koncentracije, „Rudarski glasnik“ br.2, Rudarski institut, Beograd

Autor: dr inž. Božidar Branković, Zavod za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd

Recenzent: dr inž. D. Ivanković, Beograd

Članak primljen 22.5.1990, prihvaćen 21.9.1990.

OTPRAŠIVANJE PRIMARNOG DROBLJENJA RUDE U JAMI RUDNIKA BOR

(sa 3 slike)

Slavko Kisić – Momir Andrić – Dragan Krunić

Rezime

U članku je prikazano otprašivanje primarnog drobljenja rude u jami rudnika Bor. Pređašnji sistem otprašivanja je bio nefunkcionalan i neefikasan i kao takav je demontiran. Na osnovu novih iskustava na ovom polju, Rudarski institut je projektovao novi sistem, u kome se kao predodvažač grubih čestica koristi multiciklon. Za fino prečišćavanje je ugrađen vrećasti filter.

U radu je opisan i način hermetizacije opreme, tako da se vodilo računa o nesmetanom opsluživanju i kontroli rada postrojenja za primarno drobljenje rude.

Uvod

Primarno drobljenje rude u jami rudnika Bor, počev od njegovog puštanja u rad, predstavljalo je stalni i nerešivi problem u pogledu zaprašenosti jamskog vazduha. Naime, istovremeno sa izgradnjom čitavog objekta ugrađen je sistem otprašiva-

nja prema projektu i opremi firme KRUPP iz Rajnhauzena. Taj sistem otprašivanja se još na samom početku pokazao kao nefunkcionalan i to iz više razloga. Osnovni razlog je tehnološke prirode: zbog čestih zaglava rude bilo je neophodno da se skida prekrivka sa konusne drobilice, pa je na kraju definitivno uklonjena. Drugi nedostatak je bio u čestim zaglavama suvog filtera, do kojih je dolazilo zbog veće zaprašenosti aspiracionog vazduha, kao i zbog osetljivosti u pogledu održavanja samog filtera. Ostali razlozi su manje važni. Kada je stručno rukovodstvo rudnika Bor odustalo od pokušaja aktiviranja sistema otprašivanja koji je dao KRUPP, pristupilo se drugim tehničkim rešenjima otprašivanja koja su predstavljala, manje ili više, popravku ili dogradnju KRUPP-ovog sistema. Nijedno tehničko rešenje nije pokazalo zadovoljavajuće rezultate, pa u sistemu primarnog drobljenja u jami rudnika Bor ne funkcioniše nikakav sistem otprašivanja. Zato su koncentracije lebdeće respirabilne mineralne prašine u prostorijama primarnog drobljenja znatno veće od MDK, što se vidi iz tablice 1

Tablica 1

Mesto uzorkovanja lebdeće prašine	Utvrđena koncentracija lebdeće respirabilne prašine (mg/m ³)	MDK (mg/m ³)
Praznište vagona, nivo ± 0	1,47	0,30
Kod suvog filtera, nivo - 9	10,75	0,30
Kod dodavača na vibrato, nivo - 12	23,97	0,30
Kod drobilice, na nivou - 21	12,89	0,30

Dakle, s jedne strane stoji problem što radnici koji rade na drobljenju rade u prekomerno zaprašenoj vazdušnoj struji. S druge strane, lebdeća mineralna prašina iz prostorija za drobljenje prekomerno zagađuje ulaznu vazдушnu struju jame.

Imajući sve navedeno u vidu, Rudarski institut iz Beograda je ponudio novu koncepciju otprašivanja i uradio kompletnu dokumentaciju za tehničko rešenje otprašivanja. Osnovne karakteristike novog tehničkog rešenja otprašivanja date su u ovom članku.

Osnovna koncepcija tehničkog rešenja otprašivanja primarnog drobljenja u jami rudnika Bor

Analizirajući dosadašnja iskustva u pokušajima otprašivanja primarnog drobljenja rude u jami rudnika Bor, kao i sve uticajne veličine i karakteristike tehnološkog procesa, dovoza i istovara rovne rude u prijemni bunker, drobljenja rude i održavanja postrojenja, došlo se do koncepcije tehničkog rešenja otprašivanja koja se znatno razlikuje od svih dosadašnjih. Osnovne karakteristike ove koncepcije su:

1. ugradnja zaptivke između ivice bunkera i voza radi sprečavanja širenja prašine iz prijemnog bunkera za rovnu rudu u vreme pražnjenja voza;
2. povećanje zapremine aspiracionog vazduha u odnosu na ranija rešenja, takođe radi sprečavanja širenja prašine iz prijemnog bunkera za rovnu rudu, kao i radi hvatanja izdvojene lebdeće prašine;
3. predviđa se automatsko orošavanje radi obaranja izdvojene lebdeće mineralne prašine u prijemnom bunkeru za rovnu rudu i sprečavanja njenog širenja van bunkera;
4. prekrivka iznad vibro sita je konstruktivno tako rešena da se može lako i brzo uklanjati i, posle intervencije na vibro situ, ponovo montirati;
5. iznad konusne drobilice se ne ugrađuje nikakva prekrivka, jer bi veoma često morala da se uklanja da bi se izvršilo odglavlivanje drobilice. Odglavlivanje se inače vrši kranom sa kukom ili miniranjem. No, da bi se sprečilo širenje prašine iz drobilice, predviđa se produženje postojećeg, gornjeg cilindra za 2,2 m. Postavljanje ovog dodatnog cilindra omogućiće da se iz jedne tačke, odnosno iz bunkera za drobljenu rudu, vrši aspiracija istovremeno iz konusne drobilice i vibro sita, pa neće biti potrebno da se vrši aspiracija zaprašnog vazduha iznad ravni rešetke vibro sita;

6. radi rasterećenja filtera za vazduh, sav aspiracioni vazduh treba najpre u suvom multiciklonu osloboditi od grube i dobrim delom fine prašine;
7. sav ciklonirani vazduh prečišćavaće se u vrećastom cevastom filteru, sa automatskim otresanjem uhvaćene prašine. Sva uhvaćena prašina iz filtera gravitaciono će se transportovati u bunker drobljene rude;
8. radi uklanjanja nataložene prašine treba ugraditi poseban sistem usisivača, iz kojih će se uhvaćena prašina automatski gravitaciono transportovati u bunker izdrobljene rude;
9. radi sprečavanja uzvitlavanja nataložene mineralne prašine treba povremeno koristiti orošavanje.

Izgled zaptivke između ivica bunkera i voza dat je na sl. 1. Zaptivke će se izvesti gumenim trakama, čija je ukupna površina 6,6 m². Naravno, sve površine neće biti obuhvaćene ovom zaptivkom. Najveća nepokrivljena površina bunkera biće ona koja se stvara otvaranjem dna vagona u vreme istovara.

Radi sprečavanja širenja prašine iz prijemnog bunkera za rovnu rudu i hvatanja izdvojene lebdeće mineralne prašine, predviđa se aspiracija kroz tri otvora u gornjem delu bočne strane bunkera, čiji se položaj vidi na sl. 2. Aspiracija u prijemnom bunkeru za rovnu rudu će raditi neprekidno, pa i u vreme kada se ne vrši istovar rude. Sa zapreminom aspiracionog vazduha iz prijemnog bunkera u iznosu od 4,63 m³/s, obezbediće se da se prašina u momentu istovara rude ne širi van bunkera.

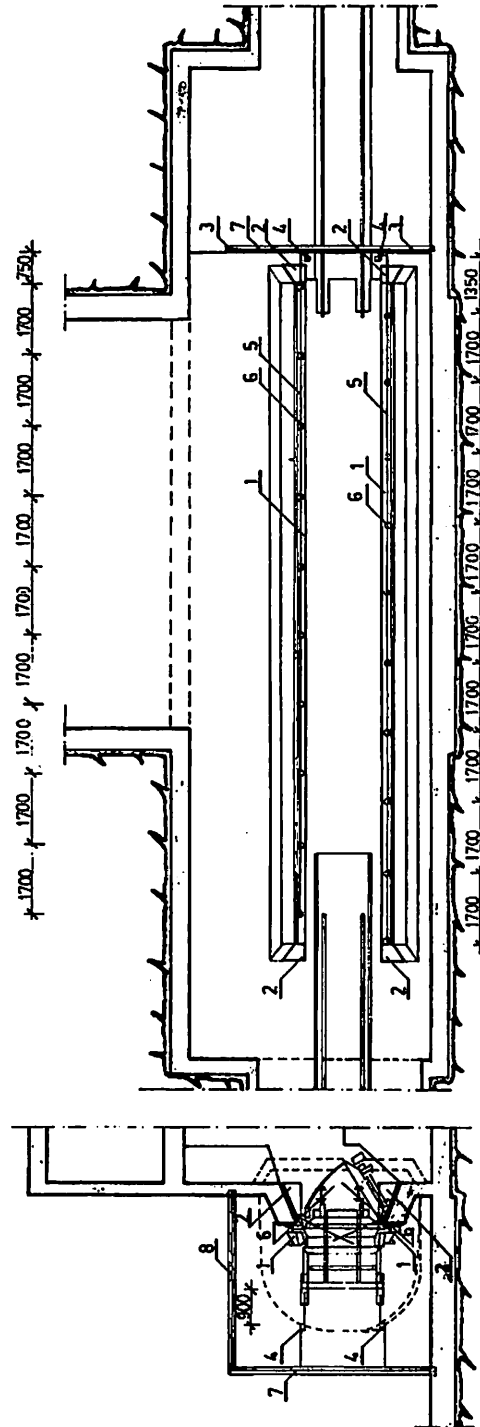
Da bi se oborila izdvojena lebdeća mineralna prašina u prijemnom bunkeru za rovnu rudu i sprečilo njeno širenje van bunkera, predviđa se automatsko orošavanje iz ukupno 20 mlaznica, ravnomerno raspoređenih duž bočnih strana bunkera. Položaj mlaznica dat je na slici 1. Potrošnja jedne mlaznice je 11,36 l/min, a ukupno potrošnja svih mlaznica je 227,2 l/min. Orošavanje će se vršiti samo u vreme dok se voz zadržava nad bunkerom radi istovara rude.

Odlaskom voza sa bunkera rude, automatski prestaje orošavanje. Pošto se istovar jednog voza izvršava za 60 sekundi, ukupna količina vode koja će se raspršiti za orošavanje za vreme istovara jednog voza biće 227,2 l.

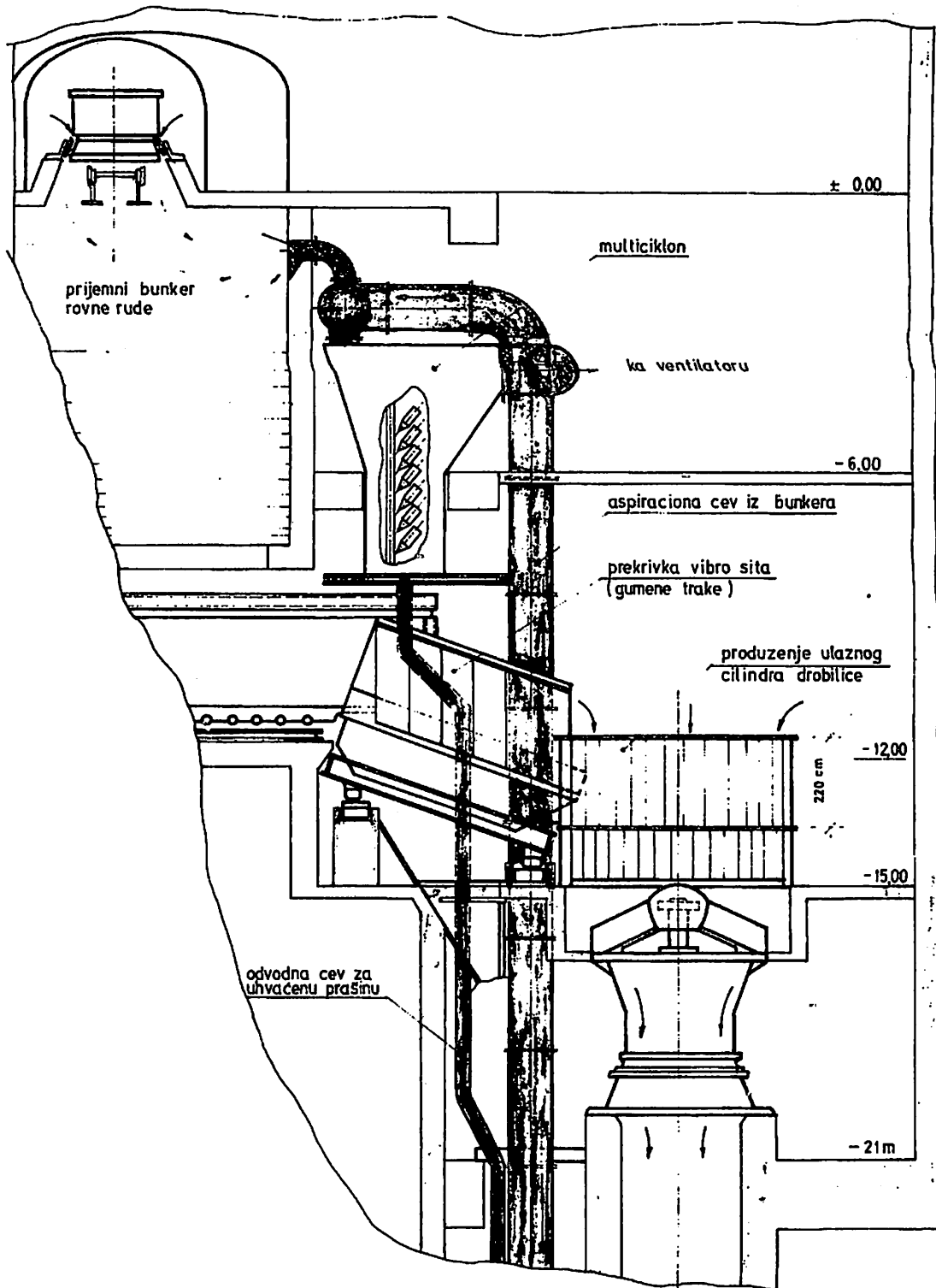
S obzirom na ukupnu količinu rude koja se istovari iz jednog voza, za orošavanje će se dodavati svega 0,0007 l/kg rude, što će u proseku povećati vlažnost rude za 0,07%.

