



SIGURNOST U RUDNICIMA

II · 1967 · 1

**II GODIŠTE
1 BROJ
1967 GOD.**

SIGURNOST U RUDNICIMA

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

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

Izdavač
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Tehnička redakcija
MARINA PETROVIĆ
MIRA MARKOVIĆ

Naslovna strana
MILAN GOLUBOVIC

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

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

ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA

*BLAGOJEVIC dipl. ing. MIODRAG, Rudnici i topionica olova i cinka »Trepča«,
Zvečan*

BLAGOJEVIC dip. ing. DUŠAN, Rudnici lignita »Kreka«, Tuzla

CEROVAC dipl. ing. MATEJA, Rudarski inspektorat SR Slovenije, Ljubljana

DRAGOJEVIĆ dipl. ing. MILOŠ, »Rembas«, Resavica

*DRAGOVIC dipl. ing. MIODRAG, Savezni sekretarijat za industriju i trgovinu,
Beograd*

*JANČETOVIC dipl. ing. KOSTA, Kombinat za eksploataciju i preradu kosovskog
lignita, »Kosovo«, Obilić*

JOKANOVIC prof. ing. BRANKO, Rudarski institut, Beograd

JOVANOVIC dipl. ing. GVOZDEN, Rudarski institut, Beograd

KOHARIC dipl. ing. IVAN, Biro SBRMU, Sarajevo

KOVACIĆ dipl. ing. LJUBOMIR, Geološki zavod, Ljubljana

LASICA dipl. ing. MIHAJLO, »Magnohrom«, Kraljevo

LEGAT dipl. ing. FRANC, Rudnik mrkog uglja, Trbovlje

MARINOVIC dipl. ing. IVO, Rudarski inspektorat SR Hrvatske, Zagreb

MILIĆIĆ dipl. ing. PETAR, Rudarski inspektorat SR BiH, Sarajevo

PETROVIC dipl. geol. VERA, Rudarski institut, Beograd

RUKAVINA MILAN — SAJN, Sindikat industrije i rudarstva SFRJ, Beograd

*SIMONOVSKI dipl. ing. BRANISLAV, Rudarski inspektorat SR Makedonije,
Skopje*

SRDANOVIC dipl. ing. MILETA, Rudarski institut, Beograd

VITOROVIC dipl. ing. TODOR, Rudarski inspektorat SR Crne Gore, Titograd

VUKOVIC dipl. ing. SLOBODAN, Rudarski basen »Kolubara«, Vreoci

SADRŽAJ

PROF. ING. BRANKO JOKANOVIC — DIPLOM. ING. IVAN AHEL	
<i>Neki faktori u radnoj sredini koji utiču na fiziologiju i produktivnost rada</i>	5
<i>Ueber gewisse Faktoren in der Arbeitsmitte die auf die Physiologie und Produktivität der Arbeit einwirken</i>	18
DIPLOM. ING. GVOZDEN JOVANOVIC — DIPLOM. HEM. BRANKA VUKANOVIC — VISI TEHN. ANA GOLIC	
<i>Industrijski značaj poznavanja karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine</i>	19
<i>L'étude des caractéristiques d'auto-allumage de la poussière de charbon déposée</i>	25
DR ING. VESIMIR VESELINOVIC	
<i>Petrografski sastav uglja kao faktor samozapaljivosti</i>	27
<i>Der petrographische Kohlenbestand als Faktor der Selbstzündung</i>	35
DIPLOM. ING. NATALIJA PAVLOVIC	
<i>Inhibitori i njihov značaj za suzbijanje endogenih požara u rudnicima uglja</i>	37
<i>Inhibitoren und ihre Rolle bei der Verhütung von endogenen Grubenbränden in Kohlengruben</i>	44
DIPLOM. ING. J. SMIT	
<i>Osvrt na rad Međunarodnog simpozijuma o jamskim požarima, održanog u Rožnovu, 1966. godine</i>	45
DIPLOM. ING. VLADIMIR IVANOVIC — DIPLOM. GEOL. LJUBOMIR JABLJANOV — VISI TEHN. DRAGOSLAV GOLUBOVIC	
<i>Rezultati uporednog merenja zaprašenosti različitim instrumentima</i>	57
<i>Ergebnisse der parallel durchgeführten Staubgehaltsmessungen mit verschiedenen Instrumenten</i>	61
DIPLOM. ING. NENAD MARINOVIC	
<i>Odraz atmosferskih pražnjenja na podzemne rudničke prostore</i>	63
<i>Ueber die Einwirkung atmosphärischer Entladungen auf unterirdische Grubenräume</i>	70
DIPLOM. ING. STANISLAV RADOSAVLJEVIC	
<i>Električno osvetljenje jamskih prostorija</i>	71
<i>Electric Illumination of Underground Spaces in Mines</i>	83
JOŽE COLARIC	
<i>Upotreba sigurnosnih električnih milisekundnih upaljača u jamama sa metanom i opasnom ugljenom prašinom</i>	85
<i>Anwendung von schlagwettersicheren Millisekundenzündern in Gruben mit Methan und gefährlichen Kohlenstaub</i>	92
DR VASA SIMIC	
<i>Iz istorije rudarstva Srbije</i>	93
<i>Kongresi i savjetovanja</i>	
ALIJA ŠEHOVIC	
<i>Uz godišnjicu rada stalne konferencije o zaštiti na radu u rudnicima SR BiH</i>	95
<i>Prikazi iz literature</i>	96

Neki faktori u radnoj sredini koji utiču na fiziologiju i produktivnost rada

(sa 1 slikom)

Prof. ing. Branko Jokanović — dipl. ing. Ivan Ahel

Uvod

U cilju pravilnog razmatranja uticaja radne sredine na produktivnost rada, neophodno je razmotriti osnovne elemente koji sačinjavaju radnu sredinu, kao i opšte zakonitosti, koje određuju zavisnost kvantuma rada u jedinicima vremena od pojedinih elemenata koji ovu sredinu karakterišu. U analizu se neće uzeti elementi prirode proizvodnje i tehnološkog procesa, već samo utvrđene posledice konkretnе tehnologije.

Osnovni elementi radne sredine koji se uzimaju u obzir kod ocene njene pogodnosti za normalan rad, posmatrani kroz faktore čije patološko delovanje smanjuje normalnu produktivnost, jesu:

- gasovi,
- prašina,
- mikroklimatski uslovi (temperatura vazduha, njegova brzina i vlažnost, toplostno zračenje, barometarsko stanje),
- buka,
- rasveta,
- ostali toksikološki, biohemski i drugi faktori (zagadlena voda, obojenost predmeta, radioaktivno zračenje, slobodan prostor, mogućnost povreda, mogućnost nesrećnih slučajeva itd.).

Ostali tehnički faktori (mogućnost propuštanja vode, požari, prodori gasova, stene, dubina eksploatacije, način kretanja radnika

itd.) neće se razmatrati u ovoj analizi, pošto predstavljaju uglavnom potencijalnu opasnost i predmet su posebnih studija.

Na početku obrade ovog materijala treba napomenuti, da su skoro svi nabrojani elementi koji radnu sredinu karakterišu uvek prisutni i da svojim određenim intenzitetom povoljnog ili nepovoljnog delovanja, utiču na produktivnost rada bez obzira na vrstu delatnosti.

Radnoj sredini, iako je ona elemenat od bitnog uticaja na produktivnost rada, ne poklanja se dovoljno pažnje i ako faktori koji sačinjavaju radnu sredinu mogu biti promenljivi i do te mere pogoršani, da ne samo što smanjuju efekat rada, nego ga potpuno onemogućuju. Suprotno tome, mogu se odgovarajućim tehničkim merama poboljšati uslovi rada, a time znatno uticati na povećanje njegove produktivnosti.

Radna sredina, kako je već rečeno, skup je različitih fizičko-hemijskih i bioloških pojava, koje najčešće nemaju nikakve međusobne veze. Sve te pojave ne mogu se svesti pod zajednički imenitelj koji bi se mogao brojno iskazati. Uobičajeno je da se radnoj sredini daju subjektivne ocene (povoljna, nepovoljna) bez dublje analize elemenata koji je sačinjavaju. Međutim, analizama pojedinačnih elemenata moguća je aproksimativna ocena stepena štetnosti koja za praktičnu primenu u potpunosti zadovoljava. Jedanput određeni stepen ne može se smatrati kao

statička veličina, već kao veličina koja se u funkciji vremena menja i koju stalno treba pratiti i korigovati. Uključivanjem tehničkih faktora (priroda i tehnologija proizvodnje) analiza bi bila još teža te se u ovom razmatranju izostavlja.