LEGENDA

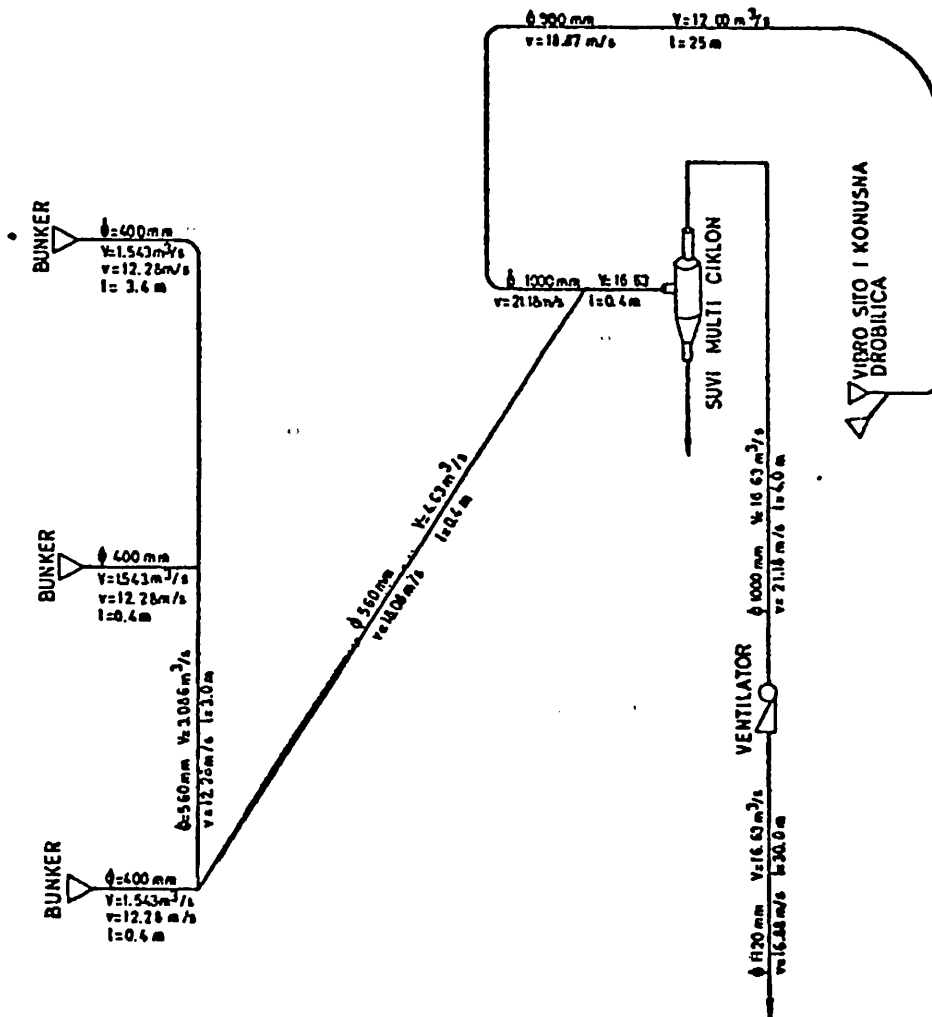
- 1 Gumena prekrivka ispod tačkova po kojima se kreću važoni pri istovaru
- 2 Gumena prekrivka na donim stranama bunkera
- 3 Dovodni cevovodi ϕ 50,8 mm
- 4 Blokadni ventil
- 5 Vodovodne cevi ϕ 25,4 mm
- 6 Mlaznice Conflow code 1266/4
- 7 Horizontalni nosač L 50x100x10
- 8 Vertikalni nosač L 50x100x10



Sl. 1 — Prekrivka i orošavanje na prijemnom bunkeru rude



Sl. 2 — Položaj objekata otprašivanja



Sl. 3 — Šema aspiracije zaprašenog vazduha na nivou — 21

Izgled prekrivke vibro sita je dat na slici 2. Kako su bočne strane prekrivke vibro sita izrađene od gumenih traka koje su učvršćene samo u gornjem delu, na vibro sito se može prići i intervenisati i bez uklanjanja prekrivke, ali, u slučaju potrebe, ona se može veoma lako i brzo ukloniti i ponovo montirati.

Na slici 2 su prikazani izgled produženog cilindra konusne drobilice i položaj suvog multiciklona, vetrenih cevi i cevastog filtera.

Predviđeno je da ukupna zapremina aspiracionog vazduha iz vibro sita i konusne drobilice bude $12,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Naime, odsisavanje iz vibro sita i iz konusne drobilice se vrši na jednom mestu, u vrhu bunkera izdrobljene rude. Da bi se odredila ova zapremina, izvršen je eksperiment na sistemu prosejavanja i drobljenja u jami. U vreme eksperimenta, iznad vibro sita i konusne drobilice nije bilo nikakve prekrivke. Odsisavanjem $10 \text{ m}^3/\text{s}$ vazduha sa jednom vetrenom cevju iz vrha bunkera primarno izdrobljene rude, postignuto je da po celoj otvorenoj površini iznad vibro sita i konusne drobilice vazduh ulazi u donji deo vibro sita, odnosno u konusnu drobilicu. Radi sigurnosti, u projektu otprašivanja je zapremina aspiracionog vazduha iz vibro sita i konusne drobilice povećana na $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Koja će se količina vazduha odsisavati iz konusne drobilice a koja iz vibro sita, zavisice od trenutne situacije, a u prvom redu od granulometrijskog sastava rude. Ugradnjom prekrivke iznad vibro sita obezbeđuje se veća količina aspiracionog vazduha za drobilicu koja je bez prekrivke.

Ukupna zapremina aspiracionog vazduha iz prijemnog bunkera rovne rude, vibro sita i konusne

drobilice je $16,88 \text{ m}^3/\text{s}$. Šema aspiracije zapašenog vazduha, kao i elementi aspiracionog sistema, zapremine vazduha, prečnici i dužine vetrenih cevi i brzine vazdušne struje u vetrenim cevima dati su na slici 3.

Pad pritiska u sistemu aspiracije ukupno iznosi oko $\Delta p = 3600 \text{ Pa}$. Potrebna snaga elektromotora ventilatora, računajući sa rezervama, iznosi oko $N = 110 \text{ kW}$.

Oborena prašina iz multiciklona se gravitaciono transportuje kroz cev prečnika $\phi 200 \text{ mm}$ u bunker izdrobljene rude.

Zaključak

U članku je prikazan način rešavanja otprašivanja primarnog drobljenja u uslovima koje diktiraju česte zaglave u sistemu drobljenja. U uslovima kao što su u jami rudnika Bor zbog čestih zaglava neophodno je uklanjati prekrivku ili, još češće, uopšte je ne postavljati. U takvim uslovima mnogo je teže naći odgovarajuće tehničko rešenje otprašivanja. U ovom slučaju, dato je rešenje otprašivanja koje sprečava širenje lebdeće mineralne prašine sa lokacija stvaranja i njeno izdvajanje bez postojanja klasične prekrivke. Naravno, ovo rešenje zahteva veće zapremine aspiracionog vazduha nego što bi to bilo potrebno u slučaju postojanja klasične prekrivke. Osnovna prednost ovog tehničkog rešenja otprašivanja je njegova stabilnost. Potrebna zapremina aspiracionog vazduha je utvrđena eksperimentalno.

SUMMARY

Primary Ore Crushing Dedusting in Underground Mine Bor

The paper outlines dedusting of primary ore crushing in Bor underground mine. The previous dedusting system was non-functional and uneffective and dismantled as such. In line with novel experience in this area the Mining Institute designed a new system where a multicyclone is used as course particles preseparator. A bag filter is installed for fine cleaning. A description is also given of the air proving method for the equipment paying due consideration to uninterrupted servicing and control of operation of ore primary crushing plant.

ZUSAMMENFASSUNG

Entstaubung des primärgebrochenen Erzes in der Grube des Bergwerks Sor

In dem Artikel wird die Entstaubung des primärgebrochenen Erzes in der Grube des Bergwerks Bor beschrieben. Die frühere Entstaubungsanlage war weder funktionell noch effektiv und wurde daher abgebaut. Auf der Grundlage neuer Erfahrungen auf diesem Gebiet hat das Bergbauinstitut eine neue Anlage konzipiert, in der ein Multizyklon als Vorabscheider von groben Teilchen verwendet wird. Zur feinen Nachreinigung wurde ein Tütenfilter eingebaut.

In der Arbeit wird auch die Art der Abdichtung der Ausrüstung beschrieben, bei der auf die ungestörte Bedienung und Arbeitskontrolle der Anlage zur Primärbrechung von Erzen Wertgelegt wurde.

РЕЗЬМЕ

Обеспыливание в процессе первичного дробления руды в шахте рудника Бор

В статье представлено обеспыливание в процессе первичного дробления руды в шахте рудника Бор. Предварительная система для обеспыливания была нефункциональной и неэффективной и произведен демонтаж. На основании нового опыта Горный институт проектировал новую систему в которой прелиминарный сепаратор крупных частиц представляет собой мультициклон. Для тонкой перечистки пользуется мешочный фильтр. В работе дается и способ герметизации оборудования, обслуживание и контроль работы установки для первичного дробления руды.

Literatura

1. Friedrich Krupp: Dopunski rudarski projekat za rekonstrukciju jamskog transporta, izvoza i drobljenja za rudnik Bor
2. A fanas'ev I. I.: Obespylivanie vozduha na fabrikah gomoobogatitel'nyh kombinatov
3. Torgovnikov B. M.: Proektirovanie promyshlennoj ventiljacji

Autori: mr inž. Slavko Kisić, dipl.inž. Momir Andrić i dipl.inž. Dragan Krunić, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta, Beograd

Recenzant: dipl.inž. D. Guzđjan, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 17.7.1990, prihvaćen 21.9.1990.

ODREĐIVANJE EFIKASNOSTI OTPRAŠIVAČA TIPRA VENTURI SKRUBER

(sa 4 slike)

Branislav Grbović

Rezime

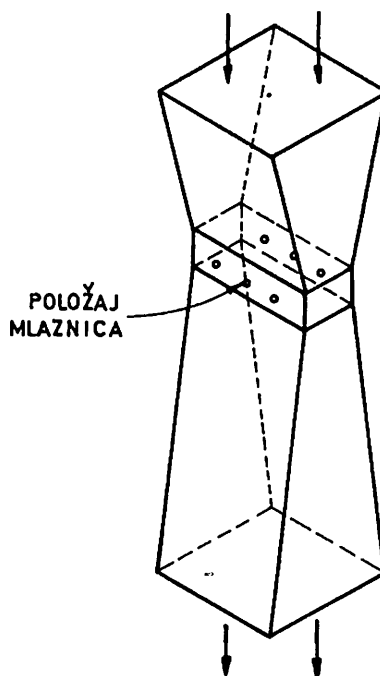
Uređaji za prečišćavanje vazduha su konstruisani tako da omoguće maksimalnu efikasnost, uz što manja investiciona ulaganja i cenu rada. Poznavanje određenih fizičkih principa njihovog rada olakšava posao konstruktorima i projektantima. U slučaju venturi skrubera, u svetu nisu poznate univerzalne metode i postupci za njihovo dimenzionisanje i proračun, s obzirom na kompleksno kretanje fluida u njima. Članak sumira osnovne elemente koji se koriste pri razmatranju mogućnosti primene ovih uređaja.

Uvod

Venturi skruberi spadaju u red mokrih otpašivača koji su veoma efikasni u radu a relativno jednostavni za održavanje. S druge strane, osnovni nedostatak im je nešto veća potrošnja vode i energije u odnosu na druge tipove otpašivača.

Da bi se pravilno ocenila opravdanost primene ovih otpašivača, potrebno je, pre svega, definisati njihovu efikasnost za konkretne uslove rada. Dosašnji razvoj i rad na ovoj opremi nije rezultirao nekim opšte primenljivim proračunima, što znatno otežava rad projektantima.

Venturi predstavlja pravougaoni ili kružni cevovod (kanal) koji je konfuzorom prešao u usko grlo, a zatim se difuzorom širi do prvobitnog preseka (slika 1).



Sl. 1. — Venturi

U konfuzoru se rad struje gasa pretvara u kinetičku energiju, uz pad statičkog pritiska i porast brzine. U grlu ova brzina dostiže 50–180 m/s. Odnos površina preseka na ulazu u konfuzor i grlo je obično 4 : 1, a ugao divergencije oko 5–7° kako bi se postiglo dobro iskorišćenje statičkog pritiska. Skrubiranje se vrši uvođenjem tečnosti u

grlo venturija ili na početak konfuzorske sekcije (što je ređi slučaj). Kroz redove mlaznica sa obe strane venturija ubrizgava se tečnost u struju gasa velike brzine. Ovaj gas atomizira (usitnjava) ubrizgane kapi. Dobra atomizacija je suština kako bi mogla da se ostvari inercijalna impakcija, osnovni mehanizam odvajanja sitnih čestica prašine ili gasova u periodu dok kapljice ubrzavaju.

Kada se ima u vidu količina energije koja se ovde utroši za atomizaciju tečnosti i ubrzanje kapi, logično je što su padovi pritiska u venturiju znatno veći nego u slučaju drugih tipova mokrih i suvih uređaja.

U momentu kada brzina kapi dostigne brzinu gasa, njihova relativna brzina je nula i verovatnoća inercijalne impakcije (sudara) nistrujno od grla venturija se rapidno smanjuje. S obzirom da mehanizam inercijalne impakcije ima povećanu efikasnost pri većim relativnim brzinama, velika ulazna brzina gasa je osnovni preduslov za visok stepen efikasnosti venturi skrubera.

Venturi skruberi su svoju primenu u zaštiti životne sredine našli, pre svega, u otprašivanju (slika 2), gde se skruber napaja vodom i u prečišćavanju otpadnih gasova, npr. odsumporavanju dimnih gasova, gde se skruber napaja krečnim

mlekom kao apsorbensom (slika 3). Dosadašnja iskustva sa ugradnjom i radom ove vrste opreme kod nas postoje samo u oblasti otprašivanja.

Iako venturi skruberi imaju vrlo široku primenu kao otprašivači, može se reći da kod konstruisanja i projektovanja još uvek nema pouzdanih i univerzalno primenljivih jednačina za njihovu primenu.

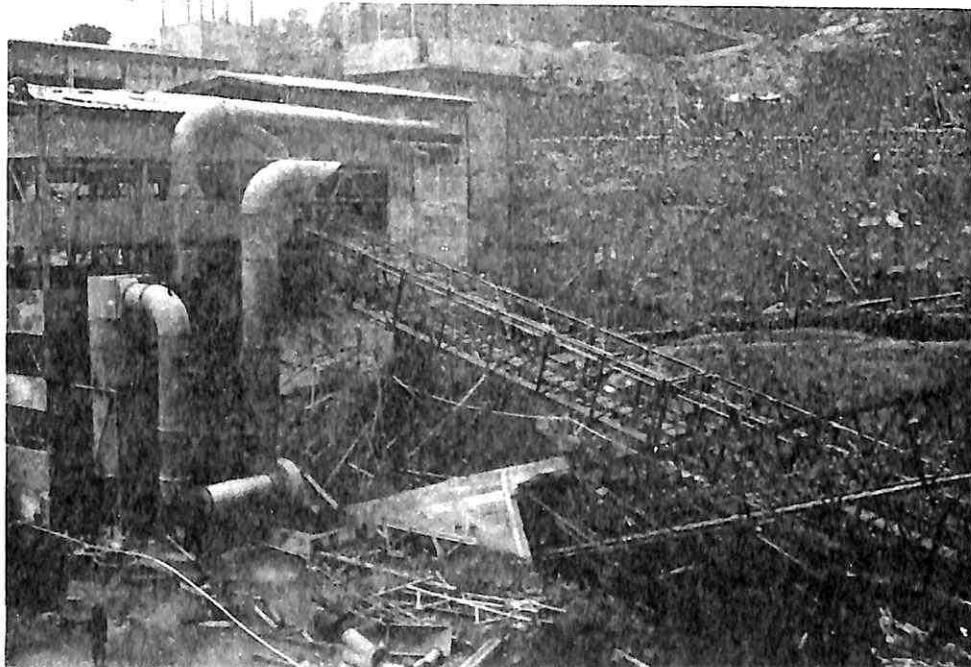
Za projektanta je najvažniji podatak pad pritiska u otprašivaču i efikasnost za određene uslove rada. U daljem tekstu će biti dat pregled najčešće korišćenih jednačina i metoda za određivanje ove dve veličine.

Johnstone i Barth su detaljno izučavali mehanizme otprašivanja. Johnstone je došao do zaključka da specifična površina tečne faze u skruberu stoji u određenom odnosu sa efikasnošću otprašivanja. Sledeća jednačina je dobijena eksperimentalno:

$$\eta = 1 - \exp(-K \cdot n \cdot \sqrt{\psi})$$

gde je:

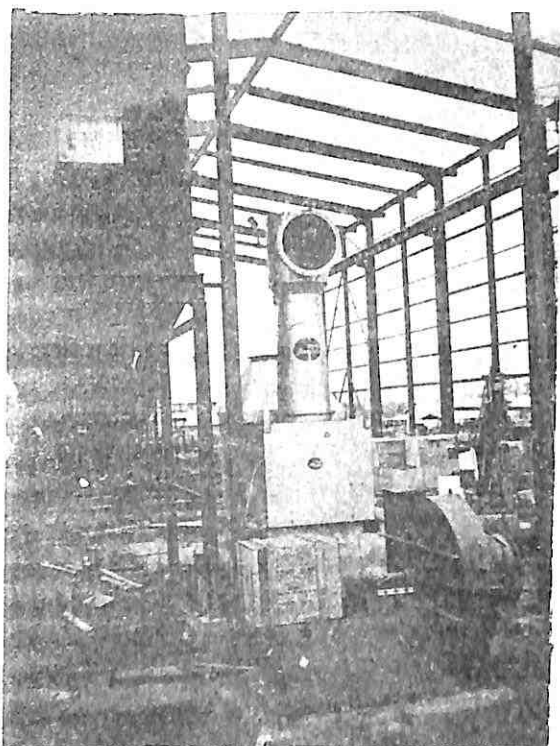
η – efikasnost otprašivača
 n – koncentracija kapi



Sl. 2. – Venturi skruber VS-21, proizvod Unioninvesta, Sarajevo za otprašivanje drobilnog postrojenja rudnika zlata Kyauk Pahtoe u Burmi (projekat Rudarskog Instituta, Beograd).

K – konstantna, kao veza dužine puta koju pređe kap i specifične površine kapi
 ψ – parametar inercijalne impakcije (sudara)

Eksperimenti su pokazali da se čestice submikronske veličine izdvajaju pri brzinama gasa u grlu venturija od 90–120 m/s, dok je za veće čestice potrebna manja brzina.



Sl. 3 – Venturi skruber (u fazi montaže) za odsuportavanje sintera gasova u topionici zlata Kyauk Pahtoe u Burmi. Projekti postrojenja za pripremu i dopremu apsorbensa i transport otpadnih produkata: Rudarski Institut, Beograd. Projekat odsuportavanja i isporuka skrubera: Advanced Environmental Systems, Ltd., Engleska

Barth je imao znatno fundamentalniji pristup i pratio je brzinu kapi i gasa od trenutka kada se kap uvede u grlo venturija i kako potom ubrzava. Do sada iz ovakvog pristupa nije proizašla jednačina koja bi se mogla jednostavno primeniti za određivanje efikasnosti skrubera, ali je ipak dokazano da je stepen otprašivanja u direktnoj vezi sa utrošenom energijom. Promena kinetičke energije ΔE_k pri impakciji (sudar) tečne i gasne faze se može iskazati kao:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \frac{m_G \cdot m_T}{m_G + m_T} (U_G - U_T)$$

gde su:

m_G i m_T – maseni protoci gasne i tečne faze u jedinici vremena

U_G i U_T – brzina gasa i tečnosti pre sudara duž ose venturija

Ako se tečnost (tj. voda u slučaju otprašivanja) ubrizgava poprečno u grlo venturija, logično je da će gubici energije biti veliki jer je $U_T = 0$. To je slučaj sa otprašivačima prikazanim na slikama 1 i 2, takozvanim Pease–Anthony tipom venturi skrubera. Međutim, ako se tečnost ubrizgava nistrujno u grlo venturija kroz centralnu mlaznicu i sa velikom brzinom U_T , potrošena energija će biti znatno manja (slučaj skrubera sa slike 3), ali sa time i efikasnost otprašivanja opada. Ovo svakako zahteva pažljivu analizu pre izbora tipa venturi skrubera za određen slučaj.

Calvert je došao do sledeće jednačine za pad pritiska u venturiju:

$$\Delta P = -1,02 \cdot 10^{-3} U_G^2 \left(\frac{Q_T}{Q_G} \right)$$

gde je:

ΔP – pad pritiska u cm vodenog stuba (1 cm VS = 98,1 Pa)

Q_T, Q_G – protok tečnosti, odnosno gasa, izražen u istim jedinicama

Ovaj model uzima u obzir sledeće pretpostavke:

- da je brzina gasa U_G jednaka celom dužinom grla venturija
- da je protok jednodimenziona, nekompresibilna i adijabatska veličina
- da je deo protoka vezan za tečnu fazu relativno mali u svakom poprečnom preseku
- da je isparavanje kapi zanemarljivo, tako da je d_K (veličina kapi) konstantna veličina
- da su pritisci oko kapi simetrični i da se poništavaju.

U svojim proračunima efikasnosti venturija, Calvert je uzeo u obzir uticaj veličine kapi, parametra inercijalne impakcije, koncentracije kapi u grlu venturija i promenu relativne brzine između čestice prašine i kapi. Dobijena je jednačina:

$$\eta = 1 - \exp \left(- \frac{6,1 \cdot 10^{-11} \cdot \rho_T \rho_c K_c d_c^2 \cdot f^2 \cdot \Delta P}{\mu g^2} \right)$$

gde je:

ΔP – pad pritiska u venturiju (in. wG; 1 in. wG = 249,2 Pa)

μ_g – viskoznost gasa (kg/ms)

ρ_T – gustina tečnosti (g/cm³)

ρ_c – gustina čestica prašine (g/cm³)

K_c – Kaningemov faktor, $K_c = 1 + \frac{0,182}{d_c}$

d_c – prečnik čestica (μm)

f – eksperimentalni koeficijent; obično između 0,1 i 0,4.

Korišćenjem ove jednačine u praksi došlo se do zaključka o velikom uticaju pravilnog određivanja faktora f . Zbog toga je neophodno, u slučaju da ne postoje odgovarajuće reference za konkretne uslove rada, izvršiti probna ispitivanja na modelu pre nego što se pristupi izradi i ugradnji skrubera.

Hesketh je na bazi izvedenih eksperimenata na velikom broju venturi skrubera došao do sledeće jednačine:

$$\Delta P = \frac{U_G^2 \rho_g \cdot A^{0,133}}{507} (0,56 + 0,125 L + 2,3 \times 10^{-3} L^2)$$

gde je:

ΔP – pad pritiska (in · wG)

U_G – brzina gasa u grlu venturija (fps; 1 fps = 0,305 m/s)

ρ_g – gustina gasa u grlu venturija (lb/ft³; 1 lb/ft³ = 16 kg/m³)

A – površina poprečnog preseka grla venturija (sqft; 1 sqft = 0,093 m²)

L – odnos tečna/gasna faza (gll/100 acft; 1 gll/100 acf = 0,134 l/m³).

On tvrdi da venturi skruberi imaju stopostotnu efikasnost za čestice veće od 5 μm, te je zbog toga izučavao efikasnost za sitnije čestice, ispod 5 μm u prečniku. Na osnovu sprovedenih istraživanja došao je do izraza

$$\eta = 1 - 3,47 (\Delta P)^{-1,43}$$

Inače, ponekad su prilično velike razlike u rezultatima koji se dobijaju korišćenjem više različitih metoda, te je zato vrlo važno imati uvid u reference određenog proizvoda.

Potrošnja vode u skruberima ovog tipa varira od 0,27–1,6 l/m³. Glavna karakteristika ovih uređaja je izuzetno veliki pad pritiska u njima (750 do 2500 Pa), što zavisi od željenog stepena efikasnosti koji je u direktnoj vezi sa potrošnjom, odnosno cenom energije. Najveća prednost im je, ipak, mogućnost postizanja visoke efikasnosti čak i za vrlo sitne čestice. Na slici 4 je prikazan odnos stepena efikasnosti otprašivanja i veličine čestica koje se otprašuju.



Sl. 4 – Efikasnost venturi skrubera u odnosu na veličinu čestica prašine (izvor AIHA, SAD)

Dosadašnja iskustva sa primenom otprašivača ovog tipa, prvenstveno u postrojenjima pripreme mineralnih sirovina (drobilična postrojenja, sejarnja, transportni sistemi i dr.), potvrđuju efikasnost i jednostavnost ovih uređaja. Osnovni preduslov za njihov dobar i pouzdan rad je stručno obavljen konstruktorski rad i izrada, korektno izvršena regulacija rada u procesu uhodavanja i redovno praćenje stanja elemenata skrubera. U ovom slučaju, venturi skruber svojom efikasnošću i jednostavnim održavanjem čini dobar izbor i pored nešto veće potrošnje energije i vode u odnosu na druge tipove otprašivača.

SUMMARY

Determination of the Efficiency of Ventury Scrubber Type Dedusters

Air cleaning devices are constructed so to enable maximum efficiency with lowest possible capital investments and operating costs. Knowledge of specific physical principles of their operation facilitates the work of constructors and designers. In the case of ventury scrubbers no universal methods and procedures are known for their sizing and calculation due to complex fluid movement in them. The paper summarizes the basic elements used in consideration of the possibility of application of above devices.

ZUSAMMENFASSUNG

Effektivitätsbestimmung für den Entstauber Typ Venturi Scrubber

Geräte zur Luftreinigung sind so konstruiert, das sie eine maximale Effektivität bei einem möglichst geringen Investitionsaufkommen und Arbeitspreis ermöglichen.

Die Kenntnis bestimmter physikalischer Prinzipien ihrer Funktion erleichtert Konstrukteuren und Planern die Arbeit. Im Falle des Venturi Scrubbers sind die universellen Methoden und Vorgänge in ihrer Dimensionierung und Berechnung unter Berücksichtigung der komplexen Bewegung des Fluids im Gerät weltweit völlig unbekannt.

Der Artikel fasst die grundlegenden Elemente, die zur Beurteilung einer Einsatzmöglichkeit für diese Geräte benutzt werden, zusammen.

РЕЗЮМЕ

Определение эффективности пылеуловителя – тип скруббер Вентури

Устройства для очистки воздуха конструированы так что бы сделали возможной максимальной эффективностью при более меньшим капиталовложениям и цене работы. Познание определенных физических принципов их работы, облегчает работу конструкторам и проектировщикам. В случае скруббера Вентури, в мире не известные универсальные методы и способы для определения их габаритов и расчетов, учитывая комплексное течение жидкостей в их. В статье рассматриваются основные элементы которые ползуются при определении возможности применения этих устройств.

Literatura

1. Pantić V., 1981: *Odvajачi čvrstih čestica*, Unioninvest, Sarajevo
2. Schmidt K. G., 1977: „Staubbekämpfung in der Giesserei-Industrie“, VDI – Verlag, Düsseldorf
3. Strauss S., 1967: „Air Pollution“, Pergamon Press, London
4. Wark K. i drugi, 1974: „Air Pollution Control“, McGraw-Hill, New York

Autor: dipl.inž. Branislav Grbović, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta, Beograd

Recenzent: dipl.inž. D. Gužijan, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 28.6.1990, prihvaćen 21.9.1990.

KONTROLA EMISIJE ŠTETNIH MATERIJA U DIMNOM GASU U TERMoeLEKTRANAMA KOJE SAGOREVAJU SPRAŠENI LIGNIT

(sa 3 slike)

Vojmir Dimić

Rezime

Međunarodne konvencije, državni i regionalni propisi o ograničenju emisije štetnih materija zahtevaju razvoj i izgradnju složenih i veoma skupih sistema za kontrolu i automatsko merenje različitih emitenata.

Rešenje ovog problema je nađeno u povezivanju savremene mikroprocesorske tehnike sa brižljivo odabranim metodama i uređajima za merenje čvrstih i gasovitih polutanata.

Termoelektrane koje sagorevaju sprášeni ugalj predstavljaju jedne od glavnih objekata koji podležu kontroli emisije štetnih polutanata. Polazeći od egzaktne tehničko—ekonomske analize, uvođenje tzv. monitoring sistema je jedan od značajnih koraka u kontroli i smanjenju zagađenja životne sredine.

Uvod

Termoelektrane koje sagorevaju čvrsto gorivo, sprášeni ugalj, poznate su kao jedan od najvećih zagađivača vazduha, vode i tla. Sagorevanjem uglja u kotlovskom ložištu se stvaraju i emituju preko dimnjaka znatne količine polutanata, kao što su:

- čvrste čestice (leteći pepeo)
- gasni oksidi (SO_2 , NO, NO_2 , CO_2 , CO)
- ostala gasna jedinjenja (H_2S , Cl, F i njihovi spojevi).

Emitovane količine štetnih materija direktno zavise od vrste, goriva, kvaliteta vođenja procesa sagorevanja, opšteg stanja kotlovskog postrojenja, kao i od opterećenja bloka. Prolazeći kroz pojedine uređaje za izdvajanje štetnih materija (kod nas su to uglavnom elektrostatički izdvajači), dimni gas se preko dimnjaka izbacuje u atmosferu, neposredno zagađujući bližu i dalju okolinu, u zavisnosti od položaja energetskog objekta, konfiguracije tla, mikro i makro meteoroloških uslova, i na taj način učestvuje u stvaranju i dopunjavanju postojećeg fona okoline poznatog i nepoznatog porekla.

Nepovoljno dejstvo ovih izvora štetnih polutanata ogleda se u sledećem:

- propadanju bliže i dalje vegetacije
- degradiranju kvaliteta vazduha, zemljišta i voda
- akutnim i hroničnim promenama u zdravlju ljudi i životinjskog sveta
- ubrzanom propadanju građevinskih objekata i instalacija uzrokovanom intenzivnom površinskom korozijom
- promenama lokalnih klimatskih uslova (pojava fotohemijskog smoga).