Našim i inostranim propisima definisana je normalna radna atmosfera. Kod ovih propisa postoji često veća neusaglašenost, koja u našem slučaju nije od bitnog značaja. Teškoće nastupaju u slučajevima kada radna sredina u pojedinim svojim elementima, koji je sačinjavaju, daleko odstupa od normalne (JUS ili bilo koji inostrani standard). Odstupanje od normalne radne sredine veoma je česta pojava u praksi, a posledica toga, između ostalog, je smanjenje produktivnosti rada.

Usaglašavanje razlike naših i inostranih standarda zadatak je pojedinih naučno-istraživačkih ustanova i nadležnih inspekcija rada, a cilj im je da kvalitet zaštite podignu na jedan veći nivo.

Naši zakoni i propisi o higijensko-tehničkoj zaštiti pri radu načelno predviđaju obavezu preduzeća da na svim radnim mestima formira radne uslove koji će po svim elementima biti saglasni JUS-standardu. U izvesnim stavovima HTZ propisa, koje ćemo kasnije obraditi dozvoljava se mogućnost rada i u atmosferi, koja se ne može smatrati normalnom, s time da se radnicima obezbedi »odgovarajuća lična zaštita«.

Sta je to odgovarajuća lična zaštita, nije tačno definisano. Pod kojim mikroklimatskim uslovima, kojim intenzitetom buke i svetla, te drugih štetnosti radnici mogu raditi pod zaštitnim sredstvima, kao i koje vreme, također nije određeno.

U mnogim našim preduzećima, posebno rudarskim i metalurškim, javljaju se koncentracije gasova, prašina i ostali štetni faktori radne sredine, iznad dozvoljenih normativa.

Osnovna teškoća pri rešavanju ovog problema leži u tome da se iznađu merila koja će bar orientaciono pokazati do kojih je maksimalno mogućih prekoračenja, po elementima štetnosti, moguće raditi pod ličnim zaštitnim sredstvima, kojim i kakvim i koje vreme. Odnosno, treba pokazati kako se kreće mogućnost rada (vreme rada i produktivnost), pri promeni uslova radne sredine, ako je radnicima obezbeđeno lično zaštitno sredstvo. Jasno je, da se pri radu pod respiratorom, cedilom, zaštitnom odećom itd., ne

može postići normalan efekat rada, ako se ova zaštitna sredstva nose puno radno vreme. Respiratori, a posebno cedula pružaju pri disanju otpore i od 10—20 mm VS, što predstavlja izvanredan napor za radnika koji ih upotrebljava, pa i kad bi mu se intenzitet rada sveo na minimum.

Delovanje mikroklima također je veoma značajno pošto pri povišenim temperaturama, visokoj relativnoj vlazi u vazduhu i stagnaciji vazduha, dolazi do nedovoljnog oslobođanja topote sa čovečjeg tela, a samim tim i osećaja teškoće pri radu.

Radna sredina i tehnologija nose u sebi različite elemente koji mogu delovati na mogućnost povređivanja. Primena lične zaštite (bez obzira na njen kvalitet) stvara specifične uslove u kojima radnik nema normalnu radnu pogodnost, a vrednosti ovih odstupanja teško su merljive.

Izbor »adekvatne« lične zaštitne opreme svakako približava uslove rada normalnim. Međutim i kod najpovoljnijeg izbora (koji pruža današnji nivo lične zaštitne opreme), ostaje činjenica da je radnik pret-hodno opterećen izvesnim količinama dopunskog »rada« koji ne zahteva tehnologija već trošenje energije za savlađivanje delovanja spoljnih uticaja, preko zaštitne opreme. Kumulativni uticaj ovog dopunskog »angažovanja« i trošenja u fizičkom i biološkom smislu, može dobiti izvanredno veliku vrednost, iako se ona najčešće skriveno manifestuje. Sagledavanje reda ovih veličina, uticanje na njihovo suočenje u granice koje obezbeđuju normalnu egzistenciju ličnosti na radu i nesmetano odvijanje tehnološkog procesa, je imperativ moderne tehnologije i humanog odnosa organizatora proizvodnje u odnosu na zaposlene radnike.

Uticaj radne sredine ili »ukupna štetnost« u njoj, nije merljiva fizička veličina, te se zbog toga propisima ne obrađuje. Njen minimum, parcijalno je određen preko normativa za pojedine štetnosti, dok se uticaji odstupanja od ovih minimuma mogu samo oceniti.

Prema podacima kojima se raspolaze, nije se moglo utvrditi da su u bilo kojoj analizi postavljene univerzalne granice koje bi regulisale ovu materiju i koje bi mogle koristiti sva preduzeća. Smatra se, da je moguće formirati samo orientacione odnose, koji će isključivo služiti za jednu vrstu de-latnosti u jednom preduzeću i svaka transpozicija na drugo preduzeće i druge uslove

bi bila pogrešna, zbog veoma heterogenog uticaja pojedinačnih elemenata.

Formiranje orijentacionih odnosa koji će pokazati kretanje radnog vremena i produktivnosti rada, u zavisnosti od promene štetnih uticaja na radnom mestu, ima za cilj da ukaže na potrebu dovođenja radnih uslova u normalno stanje, odnosno, ako se to ne može postići, koji se stepen opadanja produktivnosti rada može očekivati.

Samо utvrđivanje odnosa između delovanja radne sredine i produktivnosti rada je jednostrano posmatranje problema. Humani i socijalni elementi su mnogo važniji, jer čovek koji radi u škodljivoj radnoj sredini u relativno kratkom radnom vremenu sigurno postaje invalid rada.

Iz dosada izloženog može se zaključiti da je praktično nemoguće dati univerzalne analitičke izraze u kojima bi figurirali svi povezani elementi radne sredine i u koje bi uvrštavali merene vrednosti, a kao rezultat dobijali intenzitet opasnosti, izražen u jednoj jedinstvenoj cifri. Ovako postavljen zadatak nije do danas nigde rešen, jer predstavlja funkciju beskonačno promenljivih veličina koje kumulativno definišu opštu opasnost, koju pruža radna sredina. U praksi se obično pojedinačno posmatra svaka štetna veličina. Rezultati ovakvog rada daju uvek relativne veličine, te se i od ove analize ne može očekivati da da analitički izraz uticaja radne sredine na produktivnost rada i opštu ugroženost radnika. Ova analiza daće samo principi koji mogu kasnije poslužiti kao smernica za detaljniju obradu svakog pojedinog radnog mesta, pogona, organizacionih jedinica itd.

Kod praktičnog prilaženja ovom problemu usvojeni su sledeći principi:

- Svi zaključci koje daje analiza moraju biti saglasni postojećim zakonskim propisima HTZ-a pri radu, JUS standardima, a gde ovi ne postoje, savremenim normativima koji se primenjuju u industrijski razvijenim zemljama.
- Na svim radnim mestima, gde je rad veoma opasan po zdravlje radnika, i pored ličnih zaštitnih sredstava, ne mogu se uspostavljati nikakvi uslovni odnosi za normalni osmočasovni rad. Ovakav rad dozvoljen je u izuzetnim uslovima (spasavanje ljudi i materijalnih dobara), te nije predmet analize.

- Ocenu o stepenu opasnosti treba dati isključivo na bazi egzaktnih merenja i određivanja svih faktora, kao i na uzajamnoj analizi dobijenih rezultata.
- Za određivanje stepena opasnosti koristiće se principi analitičke procene.
- Dobijene rezultate treba stalno korigovati i smatrati ih fiksnim veličinama, samo za relativno kratak period.

Da bi se realizovao postavljeni zadatak, izvršena su prethodna proučavanja elemenata bitnih za ovu analizu, koji se u daljem tekstu izlažu.

Osnovne zakonske odredbe o zaštiti na radu u vezi radne sredine

Obrada ovog poglavlja važna je radi sagledavanja obaveza privrednih organizacija u odnosu na potrebu obezbeđenja kvalitetnih radnih uslova koji omogućuju postizanje normalnog efekta, odnosno produktivnosti rada.

Citiranje svih zakonskih propisa koji trećiraju ovu oblast bilo bi suvišno i preopširno. U ovom delu daće se samo kratak, slobodno interpretiran izvod iz postojećih propisa koji je od bitnog značaja za sagledavanje ove problematike.

Opšti i osnovni akt kojim se reguliše zaštita na radu je Zakon o radnim odnosima. Ovaj zakon reguliše načela na kojima se zasniva zaštita pri radu i utvrđuju prava radnika na ovu zaštitu. Zakon ujedno utvrđuje i sankcije za kršenje njegovih odredaba.

Osnovna načela Zakona sadržana su u sledećim njegovim odredbama:

»Radnicima je zajamčena zaštita pri radu i zaštita u ostvarenju zakonskih prava na osnovu rada. Radnicima se obezbeđuje zaštita života pri radu odgovarajućim higijensko-tehničkim merama.«

Higijensko-tehnička zaštita obuhvata sve mere i sredstva kojima se zaštićuju radnici pri radu, a naročito:

- lokaciju, izgradnju, uređaje, održavanje zgrada i prostorije, obezbeđuje prostorne površine i kubature prostorije, ventilaciju, osvetljenje, održavanje mašina i uređaja, obezbeđenja od štetnih gasova, tečnosti, para, prašina, prekomernog toplostog i svetlosnog

dejstva, buke i vibracije, hladnoće, otrovnih, zaraznih, nagrizajućih i drugih opasnih materija.

Sve privredne organizacije dužne su da sprovedu higijensko-tehničku zaštitu pri radu predviđenu ovim zakonom.

Organizacije su dužne o svom trošku (na teret materijalnih troškova) obezbediti radnicima zaštitna sredstva kao i održavati ih u ispravnom stanju.

Upotreba ličnih zaštitnih sredstava dozvoljava se samo u slučaju ako se opasnost na koji drugi način ne može otkloniti (nema bliže definicije i ograničenja).

Pored iznetih odredaba Zakona o radnim odnosima koje uglavnom regulišu obaveze poslodavaca i radnika, a koje važe za sve radne organizacije, zaštita radnika regulisana je i drugim specifičnim zakonima i propisima.

Tako na primer Osnovni zakon o zaštiti na radu kao specifično u odnosu na radnu sredinu predviđa:

»Kod radova kod kojih se ne može izbegić razvijanje po zdravlje štetnih gasova, pare ili prašine, treba ih obavljati mehaničkim putem u zatvorenim uređajima. Tačke štetnosti treba odvesti na neopasan način sa samog mesta razvijanja. Prostорије se moraju veštački provetrvati. Mesta u kojima se radnici zadržavaju pri radu treba da su takva da se u njima isključi štetno delovanje gasova, pare i prašine, ako to nije dovoljno i moguće, upotrebljavaju se odgovarajuća lična zaštitna sredstva.«

Potrebnu jačinu svetla regulišu standardi, a njihov delimičan prikaz dat je u tablici 1.

Tablica 1

Vrsta rada	Osvetljenje radnog mesta u luksima	
	normalno	minimalno
Za grubi rad	50 — 100	20
Za srednji rad	100 — 600	40
Za fini rad	300 — 1000	75
Za vrlo fini rad	1000 — 5000	180

U radnoj prostoriji vazduh mora biti čist. Gde je to moguće upotrebice se prirodna ventilacija. Ako prirodna ventilacija nije dovoljna ugradite se veštačka. Vazduh u pro-

storijama mora se izmeniti najmanje 6 puta na čas, a klimatske prilike u njima regulisane su propisima.

Svako razvijanje zagušljivih i otrovnih gasova i prašine mora se spričiti njihovim odvođenjem, a u prostorije uesti veštačku ventilaciju.

Buka i vibracija moraju se svesti na najmanju moguću meru. Odelenje gde se stvara buka mora se odvojiti od ostalih radnih prostorija. Štetnom se smatra buka preko 80 decibela.

Radnici izloženi buci moraju dobiti odgovarajuća zaštitna sredstva za zaštitu sluha.

Radnicima, čiji su organi za disanje izloženi prekomernim koncentracijama škodljivih gasova i prašina moraju se staviti na raspolaganje respiratori, maske ispitane i atestirane u jednoj od odgovarajućih naučno-istraživačkih ustanova, kao i povremeno kontrolisane. Detalji o kvalitetima zaštitnih sredstava dati su u JUS standardima.

Radnicima koji su izloženi štetnom delovanju ostalih materija stavlju se na raspolaganje odgovarajuća lična zaštitna sredstva za koje važe pomenuti propisi.

Osnovni zakon o rudarstvu, specifičan za zaštitu radnika u ovoj privrednoj delatnosti, kao i njegovi prateći propisi, kao značajno za ovo razmatranje, predviđaju:

»Rudarski projekti podležu reviziji u pogledu mera i normativa zaštite na radu, sigurnosti pogona i ljudi i podzemnih, površinskih i susednih objekata, kao i primene savremenih dostignuća i metoda rudarske nauke i tehnike, uzimajući u obzir važeće propise, normative i obavezne jugoslovenske standarde (član 65, OZOR-a)«

Prateći tehnički propisi ovog zakona, između ostalog, predviđaju da:

»Jamski vazduh mora odgovarati JUS standardima, o dopuštenim koncentracijama štetnih gasova, pare i prašina. Sadržina kiseonika u vazduhu ne sme pasti ispod 19% vol. Provetravanje jame mora biti tako, da na svako zaposleno lice dođe najmanje $3 \text{ m}^3/\text{min}$ vazduha. Brzine vazduha gde se kreću ljudi ne smeju prelaziti 6 m/sec itd.«

U rezimeu ovog poglavlja može se reći, da su našim propisima sveobuhvatno date obaveze svim privrednim organizacijama o potrebi stvaranja neophodnih preduslova u radnim prostorijama, kako bi se u njima mogao normalno odvijati rad. Iako propisi načelno obavezuju privredne organizacije da stvore normalne uslove rada, oni predviđa-

ju mogućnost da se na nekim radnim mestima mogu stvoriti i uslovi koji se ne mogu smatrati normalnim. U tom slučaju predviđa se upotreba ličnih zaštitnih sredstava. Propisima nije regulisano do kojih se maksimalno mogućih prekoračenja može ići, odnosno raditi pod ličnim zaštitnim sredstvima i kako dugo.

Kako je napred naglašeno, odgovor na ovo pitanje u opštem obliku ne može se dati. Za konkretnе primere aproksimativno je moguće odrediti maksimalno moguća prekoračenja DMK (dozvoljenih maksimalnih koncentracija) i utvrditi odnos između rada pod nenormalnim uslovima i produktivnosti rada.

Normalni radni uslovi

Normalne radne uslove možemo definisati kao skup zadovoljenih propisa po svim elementima štetnosti, koji se na konkretnom radnom mestu javljaju. Radna mesta na kojima nijedna štetnost koja se javlja, ne prelazi DMK (dopuštenu maksimalnu koncentraciju) nalaze se u granicama propisa i smatraju se normalnim. Ovakve radne uslove u toku tehnološkog procesa proizvodnje teško je, ili bolje rečeno, nemoguće stalno održati. Odstupanja koja se javljaju u manjoj ili većoj meri, štetno deluju na organizam radnika. Da bismo mogli ocenjivati u kojoj su meri normalni uslovi poremećeni, moraju se znati normativi koji određuju pojedine elemente u radnoj sredini.

Primena ličnih zaštitnih sredstava moguća je kao preventivna mera (sprečavanje povređivanja od iznenadnih pojava opasnog delovanja) i kao permanentni oblik zaštite. Ocenu ugroženosti radnika u konkretnim uslovima, kod upotrebe ličnih zaštitnih sredstava ne možemo definisati u opštem obliku, već samo kroz pojedinačna razmatranja, zavisno od vrste štetnog delovanja i primenjene vrste lične zaštite.

U praksi se najčešće postavlja pitanje, kako u konkretnim uslovima oceniti ugroženost (pojedina radna mesta, pogon), koje mere kolektivne i lične zaštite treba preduzeti, kako kontrolisati postignute efekte itd. Vizuelna razmatranja i ocena zaduženih lica svakako da ne mogu predstavljati zadovoljavajuće rešenje, bez obzira na njihovu stručnost iz ove oblasti.