Razvoj svesti i saznanja o štetnosti emisije polutanata čije poreklo potiče iz procesa sagorevanje fosilnih goriva, kao i sve brojniji energetski kapaciteti, doprineli su poslednjih decenija uspostavljanju sve oštrijih tehničkih i pravnih regulativa koje zahtevaju primenu novih tehnologija.

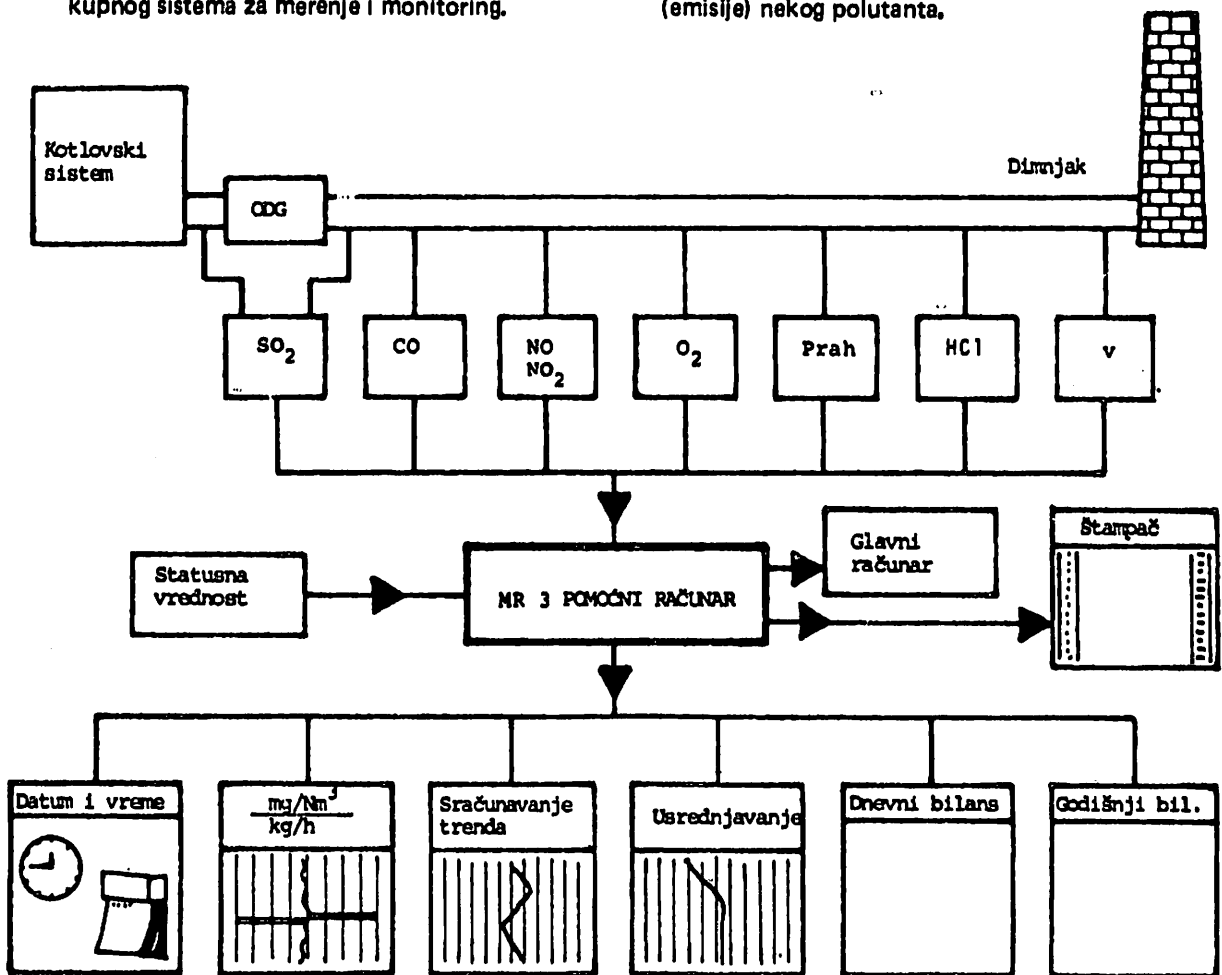
Da bi se sagledao uticaj lokalnog izvora emisije na ukupno zagađenje okoline, kao i za potrebe dobrog vođenja procesa sagorevanja i zadovoljenja zakonske regulative o dozvoljenoj emisiji polutanata, neophodno je da se za svaku termoelektranu predvidi i realizuje sledeće:

- kontinualno i pouzdano merenje emisije štetnih materija koje se dimnim gasom izbacuju u okolinu
- razvoj i izgradnja kvalitetnog monitoring sistema (mreže) koji nadgleda svaki važan emitorski izvor i koji centralizovano registruje sve relevantne podatke potrebne kako za zadovoljenje zakonskih regulativa tako i za potrebe vođenja onog dela procesa koji se odnosi na upravljanje emisijom
- razvoj službe i obuka osoblja za kvalitetno, blagovremeno i ekonomično održavanje celokupnog sistema za merenje i monitoring.

Merenje emisije štetnih materija u dimnom gasu

Merenje koncentracije štetnih materija u dimnom gasu jeste primaran i najvažniji zadatak koji se mora uraditi za potrebe lokalnog, užeg ili šireg, monitoring sistema u termoelektranama i u tu svrhu je potrebno:

- kvalitetno uzorkovanje, merenje i registracija koncentracije svakog definisanog polutanta
- pouzdano merenje ili na neki drugi način određivanje onih parametara procesa sagorevanja u kotlu koji su bitni za svođenje „sirovih“ mernih vrednosti na referentne uslove (temperatura, pritisak i protok dimnog gasa, vlaga u gasu, sadržaj O₂ itd.)
- pouzdano utvrđivanje stanja bloka i to: opterećenje bloka, vremenski pokazatelji rada bloka ili nekog njegovog dela i sve drugo što se analizom utvrdi da je bitno za sračunavanje koncentracije (emisije) nekog polutanta.



Sl. 1 – Principijelna šema povezivanja mernih uređaja i računara MR-3 pri merenju emisije kotlovskih ložišta (prema SICK-u)

Na slici 1 je dat prikaz tipičnog povezivanja mernih uređaja i lokalnog računara pri merenju emisije iz kotlovskih ložišta.

Pre nego što budu korišćeni za bilo kakav prenos ka centralnom nadzoru ili monitorskoj mreži, svi pomenuti podaci moraju da se podvrgnu proveru verodostojnosti i klasifikuju po svojoj važnosti i vrednosti, bez obzira da li su automatski snimani ili na neki drugi način procenjeni.

Ovaj vrlo složen i odgovoran zadatak često nije moguće kvalitetno i brzo uraditi, pogotovu kod termoelektrana koje imaju više blokova a svaki blok ima više mernih mesta, te se kao nužno rešenje nameće uvođenje manjih mikroprocesorskih računara (tzv. mernih računara).

Tipična organizacija jednog takvog mernog računara, koji je prilagođen važećim propisima u SR Nemačkoj, prikazana je na slici 2 i najvažnija je karika za dalje razvijanje monitoring mreže.

Na slici 3 je dat prikaz organizacije jednog složenog računskog sistema koji se koristi za funkcionisanje monitoring mreže za nadgledanje emisije više termoelektrana na jednoj karakterističnoj lokaciji u SR Nemačkoj (prema SICK-u).

Softverska baza, izbor i kvalitet računara mernih vrednosti predstavljaju drugi važan uslov pri projektovanju monitoring sistema u termoenergetskim postrojenjima.

Prvi i najvažniji zadatak, kao što je ranije napomenuto a i sada se želi podvući, jeste *projektovanje i izbor za dati slučaj primene onog mernog postupka, i u vezi sa tim mernog uređaja, koji može da garantuje dugoročnu pogonsku tačnost i pouzdanost merenja, uz što veću jednostavnost ugradnje i održavanja u otežanim uslovima eksploatacije koja se realno očekuje u termoelektranama.*

Ovo je ključni problem u koncipiranju monitoring sistema lokalnog i šireg značaja i zahteva da se rešenje traži u dobro odmerenoj odluci kod izbora proizvođača i prodavca merne opreme.

Pored ekonomskih analiza pri izboru merne opreme i njenog isporučioaca mora da se vodi računa o:

- analizi postojećeg stanja merne opreme
- analizi dosadašnjih iskustava u pogledu kvaliteta merne opreme i pouzdanosti njene upotrebe

- analizi sadašnjih i predviđanju budućih potreba i investicija na objektu, kao i propisa koji postoje ili se očekuju
- analizi tržišta merne opreme za merenje koncentracije čvrstih i gasovitih polutanata, kao i o renomeu njihovih proizvođača (organizovanost servisa, mogućnost dugoročne saradnje itd.).

Štetne materije i emisione norme

Ubrzani razvoj energetike i uočeni negativni efekti emisije štetnih polutanata kod kotlova koji sagorevaju čvrsta, tečna i gasovita goriva, ukazali su na potrebu za preduzimanjem određenih tehničkih mera u pogledu ograničenja emisije i smanjenja zagađivanja okoline.

Kako kod nas još nisu usvojeni pravni dokumenti o ograničenju emisije štetnih polutanata (izuzev nekih propisa u SR Sloveniji, SR-BiH i SR Crnoj Gori), to se kod razmatranja ove materije uglavnom koriste uputstva i propisi koji se primenjuju u SR Nemačkoj, a to su TA—Luft (tehničko uputstvo za očuvanje čistoće vazduha iz 1974. i 1983.) i GRAVO (propis za velika ložišta iz 1983. godine).

Iako se nemački propisi GRAVO ne mogu direktno primeniti za domaće uslove, oni ipak daju prikaze mogućnosti za smanjenje emisije štetnih polutanata.

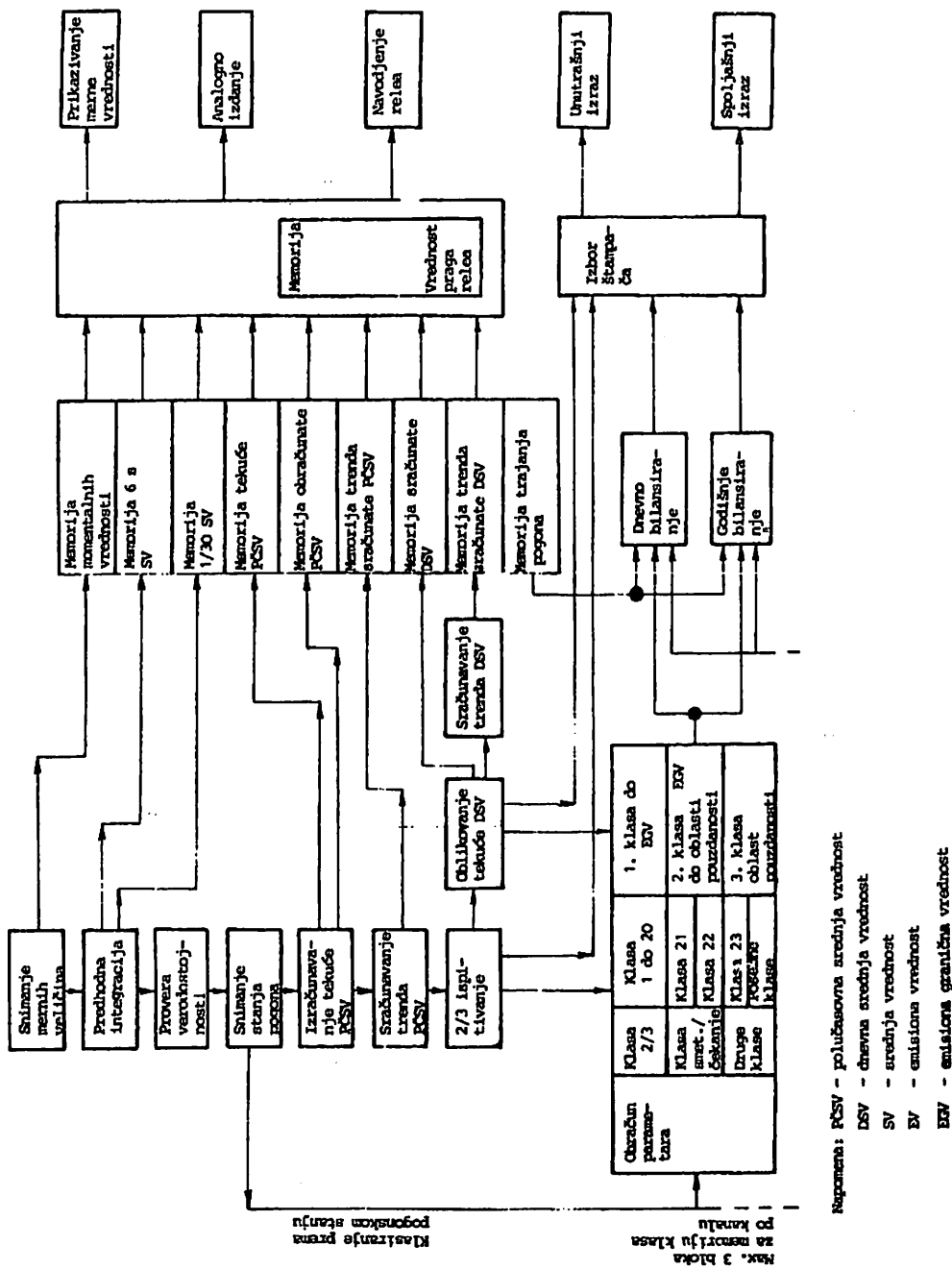
Ovi propisi definišu granične vrednosti emisije (maseni protok, g/h ili masenu koncentraciju, mg/m³) štetnih polutanata, kao što su:

- čvrste čestice (leteći pepeo)
- ugljenmonoksid (CO)
- sumporni oksidi (SO₂, SO₃)
- azotni oksidi (NO, NO₂)
- anorganski spojevi hlora i fluora,
- praškaste emisije arsena, olova, kadmijuma, kobalta, nikla i njihovih spojeva u otpadnom gasu,