Metodologija ocene stepena opasnosti radnog mesta

Za sistematsku ocenu uslova na radnim mestima najpodesnija je metoda analitičke procene. Kod ocene uslova rada na radnim mestima, po ovoj metodi posmatraju se sledeći elementi:

- mikroklimatski uslovi,
- aerozagadjenja,
- buka,
- svetlo (rasveta), i
- ostala štetna delovanja i potencijalne opasnosti od povređivanja.

Uzimanje većeg broja elemenata otežalo bi rad, ali je principijelno moguće posmatrati sve štetne elemente.

Kod tretmana ovih elemenata polazi se od toga, da se vrednosti pojedinih elemenata odrede tako, kako bi u kumulativnom razmatranju svaki od njih imao podjednak značaj. Sve napred navedene elemente treba što egzaktnije odrediti tehničkim metodama, jer od valjanosti i tačnosti utvrđenih veličina зависи kvalitet ocene stepena opasnosti radne sredine i samo u tom slučaju ova metoda može dati dobre rezultate. U protivnom, ako se ovi elementi utvrđuju površno, bez podloga merenja, analitička metoda procene radnih uslova ne može dati odgovarajuće rezultate. Svaki pokušaj stvaranja nekih univerzalnih matematičkih relacija između elemenata radne sredine, bio bi iluzoran, jer se radi o savršeno različitim fizičko-hemijskim i biološkim pojavama, koje se međusobno ne mogu staviti ni u kakvu matematičku vezu.

Tretman radnih uslova mora bazirati na egzaktnim merenjima pojedinih elemenata radne sredine, a njihov uzajamni odnos određiva bi se na bazi tehničkih propisa, naših i inostranih standarda, kao i na bazi savremene tehničko-medicinske literature, koja se bavi ovom problematikom.

Ovom analizom biće, u određenom stepenu, definisani uzajamni odnosi između pojedinih štetnih veličina, koji će predstavljati samo približne, a ne zadovoljavajuće pokazatelje i poslužiće samo kao orientacija kod praktičnog prilaženja ovim problemima u konkretnim uslovima.

Kompleksna analitička procena radnih uslova polazi od istih postavki kao i ostale analitičke metode, odnosno od sledećih uslovnih elemenata:

- da na radnom mestu radi »prosečan radnik«,
- da je radnik opterećen prosečnim učinkom (radnim opterećenjem) koji se od tog radnog mesta zahteva,
- da radnici zaposleni na jednom radnom mestu rade pod jednakim uslovima,
- da sva izvršena merenja štetnosti (utvrđivanje potencijalnih opasnosti) predstavljaju prosečnu vrednost za osmočasovno radno vreme,
- da se ne uzima u obzir intenzitet delovanja štetnosti, koje se u kratkim vremenskim intervalima samo nekoliko puta javljaju u toku smene, dana ili meseca,
- izmerene (utvrđene) veličine štetnih delovanja gradiraju se prema usvojenim kriterijumima u stepene opasnosti. Na istim mestima posmatranja vrši se kontrola lične zaštite. Stepeni zaštite određuju se takođe na bazi utvrđenih kriterijuma.

Uporednom analizom »intenziteta opasnosti« i »stepena zaštite« izvlači se zaključak o uticaju radne sredine, u konkretnim uslovima u odnosu na mogućnost rada.

Mehanizam izvođenja (realizacije) predložene metode obuhvata sledeće aktivnosti:

1. Merenja pojedinih štetnosti odgovarajućim instrumentima, odnosno vodenje evidencije o povredama.
2. Unošenje izmerenih podataka i stepena opasnosti u odgovarajuće tablice (karton 1).
3. Upoređivanje dobijenih podataka sa dozvoljenim maksimalnim koncentracijama (MDK).
4. Određivanje stepena opasnosti kod pojedinih vrsta štetnosti, na bazi utvrđenih kriterijuma*) (karton 2).
5. Unošenje evidentiranih podataka u kontrolni karton primenjene zaštite (karton 3).
- Upoređivanje evidentiranih podataka sa kriterijumima o stepenu zaštite.
- Određivanje stepa zaštite, po elementima delujućih štetnosti.

*) Određivanje kriterijuma za pojedine štetnosti i zaštite dato je u posebnom tabličnom pregledu (karton 2) i treba ga, za svaki konkretni slučaj, uskladiti sa medicinskim ustanovama.

- Unošenje podataka o stepenu ugroženosti i stepenu zaštite u kontrolni karton stepena opasnosti i primenjene zaštite (karton 4).
- Određivanje kumulativnog stepena opasnosti.
- Određivanje dozvoljenog radnog vremena ili ocena moguće produktivnosti.
- Unošenje podataka u lični karton uslova rada na radnom mestu (karton 5).

Izloženi postupak dat je samo u globalnim crtama. U narednom izlaganju objasniće se na proizvoljno odabranom primeru.

Podaci za karton 1 dobice se na osnovu egzaktnog merenja klasičnim instrumentima za ovu vrstu kontrole (konimetar, psihrometar, anemometar, Drägerov indikator sa odgovarajućim cevčicama, sonometar i luksmetar). Podatak o telesnim povredama užima se iz evidencije preduzeća, a upoređuje se sa maksimalno dozvoljenim brojem povreda (MDBP) u privrednoj delatnosti u koju spada pogon za koji se vrši analiza. Podaci koje sadrži karton 1 odnose se na jedan pogon industrijske privredne delatnosti. Prosečan broj telesnih povreda u industriji za poslednjih 7 godina iznosio je 114 povreda na 1000 zaposlenih radnika.*) Ovaj broj povreda uzimamo kao MDBP, odnosno kao normalan pokazatelj potencijalnih opasnosti od povređivanja u ovoj privrednoj delatnosti. Zatim usvajamo da svakih 20 povreda iznad ovog pokazatela povećava stepen opasnosti i obratno.

Klimatske prilike na nekom radnom mestu uslovljene su sa više faktora, od kojih su najvažniji temperatura vazduha, sadržina vodene pare u njemu, brzina kretanja vazduha, toplotno zračenje i atmosferski pritisak. Klimatske granice (gornja i donja), u kojima se može postići normalan efekat rada, nisu jednake u svim zemljama sveta jer su stanovnici tih zemalja aklimatizovani. Način određivanja tih granica također nije jedinstven u svim zemljama. Tako je, na primer, gornja granica u Z. Nemačkoj pri $t_g = 28^{\circ}\text{C}$, mereno suvim termometrom. Kod nas prema predlogu naših Tehničkih propisa gornja granica je pri $t_g = 28^{\circ}\text{C}$ na suvom termometru i pri $t_g = 25^{\circ}\text{C}$ na vlažnom termometru. U SAD prema ASVE (Amerikan So-

**) Prof. ing. B. Jokanović i ing. M. Srđanović: »Opšti prikaz stanja sigurnosti na radu u rudnicima SFRJ«. — Sigurnost u rudnicima, god. I/sv. I Rudarski institut — Beograd, 1966.

Naziv radne jedinice

Kontrolni karton stepena opasnosti

Karton 1

Redni broj	Sifra oznaka	Radno mesto (pogon)	Datum merenja	V R S T E Š T E T N O S T I																								
				mikro klima			g a s o v i			buška			svetlo															
				Prăšina	SiO ₂ %	broj c/cm ³	Tef	C _{TV}	C _{Ts}	stepeň opasnosti	CO ppm	CO ₂ %	stepeň opasnosti	zbir opa-sností	stepeň opasnosti													
1	A	8.IV 1963.	Prižne peći	5	1300	II	21,0	15,0	2,0	16,0	1	0	0	0,4	0	15	1	5	0	1	84	1	27	II	40	1	145	II
2	B	"	Transport traktama	55	820	III	13,0	9,0	0,2	12,0	1	0	0	0,3	0	30	III	10	1	III	92	II	40	1	115	I		
3	C	"		8	2800	III	11,0	8,0	0,15	9,6	II	0	0	0,6	1	19	II	15	II	III	73	0	24	III	162	III		
4	D	"	Dozer šarž	7	600	0	22,0	15,0	3,3	16,0	I	0	0	0,65	1	20	III	5	0	III	105	III	70	0	144	II		
5	E	"		7	1000	I	17,0	12,0	0,1	15,6	I	0	,0	0,65	1	28	III	5	0	III	92	II	70	0	124	I		
6	F	"	Kran od 15 t	4	1500	III	20,0	14,0	1,1	15,5	I	0	0	0,8	II	60	III	10	I	III	72	0	24	III	114	0		

Ključ za određivanje pojedinih veličina datih u kartonima

Karton 2

Stepen opasnosti	Prašina i gasovi	Bukta	Svetlo	Klima	Povreda
+ 0 stepen	u granicama MDK	u granicama MDK	u granicama MDK	od 17 do 22 za Tef	u granicama MDBP
+ I stepen	do 1,5 × iznad MDK	do 10% ispod MDK	do 30% ispod MDK	od 10—17 i od 22—28 Tef	od 150—200 P/1000 rad./kg
+ II stepen	od 1,5—2 × iznad MDK	od 10—20% iznad MDK	30—50% ispod MDK	od 5—10 i od 28—30 za Tef	od 200—250 P/1000 rad./kg
+ III stepen	više od 2 × iznad MDK	više od 20% iznad MDK	manje od 50% ispod MDK	manje od 5 i veće od 30 za Tef	iznad 250 P/1000 rad./kg

Stepen zaštite	Prašina i gasovi	Bukta	Svetlo	Klima	Povreda
± 0 stepen	Lična zaštitna sredstva ne postoje, ili su u nedovoljnoj meri zastupljena				
- I stepen	Lična zaštitna sredstva postoje, ali su slabijeg kvaliteta, neadekvatna, prema štetnim dejstvima brojno nezastupljena, veliki normativi itd.				
- II stepen	Lična zaštitna sredstva postoje kod svih radnika, ali je kvalitet ili normativ nezadovoljavajući				
- III stepen	Lična zaštitna sredstva postoje kod svih radnika i pružaju zadovoljavajući stepen zaštite po svim elementima štetnosti				

MAKSIMALNO DOZVOLJENE KONCENTRACIJE						
Lak	Pradjenje tehn. procesa (rutinska kontrola) povremeno naprezanje	Gasovi i prah	mikroklima	bukta	svetlo	povreda
Srednje težak	Diskontinualno naprezanje (ražne vrste zanatskih rada)	prema propisima ili Tef (grafitonu)	prema propisima	80 decibola	50 luksa	150 povr. 1000 radin.
Tezak	Permanentno naprezanje (utovar, bušenje, rukovanje mašinama)					

OCENA STEPENA UKUPNE UGROŽENOSTI I ZASITITE						
Potpuna	Zadovoljeni stepeni zaštite po svim elementima štetnosti ukupno od 0—II ¹					
Nepotpuna	Zaštićena neadekvatna štetnostima, zbog netekvitelnih sredstava, brojne nepotpunosti, jakog uticaja pojedinih štetnosti itd. ukupno od II do VIII					
Kritična	Zaštićena ne postoji ili je veoma slabo zastupljena, veliki normativi, težak rad itd. veća od VIII					
DOZVOLJENO RADNO VРЕME PRODUKTIVNOSTI RADA U %						
8 časova Ocena stručne službe	Moguć rad kod potpune zaštite ili kod nepotpune u slučaju manjih ugroženosti					
Nedovoljeni rad ili prema oceni	Kod nepotpune zaštite, a prema stepenu ugroženosti					
	Normalni nedovoljni rad ili prema oceni stručne službe					

Naziv radne jedinice

Kontrolni karton primenjene zaštite

Karton 3

Redni broj	Sifra oznaka	Radno mesto	Broj radnika	P r a s i n a		G a s o v i		V r s t a i s t e p e n z a š t i t e		B u k a		S v e t l o		P o v r e d e		
				vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	vrista, broj 1 normativ Lzs	stepline zaštitne	
1	A 8. V 1963.	Pržne peći	8	Nema zaštiti- nih sredstava	0	"	-1	Nema Lzs	0	Nema Lzs	0	"	8 k.	0	"	-1
2	B ..	Transport trakama	3	Respiratori "Tukan" 2 kom. "M. Zakić" 1 komad 6 meseci	-1	"	0	obično 8 komada 1 godina	-1	"	0	"	5 kom." 1 god.	"	"	-1
3	C ..	Dozor — Šarž	4	Respiratori "M. Zakić" 4 komada 6 meseci	-II	"	0	obično 4 kom. 1 godina	-I	"	0	"	zastitne rukavice	"	"	"
4	D ..	Dozor — Šarž	5	Nema Lzs	0	Kombinovano cedilo-respirator (FA) "Driger" sa polumaskom 1 kom. 5 meseci	-III	obično 5 kom. 1 godina	-I	Antifoni čepovi "Antilop" 3 kom. mada 1 god.	-1	"	zastitne rukavice	"	"	-1
5	E ..		3	Nema Lzs	0	Nema Lzs	0	Nema Lzs	-I	Antifone "MSA" 3 kom. 1 godina	-II	"	0	Nema Lzs	0	"
6	F ..	Kran od 15 t	2	Respirator "Lepostok" 2 komada 5 smršta	-III	"Driger" sa polumaskom 1 kom. 5 meseci	-III	obično 2 kom. 1 godina	-I	Nema Lzs	0	"	Zastitni šlem	"	0	-1

Lzs = licna zaštita sredstva.

Naziv radne sredine

Kontrolni karton stepena opasnosti i primenjene zaštite

Karton 4

Redni broj	Sifra - oznaka	Merevna datuma	Broj radnika na kartri	Radno mesto (pogon)	Težina rada	VRSTE ŠTETNOSTI I STEPEN OPASNOSTI			Svetlo			Zbir stepena (+, -)			Ocena zaštite od stručne službe	Dozvoljeno radno vreme (%)		
						Povrede			Gesovi			Klima						
						stepon. opasn.	stepon. zastite	stepon. zastite	stepon. opasn.	stepon. zastite	stepon. zastite	stepon. opasn.	stepon. zastite	stepon. zastite				
1 A	8.IV 1963.	Przne peti	8	lak	II	-1	II	-1	I	0	1	-1	1	0	VII	"		
2 B	"	Transport trakama	3	lak	I	-1	III	-1	III	0	1	-1	II	0	I	"		
3 C	"	4	strednje težak	III	0	III	-II	III	0	II	-1	0	0	III	0	XI		
4 D	"	Dozer — šarž	5	"	II	-1	0	0	III	-III	1	-1	III	-1	0	0		
5 E	"	3	"	"	I	0	I	0	III	0	I	-1	II	-II	0	V		
6 F	"	Kran od 15 t	2	težak	0	-1	III	-III	III	-III	I	-1	0	III	0	II		

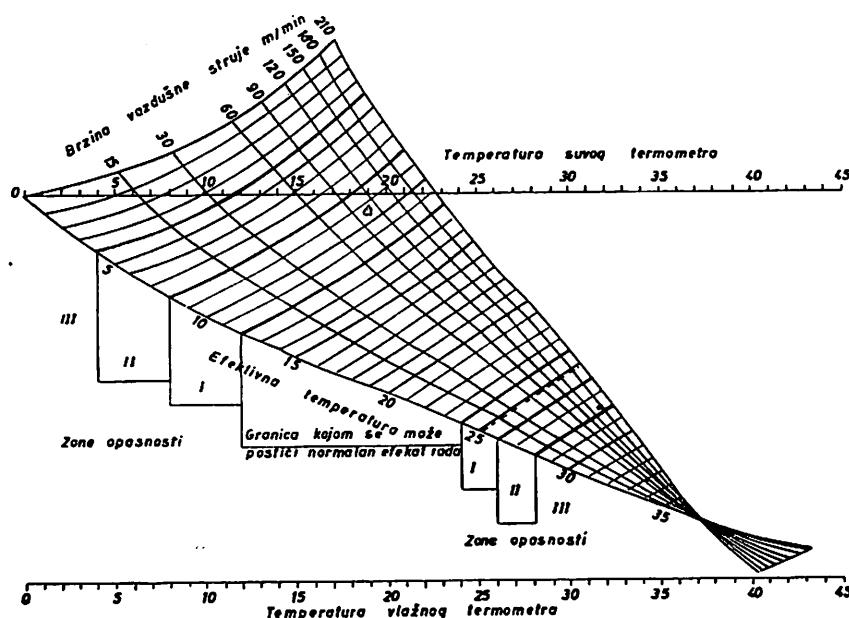
ciety of Heating and Ventilation Engineers) je 25° efektivnih (označeno na sl. 1 crticomama), a koja, kao što vidimo na sl. 1, zavisi od temperatura merenih na suvom i vlažnom termometru, odnosno temperature i relativne vlage u vazduhu i brzine kretanja vazduha. Zone konfora date su na grafikonu sl. 1. Richtchel^{*)} postavlja granice date u tablici 2.