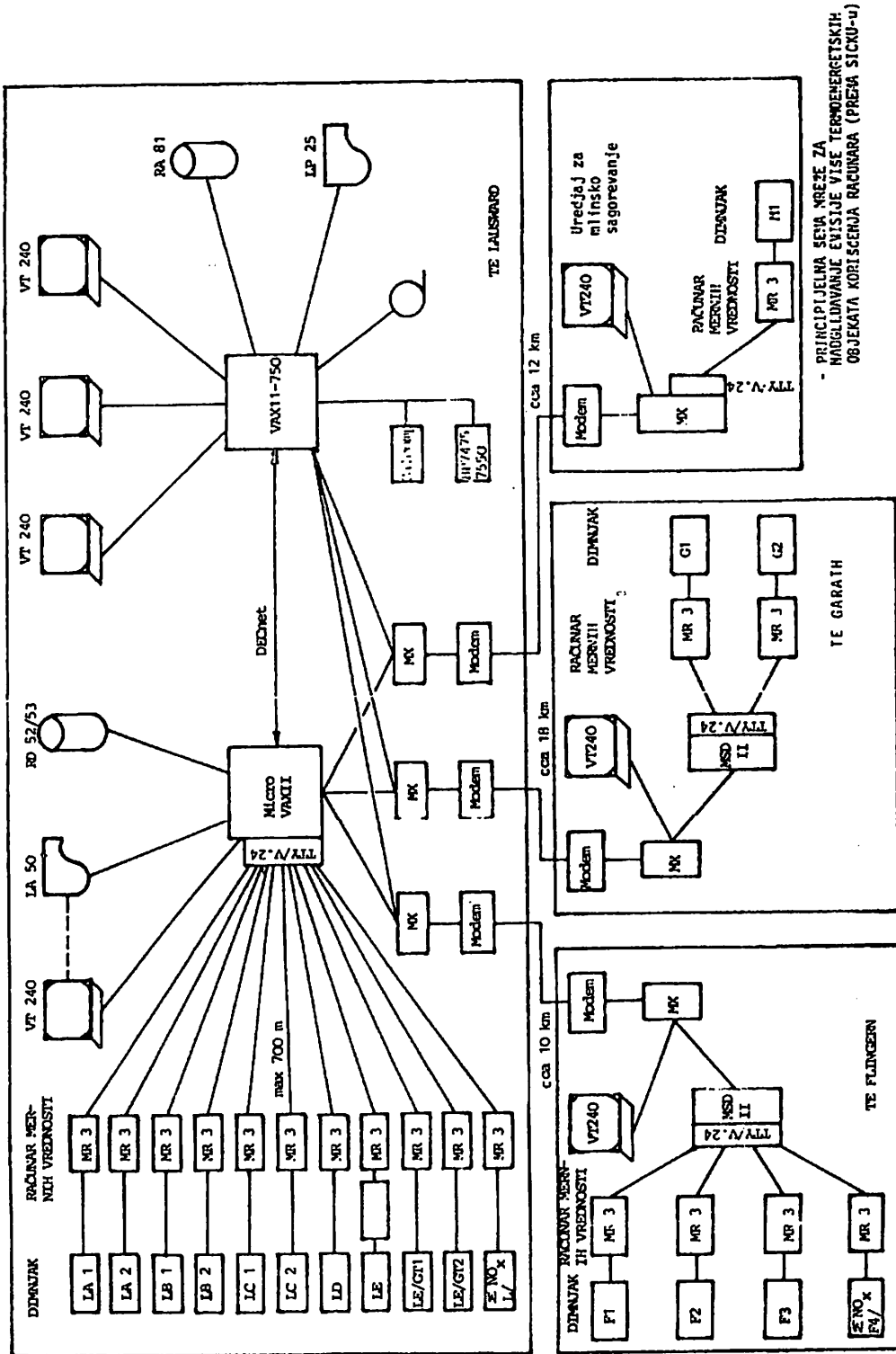
i to za blokove sa toplotnom snagom većom od 50 MW, koji sagorevaju čvrsto, tečno ili gasovito gorivo.

Propisi ukazuju na uslove koje treba ispuniti prilikom izgradnje novih postrojenja, a takođe i šta treba da preduzmu korisnici starih, već izgrađenih (pre donošenja propisa) postrojenja i u kom roku.

Da bi se postigla jednoznačnost u tumačenju propisa, a i u svrhu tumačenja postignutih rezulta-



Sl. 2 -- Principijelna šema računara mernih vrednosti MR-3 (prema SICK-u)



Sl. 3 — Principijelna šema mreže za nadgledavanje emisije viša termoenargetskih objekata korišćenja računara (prema SICKU-u)

ta merenja, ovaj propis definiše način kako da se vrši merenje i vrednuju rezultati merenja koncentracije emisije štetnih polutanata.

Merenja koja se moraju obavljati po ovom propisu mogu da se klasifikuju na:

- primopredajna (prva) merenja
- redovna (pojedinačna) merenja i
- kontinualna merenja.

Prema ovom propisu, kontinualna merenja moraju da se primenjuju kod kotlova (ložišta) koji sagorevaju čvrsto gorivo i to za:

- masenu koncentraciju čvrstih čestica
- masenu koncentraciju ugljenmonoksida
- masenu koncentraciju azotnih oksida
- masenu koncentraciju sumpornih oksida
- radne karakteristike ili stepen izdvajanja uređaja za odsumporavanje
- sadržaj kiseonika u dimnom gasu.

Svi merni rezultati (u efektivnim jedinicama) treba da budu usrednjeni na bazi polučasovnog snimanja, kao i na bazi srednje dnevne vrednosti, uzimajući u obzir dnevno radno pogonsko vreme.

Takođe, svi merni rezultati moraju paralelno da budu svedeni na referentne uslove (vlaga, referentni kiseonik, temperatura, pritisak) i kao takvi, za potrebe određivanja funkcije raspodele, klasifikovani u najmanje 20 klasa i uskladišteni (čuvani) tri ili više godina.

Svi instrumenti koji se ugrađuju za merenja emisije štetnih polutanata moraju da imaju odgovarajući atest ovlašćene institucije.

Merne metode i aparati za kontinualno merenje emisije u termoelektranama

Osnovna podela mernih metoda, a u vezi sa tim i podela mernih aparata, u tehnici kontinualnog merenja emisije polutanata može da se izvrši na dve karakteristične grupe:

- metode merenja koncentracije čvrstih čestica u gasu
- metode merenja koncentracije gasnih štetnih materija u dimnom gasu.

Bez obzira o kojoj metodi je reč, podela dalje može da se vrši prema načinu kako se uzorak tretira:

- in-situ (detekcija se vrši u samom kanalu u originalnom ambijentu)
- ekstraktivno (uzorak se ispituje izvan kanala, uz prethodnu pripremu uzorka za analizu).

Određeni merni principi (npr. fotometrija, koja se uglavnom koristi u sistemu za monitoring polutanata) se mogu primenjivati kako za čvrste čestice tako i za gasovite polutante i to za in-situ i ekstraktivna merenja.

Kod in-situ merenja posebna pažnja se mora posvetiti izboru i reprezentativnosti mernog mesta, a kod ekstraktivnih merenja, pored prethodno navedenog, posebna pažnja se mora posvetiti tzv. „sistemu za uzorkovanje“, koji je često vrlo složen i delikatan.

Poseban problem u merno-tehničkom smislu predstavlja merenje protoka zaprljanog gasa. Kako su preseki gasnih kanala kod većih blokova znatni, vrlo je teško postaviti i održavati neku mernu instalaciju koja bi definisala stvarnu vrednost protoka. U mnogim slučajevima se koriste računске metode koje, na bazi drugih pokazatelja osnovnog procesa, sa dovoljnom tačnošću određuju vrednost protoka dimnog gasa

Merenje emisije čvrstih čestica (letećeg pepela)

Merenje koncentracije čvrstih čestica u dimnom gasu može se, zavisno od konkretnog slučaja, vršiti jednim od dva osnovna uređaja:

- uređajem za merenje gustine dima
- uređajem za merenje sadržaja čestica u gasu.

Dok se kod merača gustine dima određuje samo optička transmisija (prenos) kroz zaprljani gas, kod uređaja za merenje sadržaja čestica je neophodno odrediti samu masu čestica u jediničnoj zapremini gasa nosioca čestica.

Merenje emisije čvrstih čestica u osnovi počiva na određivanju optičke transmisije (T), koja je definisana odnosom poslatog i primljenog svetlosnog toka.

Logaritam recipročne vrednosti transmisije, tzv. ekstingcije (E), predstavlja veličinu koja je osnova realizacije mernog uređaja:

$$T = \exp(-E) = \exp(-\epsilon L)$$

gde je:

L – dužina svetlosne staze
ε – koeficijent ekstinkcije

Koeficijent ekstingcije (ε) zavisi, između ostalog, od osobina svetlosnog izvora, oblika čestica, raspodele veličina čestica, kao i od sadržaja čestica (C).

Pod određenim uslovima, može se dokazati da je koeficijent ekstingcije u određenim granicama linearno proporcionalan sadržaju čestica (C).

$$T = \exp(-\epsilon \cdot C \cdot L) \text{ (Lambert-Beer-ov zakon)}$$

gde je:

ε – faktor proporcionalnosti
C – koncentracija čestica.

Da bi se dobila dobra reproduktivnost merenih rezultata, potrebno je većim brojem merenja i statističkim vrednovanjem odrediti zavisnost ekstingcije (i to za svaki konkretan slučaj) od koncentracije čestica, koja može biti određena standardnim gravimetrijskim metodama i uređajima.

Druga metoda merenja koncentracije čvrstih čestica počiva na merenju rasipanja svetlosti koje prouzrokuju čestice u gasu. Treći metod merenja koncentracije čestica počiva na izokinetičkom uzimanju uzoraka zaprljanog gasa i njegovom daljem provlačenju kroz filtersku traku. Iznos koncentracije čestica se određuje merenjem slabljenja β-zračenja kroz nataloženi sloj na filterskoj podlozi korišćenjem Geiger-Müller-ovog brojača.

Merenje emisije gasovitih polutanata

Osnovni merni principi koji se koriste za potrebe određivanja koncentracije gasnih polutanata u dimnom gasu su:

- fotometrija (in-situ ili ekstraktivna)
- hemiluminiscencija
- kolorimetrija
- plamena jonizacija
- konduktometrija
- katalitičko sagorevanje
- potenciometrija itd.

Za merenje jednog od najizraženijeg zagađivača biljnog i životinjskog sveta, kao što je SO₂, preporučuje se metoda nedisperzovane infracrvene fotometrije (NDIR) ili ultravioletne fluorescencije (NDUV).

Hemijska luminiscencija je metoda koja se preporučuje za merenje sadržaja azotnih oksida NO/NO_x u dimnom gasu. Intenzitet luminiscencije, koja je produkt reakcije NO sa ozonom (O₃), proporcionalan je masenom protoku gasnog uzorka, ukoliko postoji višak pomoćnog gasa potrebnog za stvaranje reakcije.

Za merenje sadržaja ugljenmonoksida (CO) u dimnom gasu, na osnovu dugogodišnjeg iskustva preporučuju se uređaji koji koriste metodu NDIR.

Merenje ostalih gasnih polutanata, kao što su: neorganski spojevi hlora i fluora, vodonik sulfita, molekularnog hlora itd., zahteva analizu svakog pojedinačnog slučaja.

Kao što je ranije napomenuto, za potrebe svođenja izmerenih vrednosti emisije na referentne uslove, nužno je da se odrede na neki pogodan način (sračunavanjem ili merenjem) sledeći pokazatelji rada kotlovskog postrojenja:

- zapreminski protok dimnog gasa
- sadržaj vlage dimnog gasa
- temperatura i pritisak dimnog gasa
- snaga bloka
- analiza goriva.

Svaki od ovih podataka treba oceniti, meriti i zatim primeniti, polazeći od konkretnog slučaja i važećeg propisa, jer oni predstavljaju polazne veličine kako kod izrade idejnog rešenja tako i kod samog projektovanja monitoring sistema.

U tom smislu se mora posvetiti i posebna pažnja izboru i realizaciji potrebnih mernih mesta, valjanosti sistema za uzorkovanje, reprezentativnosti uzorka za analizu. Ovi zahtevi moraju da se usklade sa planiranjem pogonskog i laboratorijskog nadzora i servisiranja svih bitnih mernih instalacija. Takođe, moraju da se definišu aktivnost i broj celokupnog osoblja potrebnog za održavanje monitoring mreže.

Prikupljanje mernih podataka i obim njihove obrade kako na samom lokalitetu tako i u glavnom centru nadzora, direktno zavise od zahteva propisa i moraju se za svaki pojedinačan slučaj razmotriti i preporučiti.

Mobilne stanice za merenje emisije i imisije polutanata

Jedan poseban vid merne instalacije, koji se često koristi pri merenju imisionih vrednosti kod

kontrole i upravljanja zaštitom kvaliteta vazduha, predstavlja tzv. mobilni kontejner (stanica) za monitoring kvaliteta vazduha. Ove stanice, koje se mogu primeniti kako za imisiju tako i za emisiju polutanata a, takođe, i za kontrolu kvaliteta voda, mogu se pokazati kao vrlo pogodne za primenu u termoelektranama koje su u blizini urbanih i industrijskih područja kao i tamo gde elektrana u svom krugu ima više blokova (dimnjaka) i drugih emisionih izvora. Pored mogućnosti za povremena paralelna kontrolna merenja njihovo korišćenje pruža i mogućnost urgentne zamene nekog havari-sanoq dela ili neispravnog mernoq uređaja. čime se ne remeti normalan rad monitoring sistema.

Istovremeno, ove pokretne merne stanice omogućuju da se određenim imisionim merenjima ispita kvalitet vazduha, analizira postojeći raspored mernih mesta za imisiona merenja i da se, po potrebi, izvrši njihovo premeštanje.

Zaključak

Kontrola emisije štetnih materija u dimnom gasu u termoelektranama koje sagorevaju spraseno gorivo — ugalj podrazumeva uvođenje i kvalitetno održavanje određenih mernih instalacija koje mora-ju biti u skladu sa zahtevima propisa ili zakona sa obaveznom primenom. Savremeno svetsko tržište nudi širi izbor mernih aparata za merenje koncentracije čvrstih i gasovitih polutanata u dimnom gasu sa mogućnošću lakog povezivanja u mrežu za centralni nadzor (monitoring). Kupovina te opreme, čija cena nije mala, zato zahteva izuzetno kvalitetnu analizu pri kojoj, pored tehničkih pokazatelja, bitnu ulogu mora da odigra dosadašnje iskustvo sa postojećom opremom, organizovanost i ekonomičnost održavanja, broj i stručni nivo osoblja za opsluživanje, bliži i dalji investicioni koraci u pogledu osnovne proizvodnje i zadovolje-nja društvenih potreba za zaštitom životne i radne sredine. Mobilne stanice, kao i savremeni mikro-procesorski sistemi, mogu biti dobra podrška u brzom i efikasnom razvoju šire monitoring mreže za jedno lokalno područje koje je ugroženo emisi-jom štetnih materijā.

SUMMARY

Control of Harmful Matters Emission in Flue Gases of Thermal Electric Power Generating Plants Burning Pulverized Lignite

International conventions, state and other regional regulations on emission of harmful matters call for development and erection of complex and in turn highly cost intensive systems for control and automatic measurement of different emittents.

Solution of this problem is reflected in a combination of modern microprocessing technique with carefully selected methods and equipment for measurement of solid and gaseous pollutants.

Thermal electric power generating plants burning pulverized coal represent one of major objects requiring control of harmful pollutants emission. Starting from an exact techno-economic analysis introduction of so-called monitoring systems is one of major steps in control and decrease of environmental pollution.