U ovom razmatranju mi usvajamo graniče ASVE-a, odnosno t_{ef} , jer su efektivnom

smatranom mestu i omogućuje maksimalno moguću objektivnost kod analitičke procene. Svi podaci se tri puta mere i uzima se srednja vrednost.

Učestalost merenja zavisi od intenziteta promena koje nastaju, ili mogu nastati u nekom vremenskom intervalu.

U kartonu 2 dato je objašnjenje (ključ) za određivanje pojedinih veličina kod obrade kartona 1 i 3. Usvojeni ključ je odabran konvencionalno i može se, zavisno od željenog



Sl. 1 — Efektivna temperatura po Am. Soc. H. Vent.

Abb. 1 — Effektive Temperatur nach dem Am. Soc. H. Vent.

temperaturom obuhvaćeni glavni faktori koji utiču na klimatske prilike, kao i radi toga, što su po našem mišljenju postavljene graniće realne i odgovaraju najširim prilikama.

Ovakva utvrđena slika stanja štetnih veličina prikazuje stanje radne sredine na po-

kriterijuma, menjati. Objektivnu ocenu mogu dati medicinske ustanove za svaki pojedinačni slučaj.

Granice kretanja aproksimitivne produktivnosti determinisane su na bazi elemenata prikazanih u tabličnim pregledima i odre-

Tablica 2

Zone ugodnosti	Brzina kretanja vazduha u m/sek							
	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1 —	1,2
	temperatura °C							
Gornja granica	22—	22,6	23,75	25,3	26,2	26,9	27,4	27,8
Najveća ugodnost	18,8	19—	19,5	21—	22—	22,9	23,5	24—
Donja granica	15,9	16—	16,30	17,4	18,4	19,2	19,9	20,5

^{*)} Richtchel »Heitzung und Lüftung«

đuju se analitičkom procenom. Procenu (kategorizaciju) radnih mesta na bazi elemenata datih u kartonu 1, odnosno kartonu 3, vrši stručna služba praćenja radne sredine.

Poželjno je da u ovoj proceni učestvuju i sledeća lica:

- referent HTZ, pogona na kome se vrši kategorizacija radnih mesta prema radnim uslovima,
- lekar (po mogućству specijalista za medicinu rada),
- predstavnik organa radničkog samoupravljanja pogona (po mogućству lice iz nadzorno tehničke službe).

Prilikom ocene uslova na radnom mestu, referent HTZ odnosnog pogona posmatra pojedine štetne elemente sa aspekta kvaliteta lične i kolektivne zaštite primenjene na radnim mestima, upoznaje sa istim ostale članove, a svoju ocenu o kategorizaciji radnih mesta predlaže na bazi prethodno izmerenih veličina.

Lekar iz sektora HTZ, ocenjuje radna mesta, na bazi analiza štetnog delovanja pojedinih elemenata po priloženoj šemi (karton 2).

Organ radničkog samoupravljanja odnosnog pogona vrši kategorizaciju radnih mesta na bazi mernih elemenata, s tim, što svoju ocenu upotpunjuje posmatranjem elemenata i sa aspekta težine rada na radnom mestu vremena izloženosti radnika delovanju pojedinih vrsta štetnosti, i na kraju i sa aspekta stepena primenjene kolektivne i lične zaštite. Ocena stepena opasnosti ne vrši se samo za pojedina radna mesta, već se putem prosečnih vrednosti može dobijati kumulativno (po vrstama štetnosti) opasnost pogona. Preko ovog kartona se može dobiti i prosečna produktivnost rada koja se može očekivati u odnosnom pogonu, u funkciji radnih uslova. Zbirni kartoni svih pogona daju prosečan intenzitet štetnosti i prosečnu produktivnost zajednica, radna jedinica — pogon — preduzeće.

Kod određivanja ukupnog stepena opasnosti treba uvek imati u vidu da su podaci dati u kartonu 1 i 3, snimljene veličine koje realno odražavaju stanje na posmatranom radnom mestu. Oni su osnova analitičke procene, dok je karton 2 pomoćno sredstvo uvedeno samo radi sistematizacije ocenjivanja. Zbirni stepen opasnosti može poslužiti samo

kao orijentaciona veličina kod kumulativne opasnosti. I u slučajevima zbirnog stepena, stanje se ipak može proglašiti »kritičnim«, ukoliko je intenzitet štetnog delovanja jedne štetnosti jako izražen (više puta prelazi dozvoljenu koncentraciju), a sistem zaštite nije adekvatan. Ove vrednosti treba obeležavati simbolom III,* što će ukazivati na potrebu primene najoštrijeg kriterija.

Iako određivanje stepena opasnosti ima mnogo subjektivnih elemenata, egzaktno snimljeni uslovni pokazatelji obezbediće uskladivanje subjektivnih ocena i dati realnu sliku o nađenom stanju.

Izrada ličnog kartona uslova rada na radnom mestu (karton 5)

Lični karton uslova rada na radnom mestu

Ime i prezime
Mesto rada
Dominantne štetnosti
Vreme provedeno na radnom mestu
od do
kvalifikacija (stvarna) potrebna
Skraćeno radno vreme
Datum i mesto izdavanja kart.

pog. ref. HTZ-a

Ovaj karton se izrađuje u tri boje:

- plavi karton za radna mesta sa normalnim radnim uslovima (potpuna zaštita),
- zeleni karton za radna mesta sa nepotpunom zaštitom, i
- crveni karton, za radna mesta sa kritičnim radnim uslovima.

Lični karton se popunjava podacima iz kartona 3. Svrha ovog kartona je, da na pregledan način da sliku o broju ugroženih radnika u pojedinim pogonima ili organizacionim jedinicama.

Izrada ličnog kartona, uslova na radnom mestu, može da posluži i u sledeće svrhe:

- za zdravstvenu kontrolu radnika,
- za medicinsko-tehničku preventivu,
- za investicije u ličnu i kolektivnu zaštitu.
- za regulisanje dužine radnog vremena po radnim mestima,
- za kontrolu i utvrđivanje uzroka i izvora invaliditeta i profesionalnih oboljenja,
- za pružanje raznih vidova socijalne pomoći,
- za rešenja stambenog problema, davanja godišnjeg odmora, plaćenog odsustva itd.,
- za nagrađivanja svih vrsta,
- za kontrolna ispitivanja inspekcijskih službi,
- za interne inspekcione kontrole,
- za brže sagledavanje stanja uslova rada po radnim mestima, pogonima itd.,
- za regulisanje obaveza, na relaciji preduzeće — zajednica,
- za premiranje osiguranja kod DOZ-a,
- za premeštanje radnika po radnim mestima,
- za rekonstrukcije postojećih i projektovanja novih postrojenja.

Analize na bazi podataka sadržanih u ovom kartonu mogu se vrlo brzo dobiti primenom mehanografskih sredstava rada.

Dati predlog kompleksne analitičke procene uticaja radne sredine na mogućnost rada predstavlja pokušaj evidentiranog sagledavanja štetnog delovanja i primenjene zaštite. Predlog, bi trebalo dateljno proučiti u zajednici sa ostalim nadležnim ustanovama koje se bave ovom problematikom (Institut za medicinu rada) i nakon toga dati završnu verziju metodologija praćenja. Punu afirmaciju dostigla bi ova metoda pri obaveznoj primeni na celoj teritoriji SFRJ. Običnim sabiranjem ličnih kartona uslova rada (npr. crvenih kartona, koji pokazuju najveći stepen ugroženosti), možemo dobiti preglednu sliku o broju ugroženih radnika po granama delatnosti kako za Republike tako i za celu SFRJ. Kretanjem broja crvenih, odnosno zelenih i plavih kartona pokazaćemo smer kretanja zaštite po godinama, odnosno postignuti uspeh kako na polju lične, tako i kolektivne zaštite. Na ovaj način omogućila bi se kategorizacija svih srodnih grana industrije SFRJ po stepenu opasnosti.

Ukoliko bi se kompletna analitička ocena uticaja radne sredine na mogućnost rada poverila nadležnim specijalizovanim služba-

ma naučno-istraživačkim ustanovama i zavela kao obavezan rad, dobila bi se daleko objektivnija slika stanja.