ZUSAMMENFASSUNG

Kontrolle der Emission von Schadstoffen im Rauchgas von Heizkraftwerken, die staubförmige Brennstoffe — Braunkohle — Verbrennen

Internationale Konventionen, staatliche und andere regionale Vorschriften zur Begrenzung der Emission von Schadstoffen erfordern die Entwicklung und den Ausbau von kompakten, aber damit auch sehr kostspieligen Systemen zur Kontrolle und automatischen Messung von verschiedenen Emissionsstoffen.

Eine Lösung dieses Problems zeigt sich in der Verbindung moderner Mikroprozessortechnik mit sorgfältig ausgewählten Methoden und Anlagen zur Messung von festen und gasförmigen Anteilen.

Heizkraftwerke, die Kohlenstaub verbrennen, stellen eines der Hauptobjekte dar, die einer Kontrolle der Emission von Schadstoffanteilen unterliegen. Ausgehend von einer exakten technisch-wirtschaftlichen Analyse ist das sog. Monitor-System ein wichtiger Schritt zur Kontrolle und Verringerung der Umweltverschmutzung.

РЕЗЮМЕ

Контроль эмиссии вредных веществ в отходящих газах ТЭЦ, которые сжигают пылевидное топливо - лигнит

Международные конвенции, государственные и другие региональные правила о ограничении эмиссии вредных веществ требуют развития и строительство сложных и весьма дорогих систем для контроля и автоматического измерения различных составляющих эмиссии.

Решение этой проблемы отражается в устанавливании связи между современной микроскопической техникой с тщательно выбранными методами и устройствами для измерения твердых и газообразных веществ в эмиссии.

ТЭЦ, которые сжигают пылевидный уголь, представляют собой один из главных объектов, которые подлежат контролю эмиссии вредных веществ. Исходя от точного технико-экономического анализа, введение в эксплуатацию так называемой монитор-системы, представляет один из важных шагов в контроле и снижении загрязнения окружающей среды.

Literatura

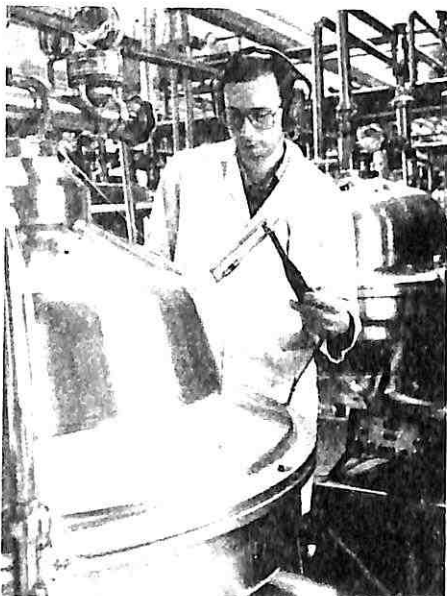
1. Propis za velika ležišta, Savez društava za čistoću vazduha Jugoslavije, Sarajevo, 1983.
2. Tehnička dokumentacija i projektni materijali firme SICK, Siemens, Mannesmann-Hartmann & Braun, Durag, H. Wösthoff GmbH, Maihak AG, Verewa GmbH, FAG Ströhlein-Messtechnik, Protection Engineering Ltd., Monitor Labs, Rose Mount GmbH.
3. Materijal sa seminara „Zagađivanje – smanjenje od strane klasičnih termoenergetskih centrala“, Francuski kulturni centar, Beograd, 1977.
4. Janjić J., Česarević A., 1986: Potreba sagledavanja i praćenja intenziteta emisije SO₂ iz naših termoelektrana, materijal sa konsultativnog sastanka „Zaštita vazduha od zagađivanja iz termoelektrana“, JUGEL, Beograd.

Autor: dipl.inž. Vojmir Dimić, Zavod za termotehniku Rudarskog instituta, Beograd
Recenzent: dipl.inž. M. Škundrić, Rudarski institut, Beograd
Članak primljen 26.6.1990, prihvaćen 21.9.1990.

Nova oprema i nova tehnička dostignuća

Prenosni merač buke

Merni instrument firme Bruel & Kjaer GmbH može da meri emisiju buke na čelu bez posebnih zahteva u odnosu na okolinu. Spoljna buka nema nikakav uticaj na merenja vršena nad kućistima koja okružuju mašinu i merenja se mogu vršiti u svakom prostoru. Prenosni instrument, koji se sastoji od analizatora 4433 i sonio intenzitetne

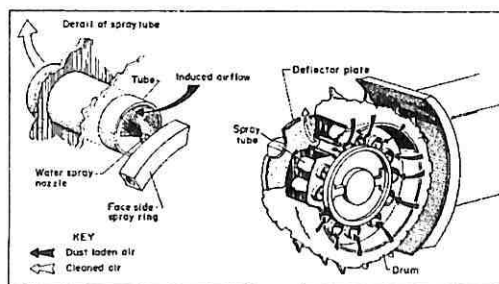


sonde 3520, ispunjava zahteve DIN IEC 651 klasa 1 i sadrži oktavni filtarski stan od 63 Hz do 8 kHz, u skladu sa DIN 45 635. Izmerene vrednosti se mogu dokumentovati preko serijskog ili paralelnog interfejsa.

Mining Reporter 1-60

Provetravani rezni bubanj za sniženje prašine

Provetravani bubanj je predviđen da smanji količinu prašine koja se diže za vreme rezanja. Ovo se ostvaruje usisavanjem prašinom zasićenog vazduha iz rezne zone kroz dvanaest vodom pokretanih cevi za hvatanje vazduha, ugrađenih u oklop bubnja. Voda pod visokim pritiskom od 1500 psi se oslobađa iz prstenastog raspršivača koji se nalazi na čeonj strani bubnja. Ove mlaznice deluju kao ventilator i prenosom momenta stvaraju ukupan protok vazduha od 3500 kub. stopa/min sa čeonj strane bubnja. Ugrađene su 33 mlaznice koje deluju kao hvatači i odstranjuju 90 do 95% prašine iz vazduha usisanog kroz cevi. Na zadnjoj strani bubnja odbojna ploča pričvršćena za ručicu odbacuje vodeni mlaz od rukovaoca. Do sada je



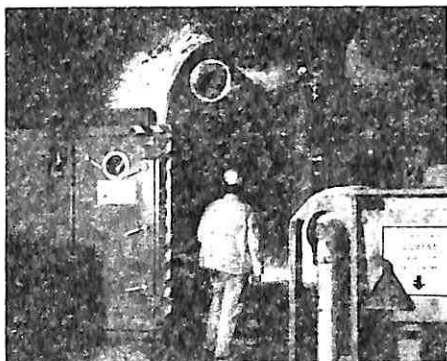
preko 50 ventiliranih bubnjeva ugrađeno u Velikoj Britaniji, gde je bubanj i razvijen. Probe sa bubnjastim podsekačicama fiksne visine su pokazale smanjenje udisne prašine od 60 do 80% u poređenju sa konvencionalnim mokrim rezanjem. Osnovno stanje je bilo konvencionalno mokro rezanje, takođe sa 33 visokopritisne mlaznice po bubnju, sa ukupnim protokom od 60 galona/min. Bureau of Mines

je nedavno dipunio ovo istraživanje vršenjem ispitivanja za ocenu koiršćenja provetiranih bubnjeva kod podsekačica sa dva bubnja.

Mining Reporter 2–36

Sklonište za disanje pod zemljom

Sklonište kompanije Dräggewerk AG pruža četiri sata disajne zaštite za šest osoba i predviđeno je za korišćenje u slučajevima kada u okolnoj atmosferi duže vremena nije moguće disanje. Pored toga, ova prostorija obezbeđuje ugroženima zajedničko, sigurno mesto gde imaju vizuelni kontakt i mogu međusobno da razgovaraju. Prisutni u pros-

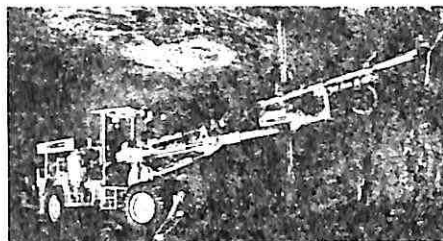


toriji se snabdevaju kiseonikom, CO₂ je fiksiran i prostorija se rashlađuje i ovlažava. Natpritisak odstranjuje gasove, a pomoćni izvor električne energije se uključuje automatski u slučaju nestanka struje. Vazduh se u prostoriji proverava u zavisnosti od sadržaja kiseonika i CO₂ zagađenja. U jami se prostorija može prenositi viljuškarom ili na saonicama. Natpritisak se održava dovodom komprimovanog vazduha i prostorija se isporučuje u nekoliko veličina.

Mining Reporter 2–61

Mašina za izradu tunela sa automatskim upravljanjem burgijom

Mašina za izradu tunela firme Böhler je predviđena za bušenje srednjih profila kroz teške formacije. Džambo Alpine–Minbo 26 PR mašina za izradu tunela je jedna iz nove generacije za bušenje kroz srednje tvrde i tvrde stene. Automatsko uporedno dejstvo i ergonomski raspoređene komande smanjuju vreme postavljanja između bušotina. Uređaj za automatsko upravljanje burgijom radi pouzdano. Dovoljno je dodirnuti taster da bi

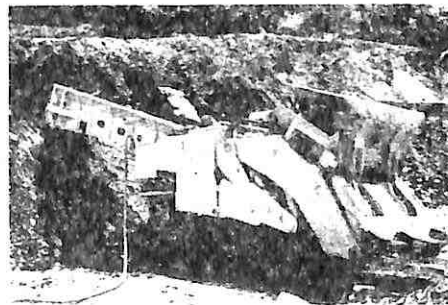


se aktivirala burgija. Zahvaljujući uređaju protiv zaglavlivanja nemoguće je zaglavlivanje u bilo kojoj formaciji. Hidro–pneumatsko proporcionalno upravljanje osigurava lak rad vrhovima prstiju. Bušenje električnom energijom i kretanje na dizel pogon čine mašinu ekonomičnom. Svaka od dve katarke se snabdeva hidrauličkom tečnošću preko sopstvenog hidrauličkog sistema, specijalno konstruisanog za izradu tunela, čime se osigurava neometan kontinualni rad. Univerzalna bušaća kataraka HB 600P sa teleskopom i premotavanjem pruža beskorlačnu rotaciju kroz 270° (na zahtev i pun krug). Dovoljno dimenzionisana i veoma stabilna, može se prilagoditi svakom profilu. Hidrauličko amortizovanje udara sprečava skupa oštećenja.

Mining reporter 3–18

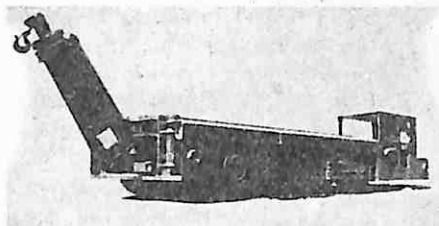
Kontinualni utovarač sa pločastim transporterom

Alpina utovarač AL–60/DP je konstruisan za utovar dampera i nudi alternativu za utovarno–istovarnu opremu. Prvi radni rezultati su dobijeni u rudniku cinkove rude u Kanadi kojim rukovodi Brinswick Mining & Smelting (MB & S). Ovde se AL–60/DP firme Voest–Alpine Maschinenbau GmbH koristi u zajednici sa damperima kapaciteta 24 t. Sa jednim damperom, AL–60/DP prebacuje između 260 i 280 t/h na udaljenost od 350 m između utovarnog mesta i jamske drobilice. Ova vrednost raste na 360 do 380 t/h kada se koriste dva dampera. U prvom slučaju učinak je iznosio



1200 do 1400 t/smeni, u poređenju sa 300 do 400 t/smeni sa konvencionalnom utovarno-istovarnom opremom. Jalovina se prikuplja na isti način kao sa hidrauličkim bagerom, mada se kod AL-60/DP jalovina lageruje na pločastom transporteru koji može da primi tovar od 8 i 3 m³. Damper se utovaruje za 20 do 30 s.

Mining Reporter 3-29



Spasavanje i transport širokočelne krovinske podgrade

Anderson Strathclyde je potpisao proizvodni i distribucijski sporazum za Petitto Mule sa Petitto Mine Equipment Inc. iz Morgantauna u Zapadnoj Virđžiniji, SAD. Model 1039 je nova, niska mašina sa elektromotorom od 75 kW, specijalno kon-

struisana za spasavanje i transport širokočelne krovinske podgrade. Ima neograničenu sposobnost postavljanja, podizanja, utovara i istovara, sklapanja i rasklapanja. Petitto Mule je projektovan na principu konstrukcije jedinice radi lakše manipulacije u jami. Proizvodnju i prodaju će vršiti fabrika kompanije u Šefildu.