U pogonskim uslovima trebalo bi organizovati adekvatne službe koje bi operativno pratile stanje i nakon bitnijih promena, postavljale zahtev da im se smanji broj crvenih kartona, odnosno izvrši prekategorizacija pojedinih radnih mesta, a samim tim i preduzeća kao celine.

Iz izloženog materijala vidi se, da uslovi rada po radnim mestima mogu biti veoma nepovoljni i da je bez sumnje njihov uticaj na produktivnost rada veliki.

Dosadašnje organizacije službi HTZ, program i metodologije njihovog rada, nisu bili na potrebnom nivou za uspešno savlađivanje problematike, kao što je higijensko-tehnička zaštita radnika pri radu i njena preventiva.

Zakonski propisi obavezuju sva privredna preduzeća, da na svim radnim mestima trajno i bezuslovno obezbeđuju normalnu radnu atmosferu, koja se mora sistematski i egzaktно kontrolisati od strane naznačene službe.

Predložena metodologija pruža mogućnost nadležnim organizacijama da ostvare takvo praćenje uslova rada i obezbeđuju potpuno sagledavanje problematike, koja se odnosi na radnu sredinu. Pored onoga što je navedeno za korisnost podataka sadržanih u ličnom kartonu, ova metoda pruža još i sledeće mogućnosti:

- tačno evidentiranje stanja radnih uslova, po svim elementima štetnosti i to, kako za radna mesta pojedinačno, tako i za ceo pogon prosečno, kao i za veće radne jedinice (preduzeća) kao celinu;
- dobijanje tačne, brze i sveobuhvatne analize radnih uslova kao i njihovu funkcionalnu vezu sa produktivnošću rada;
- vođenje jedne generalne politike poboljšanja radnih uslova;
- uvođenje boljeg i pravednijeg sistema nagrađivanja radnika i sa aspekta težine, odnosno uslova na radu;
- sprovođenje kvalitetnijih mera medicinsko-tehničke preventive i zaštite;
- uvid u stanje uslova rada, kao i primenjene zaštite od strane nadležnih inspektorata i drugih organa uprave, kao i lokalnih medicinskih službi i institucija koje se bave problemom zaštite na radu, u

- cilju preduzimanja odgovarajućih mera preventive i zaštite od strane istih;
- indirektno sagledavanje uzročnih veza između uslova rada i stepena produktivnosti, radi preduzimanja mera u tom pravcu;
 - pravilnije i pravednije rešenje problema vezanih za socijalna davanja, pomoći razne vrste (plaćeni odmori, skraćeno radno vreme, jednokratne pomoći, dodela stanova, obezbeđenje toplog obroka, i to me slično);
 - pravilnije raspoređivanje radnika po radnim mestima;
 - davanja boljeg sadržaja rada društveno-političkim organizacijama u rudniku (sindikalnoj organizaciji i organizaciji SK);
 - veće aktiviranje odgovarajućih službi i organa rukovođenja u otklanjanju uzroka slabe produktivnosti rada;
 - sem izvanrednih mogućnosti sagledavanja interne situacije, ova metodologija pruža mogućnost generalnog praćenja stanja zaštite po Republikama i celoj SFRJ prema srodnim delatnostima, pa čak i različitim, pošto su štetnosti svede-

ne na zajednički imenitelj (crveni, odnosno zeleni i plavi karton). Na osnovu ovih podataka moguća je univerzalna kategorizacija svih industrijskih preduzeća posmatranih sa ovog aspekta.

Predložena metodologija ocene stepena opasnosti radnog mesta obezbeđuje punu primenu sredstava automatizacije u prikupljanju podataka, kao i mogućnost dobijanja velikog broja analiza i pregleda koji se odnose na radne uslove, zaštitu i produktivnost na radu za vrlo kratko vreme, što obezbeđuje operativnom ručkovodstvu i višim instancama, brzo donošenje adekvatnih odluka.

Metodologija koja se predlaže u suštini je naučno postavljena pošto u sebi objedinjuje elemente koji se egzaktno mere i brojno iskazuju, a na osnovu kojih se analitičkom procenom vrši stručna ocena izmerenih rezultata. Metodologija bazira na pozitivnim propisima našeg radnog zakonodavstva i propisa koji se odnose na zaštitu na radu, koristeći pri tome pozitivne elemente propisa drugih industrijskih naprednih zemalja, kao i dostignuća na polju zaštite na radu.

ZUSAMMENFASSUNG

Über gewisse Faktoren in der Arbeitsmitte die auf die Physiologie und Produktivität der Arbeit einwirken

Prof. ing. B. Jokanović — dipl. ing I. Ahel*)

Es werden die grundlegenden Parameter der Arbeitsmitte besprochen, die auf die Arbeitsmöglichkeit, Dauer und Intensität der Arbeit einwirken, wenn die Arbeitsmitte nicht den normenmäßig zufriedenstellenden Bedingungen entspricht.

Es wurde versucht die »Gesamthäufigkeit« am Arbeitsort zu geben, und zwar auf Grund genau gemessener Größen, die systematisch festgestellt wurden und die der gegebenen Methodologie nach interpretiert wurden.

Die im Vorliegenden gegebene Methodologie stellt, in Bezug auf die Lösung des angeführten Problems — das bisher nicht definiert und in der Praxis frei interpretiert wurde — einen neueingeschlagenen Weg dar.

*) Prof. ing. B. Jokanović, direktor nauč. razvoja Zavoda za ventilaciju i teh. zaštitu Rudarskog instituta, Beograd (Zemun).
Dipl. ing. I. Ahel, saradnik Zavoda za ventilaciju i teh. zaštitu Rudarskog instituta, Beograd (Zemun).

Industrijski značaj poznavanja karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine

(sa 5 slika)

Dipl. ing. Gvozden Jovanović — dipl. hem. Branka Vukanović
— viši teh. Ana Golić

Ugljena prašina kao izvor potencijalne opasnosti od samozapaljenja

Nataložena ugljena prašina u procesu dobijanja i transporta uglja, kao i u postupcima njegove pripreme, prerade i potrošnje, predstavlja rastuću latentnu opasnost od samozapaljenja, paljenja i eventualne eksplozije. Značaj ove opasnosti je tim veći, što je veći stepen mehanizovanosti tehnološkog tretiranja uglja. U takvim uslovima postoje povoljne mogućnosti za stvaranje i izdvajanje fine prašine, kao i uslovi za stvaranje opasnih izvora topote.

Požari nastali samozapaljenjem nataložene ugljene prašine karakteristično su opasni po tome, što se do rasplamsavanja razvijaju nezapaženo, tj. prašina tinja u dubini nataloženog sloja uz minimalnu potrebu za kiseonikom i sa izdvajanjem veoma malih količina gasova. Proces gorenja se lagano razvija pod filmom tamne površine sloja i preasta u plamen tek kad dođe u dodir sa drugim zapaljivim materijalima kao što su: hartija, drvo, guma, ulje i sl. Proces gorenja prašine može da bude neprimetan i više desetina časova, što pruža mogućnost da se prenošenjem gorenja na druge zapaljive materijale, razvija požar katastrofalnih razmara.

Najteži slučaj nastaje, ako zapaljenu prašinu karakterišu i eksplozivna svojstva, i ako se nepravilnom intervencijom pri suzbijanju

požara, stvara oblak prašine sposoban da u povoljnoj suspenziji sistema lebdeća ugljena prašina-vazduh, eksplodira. Ovaj slučaj redovno prati ne samo materijalna šteta, već i ljudske žrtve.

Opasnosti od samozapaljenja ugljene prašine na zagrejanim površinama, te time i opasnosti od razvijanja požara, proističu iz činjenice da se nataloženi sloj ugljene prašine u ovim toplotnim uslovima javlja kao delimičan toplotni izolator, čime sprečava odvođenje topote koja se razvija na zagrejanoj površini. Porast temperature i slabo odvođenje topote iz nataloženog sloja prašine, prouzrokuje njenu akumulaciju, što rezultira ka pojačanoj oksidaciji i užarenju prašine i na kraju dovodi do njenog paljenja.

Brzina razvijanja procesa užarenja prašine, osim od prirodnih svojstava prašine i karakteristika primarnog izvora topote, zavisi i od karakteristike sredine u kojoj se termički proces razvija tj., da li se proces odvija u otvorenom ili zatvorenom temperaturnom polju. Karakteristika otvorenog temperaturnog polja je da u njemu temperatura opada sa udaljavanjem pojedinih tačaka polja od zagrejanog sloja nataložene prašine, dok kod zatvorenog temperaturnog polja između pojedinih tačaka u vazdušnom prostoru iznad vruće površine ne postoji bitna temperaturna razlika.