Mining Reporter 3-43

Bibliografija

- Zabierowski, J. i Wozny, T.: Modeliranje i optimizacija rada poljske industrije bakra (Modelowanie i optimalizacja krajowego górnictwa miedziowego)
Modele mat. kier. rozwojem gosp. sur. miner.: Mater. symp., Krościenko, list., 1986, Krakow, 1986, str. 5–22, 3 il., 9 tab., 10 bibl.pod., (polj.)
- Bensley, J. G. i Detheridge, K. S.: Integrirani informaciono–kontrolni sistemi (Implementing integrated process informations and control systems)
„CIM Bull.“, 82(1989) 929, str. 37–41, 3 il., (engl.)
- Novi automatizovani sistem kontrole za rudnik uglja u Velikoj Britaniji (Programmable logic controller for UK colliery)
„Mining Mag.“, 160(1989) 6, str. 519, (engl.)
- Dolik, M. i Oborski, W.: Kompjuterski sistem za analizu razvoja industrije kamenog uglja (Komputerowy system do analizy rozwoju górnictwa wegla kamiennego)
Modele mat. kier. rozwojem gosp. sur. miner.: Mater. symp., Krościenko, list., 1986, Krakow, 1986, str. 46–63, 13 il., (polj.)
- Chen, H. i Ding, H.: Kompjuterski sistem zajedničkog planiranja za rudarske površinske radove (Computer overall planning system for open pit operation)
Eff. Dev. and Util. Non–metal. Miner: Proc. 2nd World Congr. Non–Metal. Miner., Beijing, Oct. 17–21 1989, Vol. 2, Beijing, 1989, str. 345–348, (engl.)
- Pisarev, S. L. i Protasov, V. V.: Metodski i praktična pitanja za ocenu ekonomske efikasnosti sistema plaćanja rada (Metodičeskie i praktičeskie voprosy ocenki ekonomičeskoj effektivnosti sistem oplaty truda)
„Soveršen. ěkon. uprav. ugol. prom–sti v uslovijah poln. hozrasčeta i samofinansir.“, M., 1990, str. 56–63, 4 tabl., (rus.)
- Bogacz, K. i Sek, T.: Kompjuterski sistem za proračun cene koštanja mineralne sirovine u rudarskim preduzećima (Komputerowy system rozliczania produkcji w zakładach robot górnicych)
„Zesz“ nauk. AGH im. Stanisława Staczcica“, 13(1989) 4, str. 307–321, 3 il., (polj.)
- Rudinkin, A. Ju.: Pitanja optimizacije izvora finansiranja investicionog procesa u industriji uglja (Voprosy optimizacii istočnikov finansirovanija investicionnogo procesa v ugol'noj promyšlennosti)
„Soveršen. ěkon. uprav. ugol. prom–st'ju v uslovijah poln. hozhasčeta i samofinansir“, M., 1990, str. 93–99, (rus.)
- Everling, G.: Izveštaj sa VIII međunarodne konferencije o jamskom pritisku, Disseldorf, 1989 (Bericht über die 8. Internationale Gebirgsdrucktagung 1989 in Disseldorf)
„Glückauf“, 125 (1989) 17–18, str. 1131–1132, (nem.)
- Merni kompleks za automatizovani sistem kontrole jamskog pritiska (Izmeritel'nyj kompleks avtomatizirovannoj sistemy kontrolja gornogo davlenija)
„Gorn. geofizika“, Tbilisi, 1989, str. 22, (rus.)
- Singh, R. N. i Sun, G.: Primena mehanike pukotina u nekim inženjerskim rudarskim problemima (Applications of fracture mechanics to some mining engineering problems)
„Mining Sci. and Technol.“, 10(1990) 1, str. 53–60, 1 tabl., 11 il., 10 bibl.pod., (engl.)
- Gončarov, E. V. i Pimenov, A. A.: O mogućnosti analitičkog određivanja polja napona u slojevitom stenskom masivu (O vozmožnosti analitičeskogo opredelenija polja napraženij v stoistom massive gornyh porod)
„Fiz.–tehn. probl. razrab. polezn. iskopaemyh“, (1990) 2, str. 16–22, 2 il., 3 bibl.pod., (rus.)
- Cornet, F. H. i Julien, P. H.: Određivanje veličine napona u steni neposredno u masivu (Stress determination from hydraulic test data and focal mechanismic of induced seismicity)
„Int. J. Rock. Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abst.“, 26(1989) 3–4, str. 235–248, 9 il., 6 tabl., 24 bibl.pod., (engl.)
- Bekbulatov, T. A. i Veksler, Ju. A.: Ocena stabilnosti radilišta u pripremnoj jamskoj prostoriji u nehomogenom masivu (Ocena ustojčivosti zaboja podgotovitel'noj vyrabotki v neodnorodnom massive)
„Čisl. i anal. issled. v podzemn. str–ve“, Apatity, 1990, str. 39–43, 6 il., (rus.)

Deriglazov, L. V.: Stabilnost stenskog masiva oko dve horizontalne jamske prostorije (Ustojčivost' gornogo masiva v okrednosti dvuh gorizontaľ'nyh vyrabotok)

„Priklad. meh.“, Kiev, 26(1990), str. 18–22, 2 il., 9 bibl.pod., (rus.)

Kalmykov, V. N. i dr.: Ispitivanje zakonitosti opterećivanja elemenata sistema površinsko–podzemnog otkopavanja (Issledovanie zakonomernosti nagruženija elementov sistem otkrytopodzemnoj razrabotki)

„Vses. nauč.–tehn. konf. Teorija i prak. proektir. str-va i ekspluat. vysokoproizvod., podzem. rudnikov: Tez. dok.“, (Moskv. gorn. in-t), M., 1990, str. 15, (rus.)

Gluskova, L. V.: Proračun trodimenzionalnog polja napona oko otkopne prostorije u elastičnom masivu na osnovu modela dislokacije (Rasčet trehmernogo polja naprjaženij vokrug očistnyh vyrabotok v uprugom massive na osnove dislokacionnoj modeli)

„Čisl. i anal. issled. v podzem. str-ve“, Apatity, 1990, str. 28–30, 1 il., 9 bibl.pod., (rus.)

Chýla, A.: Transport samovezujućeg zasipa kroz cevovode na velike daljine (Potrubni doprava tzhnoui zăkladky za velké vzdălenosti)

„Rudy“, 38(1990) 2, str. 48–52, 8 il., 5 bibl.pod., (češ.)

Makarevič, A. Ju. i Reietnev, E. K.: Odrađivanje osnovnih parametara hidrotransporta zasipnog materijala u stepenastim sistemima sa prinudnim pritiskom i samotokom (Opredelenie osnovnyh parametrov gidrotransportirovanija zăkladočnyh materialov v stupenčatyh sistemah s prinuditel'nyim i samotečnym naporom)

„Vopr. opredelenija tehnol. parametrov linejn. časti gidrotrans. sistem“, M., 1989, str. 110–114, (rus.)

Burcev, L. I.: O metodici proračuna veličine fronta otkopavanja u ležištima koja su opasna na gorske udare (K metodike rasčeta veličiny fronta očistnoj vyemki v udaroopasnyh mestoroždenijah)

„Tehnol. podzemn. razrabotki rud. mestorožd. na bol'š. glubinah“, M., 1989, str. 52–65, 2 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (rus.)

Tkačenko, N. F.: Kontrola procesa obrazovanja pukotina u stenskom masivu pod dejstvom cikličnog opterećenja (Kontrol' processa treščin-obrazovanija v gornom massive pod dejstviem cikličeskoj nagruzki)

„Razrušenje uglej i gorn. porod“, M., 1989, str. 71–74, 1 il., 4 bibl.pod., (rus.)

Linnik, Ju. N.: Proračun sigurnosti radnih organa otkopnih kombajna (Rasčet nađežnosti ispolnitel'nyh organov očistnyh kombajnov)

„Razrušenje uglej i gorn. porod“, M., 1989, str. 27–35, 2 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

Nova dostignuća u oblasti bušenja kroz tvrde stene (Neuerungen in der Gesteinsbohrtechnologie)

„Bauingenieur“, 64 (1989) 6, str. 168, 2 il., (nem.)

Feistkorn, E.: Oprema za bušenje minskih i ankernih bušotina na izložbi „Bergbau–89“ (Sprenglochbohren und Ankertechnik auf der Bergbau–89)

„Glückauf“, 125(1989) 17/18, str. 1019–1020, 1022, 1024–1025, 14 il., 6 bibl.pod., (nem.)

Čižov, I. A.: Odrađivanje zone razaranja čvrstih stena cilindričnim minskim punjenjem (Opredelenie zony razrušenija krepkih gornyh porod cilindričeskim zarjadom VV)

In-t gorn. deļa, Sverdlovsk, 1990, 16 str., il., Rukopis deponovan u Cermetinformaciji 29.04.90, Nr. 5454–čm90, (rus.)

Fokin, V. A. i Siroťuk, G. N.: Usavršavanje metoda proračuna optimalnih parametara konturnog miniranja (Soveršenstvovanie metodov rasčeta optimal'nyh parametrov konturnogo vzryvanija)

„Gidrotehn. str–vo“, (1990) 4, str. 31–32, 2 bibl.pod., (rus.)

Bečvaja, D. I. i Kutadeladze, T. B.: Perspektive korišćenja robota pri podgrađivanju jamskih prostorija (Perspektivy ispol'zovanija robototehniki pri krepilii gornyh vyrabotok)

„Gornoe davlenie i krepilnie gorn. vyrabot.“, Tbilisi, 1989, str. 76–83, 2 il., 7 bibl.pod., (rus.)

Kazakevič, E. V. i dr.: O efektivnosti korišćenja mikrosilicijuma kao dodatka betonu i torkret betonu (Ob efekktivnosti ispol'zovanija mikrosilicija v kačestve dobavki k betonu i nabrizgbetonu)

„Šahtn. str – vo“, (1990) 3, str. 27–28, 2 tabl., (rus.)

Laboński, S. i dr.: Podešljiva lučna podgrada LPZ u svetlu laboratorijskih ispitivanja i eksperimentalne primene u jamskim uslovima (Lukowa podatna obudowa LPZ w switle badan stanowiskowych i doswiadczen dolowych)

„Wiad. gorn.“, 40 (1989) 11, str. 233–237, 7 il., 6 bibl.pod., (polj.)

- Bevan, J. E. i Hill, J. R. M.: Razrada distancionih i automatizovanih sistema za postavljanje jamske podgrade (Development of remote and automated mining roof support system)
Proc. Int. TOP' Meet. Remote Syst. and Rob. in Hostile Environ., Pasco, 29 March – 2 Apr., 1987, La Grange Park, 1987, str. 329–334, 6 il., 4 bibl.pod., (engl.)
- Ulrich, B. F. i dr.: Zavisnost između debljine kružnog prostora i stepena učvršćenja ankernih stupaca smolom (Relationships between annulus thickness and the integrity of resin-grouted roof bolts)
„Bureau of Mines – RI“, (1989) 9253, str. 1–13, 8 il., 3 tabl., 7 bibl.pod., (engl.)
- Servais, D. i Staf, Ch.: Razvoj mehanizacije za otkopavanje strmih slojeva uglja u Loraniu (Nouvelles avancées de la mécanisation en dressants aux houillères du bassin de Lorraine)
„Mines et Carrière“, 72(1990) march, str. 32–35, 4 il., 1 tabl., (franc.)
- Baltes, H.: Promena pravca pomeranja čela pomoću kompjutera u rudarskom preduzeću Osterfeld (Strebschwenk mit Computerhilfe auf dem Bergwerk Osterfeld)
„Glückauf“, 126 (1990) 1–2, str. 4, 5 il., 2 bibl.pod., (nem.)
- Livšic, V. I. i dr.: Usavršavanje tehnologije i sredstava mehanizacije za dobijanje uglja u jamama Kuzbasa (Soveršenstvovanie tehnologii i sredstv mehanizacii dobyči uglja na šahtah Kuzbassa)
Obz. inf. dobyča uglja podzem. sposobom, CNII ěkon. i NTI ugol. prom–sti, (1990) 6, str. 1–64, (rus.)
- Leonov, V. P.: Izbor racionalnih parametara kompleksa samohodnih mašina za mehanizaciju pomoćnih podzemnih radova
„Kompleks. ispol. mineral. syr'ja“, (1990) 3, str. 24–26, 2 bibl.pod., (rus.)
- Bessonov, I. I. i dr.: Izbor savremene tehnologije otkopavanja tankih blago nagnutih rudnih ležišta uz vođenje računa o gemehaničkim faktorima (Vybor sovremennoj tehnologii očistnoj vyemki tonkih pologih rudnyh zalezėj na osnove učeta geomehaničeskih faktorov)
„Gornyj ž.“, (1990) 3, str. 23–26, 4 il., 2 tabl., 8 bibl.pod., (rus.)
- Zhichrng, Z. i dr.: Primena nove modifikacije komorno–stubnog sistema otkopavanja sa zasipavanjem kod otkopavanja blago nagnutih rudnih ležišta male moćnosti (The application of a new-type wallcaving system of selective mining with filling to flat thin mineral deposits)
Effec. Dev. and Util. Non–metal. Miner.: Proc. 2nd World Congr. Non–metal. Miner. Beijing, Oct. 17–21, 1989, Vol. 2, Beijing, 1989, str. 580–583, 2 il., 1 tabl., 6 bibl.pod., (engl.)
- Scoble, M. i dr.: Otkopni kombajni za tanka rudna tela (Machine mining of narrow, hardrock orebodies)
„CIM Bull.“, 83(1990) 735, str. 105–112, 12 il., 1 tabl., 23 bibl.pod., (engl.)
- Nova tehnologija ispuštanja rude kroz sipke (A new technology of strenghtening ore draw in the ore pass)
Eff. Dev. and Util. Non–metal. Miner.: Proc. 2nd World Congr. Non–metal. Miner., Beijing, Oct. 17–21, 1989, Vol. 2, Beijing, 1989, str. 368–272, 5 il., (engl.)
- Uzajamno dejstvo mehanizovanih podgrada i bočnih stena (Vzaimodejstvie mehanizirovannyh krepej s bokovymi porodami)
M., „Nedra“, 1990, 128 str., il., (rus.)
- Red. Potapov, M. G.: Površinsko otkopavanje – naučna saopštenja (Otkrytye gornye raboty. Nauč. soobšč.)
In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo, M., 1988, 98, str. il., (rus.)
- Prič, E. I. i Nečipurenko, A.S.: O izboru racionalne varijante kalendarskog plana razvoja površinskog kopa (O vybore racional'nogo varianta kalendarnogo plana razvitija kar'era)
„Ogneupory“, (1990) 4, str. 26–27, 1 il., 1 bibl.pod., (rus.)
- Singhal, R. K.: Planiranje na površinskih kopovima (Mine planning: the key to profits)
„World Mining Equip.“, 4 (1990) 1, str. 32–33, 35, (engl.)
- Klein, H.: Sistem operativne kontrole i planiranja radova pomoćnih mašina (Rechnergestützte operative Planung und Betriebsüberwachung der Erdbautechnik und des Strassentransportes)
„Neue Bergbautechnik“, 20 (1990) 2, str. 61–63, (nem.)
- Akišev, A. N. i Akimov, V. M.: Usavršavanje tehnoloških šema ciklično–kontinualne tehnologije uklanjanja otkrivke (Soveršenstvovanie tehnolo-

gičkih shem ciklično—potočnoj tehnologiji udalenija vskryši)
„Kolyma”, (1990) 2, str. 19–21, 2 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

T a s k a e v, A. A.: Usavršavanje tehnologije selektivnog otkopavanja rude na površinskim kopovima (Soveršenstvovanie tehnologiji razdel'noj vyemki rud na kar'erah)
„Tehnol. dobyči i usrednenija rud na mestorožd. Sred. Azii”, Frunze, 1989, str. 51–58, 6 bibl.pod., (rus.)

K o r j a k i n, A. I. i dr.: Tehnologija površinskog otkopavanja ležišta uglja strmog pada sa ostavljanjem stena otkrivke u otkopanom prostoru (Tehnologija otkrytoj razrabotki ugol'nyh zalezey krutogo padenija s ostavljeniem porod vskryši v vyrabotannom prostranstve)
„Vopr. proektir. otkryt. razrab. ugol. mestorožd.”, Kemerovo, 1990, str. 5–10, 2 il., (rus.)

U s e n k o, S. P.: Praksa otkopavanja visokih etaža i ekonomska efektivnost njihove primene (Opyt otrabotky vysokih ustupov i ekonomičeskaja efektivnost' ih primenenija)
„Vopr. proekt. otkryt. razrab. ugol. mestorožd.”, Kemerovo, 1990, str. 50–55, 4 il., (rus.)

A j d a r o v a, N. A.: Matematički model kalendarskog planiranja dobijanja uglja površinskim otkopavanjem uz vođenje računa o stabilizaciji kvaliteta mineralne sirovine (Matematičeskaja model' kalendar'nogo planirovanija dobyči uglja otkrytym sposobom s učetom stabilizacii kačestva poleznogo iskopaemogo)
„Kompleksnoe ispol'zovanie mineral. syr'ja”, (1990) 3, str. 3–5, (rus.)

C z o p e k, K. i dr.: Matematički modeli za planiranje razvoja industrije mrkog uglja (Modele matematyčne dla potreby programowania rozwoju górnictwa wegla brunatnego)
„Zesz. nauk. AGH im. Stanisława Staszica. Gór.”, 13 (1989) 3, str. 171–185, 260, 263, 1 il., 1 tabl., 17 bibl.pod., (polj.)

D u p r e, M.: Ekonomski problemi malih površinskih kopova za dobijanje građevinskog materijala u Francuskoj (Problèmes des petites exploitations: (Rap.) journées études „Prod. granulats et automat. carrières, Dijon, 1989)
„Mines et carrières”, 72 (1990) febr., str. 53–54, 1 il., (franc.)

Rekonstrukcija površinskog kopa Glensanda (Goodyear of Glensanda)
„World Mining Equip.”, 13 (1989) 9, str. 42, 1 il., (engl.)

N i n h L i: Primena metode konačnih elemenata za analizu stabilnosti kosina u anizotropnom masivu sklonog bubrenju elastično—plastičnog tla (A visco—plastic FEM analysis for the stability of slope in the anisotropic swelling soil)
Numer. Meth. Geomech. Proc. 6th Int. Conf. Innsbruck, 11–15 Apr. 1988, Vol. 4, Brockkfield—Rotterdam, 1989, str. 2299–2303, 8 il., 1 bibl.pod., (engl.)

V e d e k i n d, O.: Merenje deformacije kosina fotogrametrijskim postupkom (Deformation-smesšungen an bauwerken im Bereich von Tagebaulöschungen mittels photogrammetrischer Verfahren und Ableitung zu erwartender Verformungsgrössen)
„Neue Bergbautechnik”, 20 (1990) 2, str. 45–48, 3 il., 2 tabl., 3 bibl.pod., (nem.)

S i d o r o v a, I. A. i E m i e v s k a j a, O. P.: Ocena efektivnosti primene neorganskih veziva za učvršćivanje nestabilnih stena (Ocena efektivnosti primenenija neorganičeskijh vjažuščijh dlja upročnenija neustojčivijh porod)
„Otkryt. gorn. raboty”, M., (1988), str. 41–46, 1 il., 3 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)

V a h a b o v, H.: Moćnost i dubina zaleganja zona slabljenja kao faktori pojave inženjersko—geoloških procesa pri otkopavanju ležišta uglja (Moščnost' i glubina zaleganija zon oslablenija kak faktory voznikovenija inženjerno—geologičeskijh processov pri razrabotke ugol'nyh mestoroždenij)
„Prognoz i kontrol'geol. sredy v r—nah osvoenija mestorožd. tverd. gorjučijh iskopaemyh”, M., 1989, str. 141–146, 10 bibl.pod., (rus.)

Š p a k o v, P. S. i O m a r o d, S. T.: Ocena stabilnosti stvarnih kosina (Ocena ustojčivosti real'nyh otkosov)
„Sdviženie gorn. porod. i zemn. poverhnosti pri razrabot. mestorožd. polezn. iskopaemyh”, Kemerovo, 1989, str. 21–26, 2 bibl.pod., (rus.)

M i c h a r d, D. i B e h a r, N.: Specijalizovana pokretna oprema (A sampling of speciality units)
„Rock. Prod.”, 92 (1989) 9, str. 60–67, 12 il., (engl.)

Bageri firme Demag (Programme bien rempli pour les excavateurs Demag)

- „Mines et carrieres”, 72 (1990) mart, str. 17, 1 il., (franc.)
- Snažni hidraulički bageri firme O & K (All on board with O & K)
„World Mining Equip.”, 4 (1990) 1, str. 24, 1 il., (engl.)
- Bager model TRIPower uspešno radi na otkopavanju uglja u Velikoj Britaniji (Tripower triumphs in British coal)
„Int. Mining”, 6 (1989) 11, str. 8–9, 1 il., (engl.)
- Strelkov, G. V.: Sovjetski dreglajni i rotorni bageri za izvoz (Stripping equipment for the opencast mining of coal and other minerals)
„Int. Mining”, 7 (1990) 3, str. 40–41, 1 il., 2 tabl., (engl.)
- Novi tip rotornih mašina za površinsko otkopavanje (Nouveaute dans l’excavation: le Krupp Surface Miner)
„Mines et carrieres”, 72 (1990) mart, str. 38–40, 5 il., 2 tabl., (franc.)
- Pisarenko, V. V. i Mihnov, I. O.: Analiza dinamičkih parametara mehanizma pogona za rotaciju radnog organa rotornih bagera (Analiz dinamičkih parametara mehanizma privoda vrašćenija ispolnitel’nogo organa rotornih ekskavatorov)
„Oborud. nepreryv. dejstvija i potoč. tehnol. na ugol. razrezah”, Kiev, 1987, str. 36–40, 2 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)
- Potapov, M. G. i Nevskij, V. L.: Stanje i tendencije razvoja transporta na dubokim površinskim kopovima (Sostojanje i tendencii razvitija transporta glubokih kar’erov)
„Itogi nauki i tehn. Ser. Razrab. mestorožd. tverd. polez. iskopaemyh”, (1990) 51, str. 3–55, (rus.)
- Sturgul, J. R. i Ren, Yuž.: Modeliranje sistema traka na površinskim kopovima (Simulating mining conveyor belt systems)
Eff. Dev. and Util. Non-metal. Miner.: Proc. 2nd World Congr. Non-metal. Miner., Beijing, Oct. 17–21 1989, Vol. 2, Beijing, 1989, str. 505–508, 4 il., 15 bibl.pod., (engl.)
- Norenko, I. I. i Ljudnaja, V. M.: Konvejerne trake za transport vlažne i lepljive stenske mase (Konvejernye lenty dlja transportirovanija vlažnoj i lipkoj gornoj massy)
„Oborud. nepreryv. dejstvija i potoč. tehnol. na ugol. razrezah”, Kiev, 1987, str. 66–70, 2 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)
- Dovženok, A. S.: Uticaj režima rada na tehničko stanje kiperu (Vlijanie režimov ekspluatcii na tehničkoe sostojanie avtosamosvalov)
„Soverš. tehnol. processov pri dobyče uglja otkryt. sposobom”, Kiev, 1989, str. 4–9, 6 il., 10 bibl.pod., (rus.)
- Sistem za kontrolu stanja kiperu (Vital signs monitoring)
„World Mining Equip.”, 4 (1990) 1, str. 18–20, (engl.)
- Mjaskovskij, M. G. i Maksimova, L. I.: Tehničko–ekonomski dokaz tehnoloških šema sa kombinovanim transportom kamioni–trake (Tehničko–ekonomičeskoe obosnovanie tehnoloških shem s avtomobil’no–konvejernym transportom)
„Oborud. nepreryv. dejstvija i potoč. tehnol. na ugol. razrezah”, Kiev, 1987, str. 10–14, 2 il., (rus.)
- Megalinskij, L. V. i Žilkina, I. A.: Šema upravljanja ventilacionim uređajima na bazi aparature APTV kod izrade jamskih okana (Shema upravljenija ventiljatornymi ustanovkami prohodki šahtnyh stvolov na baze apparatury APTV)
„Šaht. str–vo”, (1990) 4, str. 22–23, 3 il., (rus.)
- Vasilenko, V. I. i Frolov, M. A.: Karakteristike čela i centrifugalnih ventilatora u sistemu regulisanja raspodele vazduha u jami (Karakteristiki lav i centrobežnyh ventiljatorov v sisteme regulirovanija vozduhoraspredelenija v šahte)
„IzvUZ Gornyj ž.”, (1990) 4, str. 102–108, 3 il., 6 bibl.pod., (rus.)
- Chang, X. i dr.: Kompjuterski program za modeliranje jamske ventilacije i podzemnog požara (A user’s manual for MFIRE: A computer simulation programm for mine ventilation and fire modeling)
„Bur. of Mines US Dep. Inter., IC”, (1990) 9245, str. 1–171, 1 il., (engl.)
- Rudnička ventilacija i kondicioniranje jamskog vazduha (Grubenbewetterung und Klimatechnik) Jahresber., 1 Jan.–31 Dez. 1988, Steinkohlenbergbauver., Essen–Kray, 19 s.a., str. 1–5, 7 il., 11 bibl.pod., (nem.)
- Volkwein, J. C.: Uticaj orošavanja vodom na efektivnost ventilacije pri radu skrubera (Impact of Water Sprays on Scrubber Ventilation Effectiveness)

„Bur. of Mines US Dep. Inter. RI“, (1989) 9259, str. 1–32, 11 il., 12 bibl.pod., (engl.)

Letoublon, M.: Primena pokretnog sistema za provetranje pri izradi jamske prostorije (Creusement de galerie: de l'air jusqu'au front de taille grâce à système d'aspiration mobile)
„Cah. com. prev. batim. et trav. publics“, 43 (1989) 6, str. 8–9, 5 il., (franc.)

Čolak, E. O. i dr.: Putevi za rešenje problema normalizacije toplotnog režima u dubokim jamama (Puti rešenija problema normalizacii teplovogo režima v glubokih šahtah)
„Ugol' Ukrainy“, (1990) 3, str. 33–35, 3 il., 2 bibl.pod., (rus.)

Edwards, J. C.: Matematičko modeliranje samozagrevanja ugljenog sloja (Mathematical modeling of spontaneous heating of a coalbed)
„Bureau of Mines US Dep. Inter. RI“, (1990) 9296, str. 1–15, 9 il., 2 tabl., 13 bibl.pod., (engl.)

Sistem za otkrivanje i gašenje požara (Upgraded mine vehicle fire suppression systems)
„Mining J.“, 314 (1990) 8062, str. 215, (engl.)

Beresievič, V. V. i dr.: Sniženje sadržaja prašine u atmosferi površinskog kopa (Sniženie soderžanija pyli v atmosfere kar'era)
„Cv. metallurgija“, (1990) 3, str. 71–72, 1 il., (rus.)

Gurevič, Ju. S. i dr.: Izdvajanje metana iz ugljenih slojeva pri povećanom pritisku na ulazu degazacionih bušotina probušeniha sa površine (Izvlačenje metana iz uglol'nyh plastov pri povyšennom davlenii na ust'e degazacionnyh skvažin, proburenyh s poverhnosti)
„Iz VUZ Gornyj ž“, (1990) 4, str. 46–48, 2 il., 2 bibl.pod., (rus.)

Kolesar, J. E. i dr.: Nestabilni karakter pojave sorpcije i difuzije u uglju sa mikroporoznom strukturom: Deo 1 – Teorija i matematička formulacija (The unsteady-state nature of sorption and diffusion phenomena in the micropore structure of coal: Part 1 – Theory and mathematical formulation)
„SPE Form. Eval.“, 5 (1990) 1, str. 81–88, 3 il., 1 tabl., (engl.)

O stanju degazacije u rudnicima uglja (O sostojanii degazacii na uglol'nyh šahtah)
„Ugol' Ukrainy“, (1990) 3, str. 38, (rus.)

Tutinas, V. V.: Stabilnost podine jamskih prostorija koje su sklone iznenadnim izbojima sa probojem metana (Ustojčivost' počv gornyh vyrobotok, sklonnyh k vnezapnym podnjatijam s provyvom metana)

Fiz.–tehn. sposoby i processy razrab. i obogašč. polezn. iskopaemyh: Dokl. 16 Vses. konf. mol. učenyh po probl. kompleks. razrab. i obogašč. tverd. polezn. iskopaemyh, Moskva, sent. 1989, M., 1989, str. 62–65, 1 il., 2 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

Popov, V. M.: Uređaji za odvodnjavanje. Priručnik (Vodootlivnyye ustanovki: Sprav. posobie)
M., „Nedra“, 1990, 254 str., (knjiga na rus.)

Korčak, A. i dr.: Izbor i rad pumpi za glavno odvodnjavanje jama (Dobór i eksploatacja pòmp glownego odwadniania kopalni)
„Mech. i automat. gòrn.“, 27 (1989) 11, str. 44–49, (polj.)

Produženje veka rada pumpi korišćenjem novih materijala (New materials and technology promise improved pump performance)
„Eng. and Mining J.“, 190 (1989) 7, str. 57, (engl.)

Takács, J.: Čišćenje kiselih otpadnih voda koje sadrže teške metale (Vermindern der Metallionen von säuerlichen Wässern)
„Publ. Techn. Univ. Heavy Ind. A“, 46 (1990) 1–4, str. 243–263, 5 il., 6 tabl., 2 bibl.pod., (nem.)

Mironenko, V. A. i A troščenko, F. G.: O efektivnosti dubokih protivfiltracionih zavesa pri zaštiti ležišta u eksploataciji od podzemnih voda (Ob effektivnosti glubokih protivofil'tracionnyh zaves pri zaščite razrabatyvaemyh mestoroždenij ot podzemnyh vod)
„IzVUZ. Geol. i razvedka“, (1990) 3, str. 109–117, (rus.)

Pròchazka, M.: Primena horizontalnih drenažnih bušotina za sprečavanje klizanja kosina u ČSSR (Einsatz von horizontalen Dränbohrungen zur Sanierung von Rutschhängen in der ČSSR)
„Z. angew. Geol.“, 35 (1989) 8, str. 244–246, 2 il., (nem.)

For economical mining
of hard soils:

Bucket wheel excavators from O&K.



Even today, a continuous mining technique for hard soil is still problematic. It is therefore particularly important to profit from the over one hundred years of experience O&K has in the building of such machines.

O&K bucket wheel excavators work in many open pits all over the world. Their daily output is proof of their high technical standard.

O&K
Trademark

O&K build ships, floating dredgers, hydraulic excavators, loaders, dumpers, graders, open pit mining equipment, conveyor systems, materials handling equipment, cement plants, processing plants, wagons, cranes, fork lift trucks, heavy duty commercial vehicles, escalators, autowalks

O&K Tagebautechnik
Einsiedelstr. 6, D-2400 Luebeck 1
Telephone (451) 4501-1, Telex 26 823
Cables orenkop, luebeck





RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

Na principu inženjeringa, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski Institut obavlja:

- TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA
- IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA
- IZRADU KOMPLETNIH PROJEKATA

- površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
- oplemenjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
- miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromašinske delatnosti i tehničke zaštite

- IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVOĐENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA

- REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA

- VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA I MATEMATIČKIH MODELA

Centar za dokumentaciju Rudarskog Instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski Institut izdaje kvartalni časopis:

RUDARSKI GLASNIK



**RUDARSKI INSTITUT
BEOGRAD - ZEMUN**

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

- FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS
- ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES
- ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR
 - open-cast and underground exploitation of mineral ores
 - mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
 - blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection
- CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING
- RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCESSES
- PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVOURABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical.

RUDARSKI GLASNIK