Praktičnih pojava opisanih opasnosti od samozapaljenja nataložene ugljene prašine na zagrejanim površinama, kao i opisanih termičkih karakteristika sredine u kojoj se prašina nalazi, u industrijskoj praksi ima mnogo, te ističemo samo neke.

Pogonske glave kontinuelnih transportera redovno su prekrivene najsitnim frakcijama uglja. U ovim uslovima hlađenje pogonskih motora i pokretnih mehaničkih delova pogona (reduktori, spojnice i dr.) se ne vrši, a stvorena toplota se akumulira u nataloženom sloju prašine, zbog čega je često zagrejana a u odsustvu pravovremene kontrole i pravovremenog odstranjivanja prašine susreću se i užarena jezgra.

Pri eksploataciji uglja slične pojave imamo i kod drugih mašina radilica i energetskih instalacija koje normalno ili pod nenormalnim okolnostima razvijaju toplotu, a nataložena prašina je prisutna na njihovim površinama ili u njihovoј unutrašnjosti (unutrašnjost kućišta el. motora, kompresori, električni kablovi, transformatori, neispravni valjci gumenih transportnih traka i dr.).

Akumulacija toplote do kritičnog stadijuma užarenja u nataloženom sloju prašine objašnjava se prirodnom sklonošću nataloženog sloja prašine ka samozapaljenju i visokim temperaturama koje se mogu razviti na površinama taloženja prašine (na površinama neispravnih i nedovoljno podmazivanih reduktora mogu se razviti i temperature do 300°C, a na el. provodnicima u slučaju njihovog preopterećenja može se razviti temperatura i do 200°C itd).

Iste opasnosti samozapaljenja nataloženog sloja ugljene prašine se susreću u postupcima tehnološke pripreme, prerade i potrošnje uglja, s tim, što se u ovim slučajevima moraju istaći i posebne opasnosti kao što su: samozapaljenje prašine u bunkerima za hlađenje sušenog uglja, samozapaljenje prašine nataložene na kućištima autoklava i površinama cevovoda sa pregrejanom parom (sušare), samozapaljenje ugljene prašine u postupku cevovodnog transportera suvog uglja pomoću toplog fluida, samozapaljenje ugljene prašine u postupcima usitnjavanja uglja u mlinovima (npr. u postupku pripreme uglja za upotrebu u ložištima sa ubrizgavanjem ugljene prašine) i dr.

Stepen izučenosti problematike u istraživačkoj praksi u svetu

Autooksidacija nataloženih prašina na površinama sa povišenim temperaturama, a naročito autooksidacija ugljene prašine, u literaturi se javljaju kao malo izučena naučno-stručna disciplina.

Eisner i Shepherd (1954), su istraživali paljenje ugljene prašine izazvano zagrevanjem raznih mehanizama pri radu. Ispitivanja obuhvataju merenje temperature paljenja ugljene prašine sa raznim dodatkom inertne kamene prašine za sprečavanje paljenja, kod raznih zrnovitosti, debljine naslage, a u zavisnosti od sadržaja isparljivih materija. Autori su ustanovili zavisnosti minimalne temperaturne površine ploče koja je dovoljna da izazove paljenje, kao i uticaj visine naslage prašine na brzinu paljenja.

Istraživanja Cohen i Lufta (1955.) su utoliko interesantna, što su oni istraživali samozapaljivosti prašine na vrućim površinama proširili na veliki broj organskih i neorganskih prašina kao npr:

- organske prašine: ugalj, koks, brašno, šećer, kakao i dr.
- neorganske prašine: aluminijum, magnijum, gvožđe, olovo, cink, piritni sumpor i dr.

Oni su istraživanjem dokazali da se prema načinu paljenja mogu razlikovati četiri vrste paljenja nataložene prašine, i to:

- tip A: prašina se topi i pali plamenom (sumpor),
- tip B: prašina se raspada i pali plamenom (suva drvena pilotina),
- tip C: prašina tinja (ugalj),
- tip D: prašina se ne pali (koksi).

Isti autori su takođe došli do zaključka da brzina paljenja prašine zavisi od veličine prečnika zrna, brzine strujanja vazduha i temperature zagrejane ploče.

Problematiku opasnosti od samozapaljenja ugljene prašine na izolacijama električnih kablova ispitivao je Lison (1951.). Ispitivanja su pokazala da što je deblji sloj prašine (u granicama od 3 — 13 mm) utočilo je bila potrebna niža temperatura da izazove paljenje nataložene prašine. Iz zaključaka ovih istraživanja proistekli su standardi o maksimalno dozvoljenoj temperaturi ko-

ja se sme razviti na izolacionim površinama električnih provodnika.

Ispitujući prašine nemačkih mrkih ugljeva Hanel je 1951. utvrdio, da će se na površini zagrejanoj na temperaturi većoj od 150°C upaliti prašina svakog mrkog uglja. Vreme za koje će doći do paljenja zavisi od vrste uglja, granulometrijskog sastava prašine i debljine nataloženog sloja.

Navedeni autori, kao i drugi koje nismo istakli, imali su za cilj da odrede temperaturu i vreme paljenja pojedinih vrsta prašina na povišenim temperaturama za ugljeve svojih zemalja. Rezultati istraživanja stoga imaju specifičan karakter i odnose se na specifične prirodne osobine ugljenih slojeva i specifične uslove nezavisno usmeravanih istraživanja.

Uticaj fizičko-hemijskih osobina nataložene ugljene prašine na brzinu autooksidacije i hemizam procesa samozapaljenja

Značajni faktori mikromorfoloških pokazatelja u pogledu samozapaljivosti prašina su njihove fizičke i hemijske karakteristike.

Od fizičkih karakteristika najveći uticaj na samozapaljivost imaju: sposobnost nataloženog sloja da propušta vazduh, oblik zrna, granulometrijski sastav prašine i sposobnost sprovodenja topote.

Uticaj hemijskih karakteristika ugljene prašine na njen samozapaljenje u nataloženom stanju u naučnoj praksi, danas je diferencirano malo objašnjeno, što potvrđuju i naša istraživanja. Izgleda da sadržaj vlage i isparljivih materija imaju najveći praktični značaj.

Zavisno od stepena poroznosti, nataloženi sloj prašine sadrži manju ili veću količinu vazduha neophodnu za početak autooksidacije. Redovno, ova količina vazduha nije dovoljna da omogući brzo sagorevanje prašine. Proces autooksidacije se stoga odvija sporo, ali sa intenzitetom dovoljnim da usled zagrevanja sredine izazove laganu izmenu vazduha, tj. da topao vazduh izlazi iz sloja prašine ustupajući mesto svežem vazduhu.

Stalno dovođenje svežeg vazduha i prispevi kiseonik, u uslovima sporog odvođenja topote, intenziviraju autooksidaciju koja se razvija utoliko brže, ukoliko je ugljena prašina sitnija — rastresitija, a naročito ako je prašina nataložena na površini izvora topote,

čija je temperatura veća od temperature okoline.

U slojevima nataložene ugljene prašine od nekoliko mm, strujanje svežeg vazduha je neznatno, te se može zanemariti. Zbog toga se užarena jezgra u takvim slučajevima javlja na rubovima nataložene ugljene prašine. Međutim, kod debljih naslaga kretanje toplog vazduha na gore dovodi do većeg prilivu O₂, odozdo, te se i žarište širi iz središta prema vani.

Metodologija određivanja brzine autooksidacije u funkciji vremena

Laboratorijski uređaji

U svetskoj naučno-istraživačkoj praksi se primenjuje više metoda za određivanje autooksidacije nataloženih ugljenih prašina. Početna istraživanja vršena su jednostavno, na taj način što je na metalnu ploču na kojoj se nalazila ugljena prašina dovođen spoljni izvor topote (užareno jezgro) i određivano vreme za koje će se prašina zapaliti. Kasnija istraživanja vršena su pomoću grejača sa metalnom pločom. U novije vreme više autora je pokušalo da se približi prirodnim uslovima autooksidacije ugljene prašine, te su konstruisane različite aparature u kojima se vrše istraživanja.

Analizirajući uslove radne sredine u domaćoj proizvodnji, preradi i potrošnji uglja i uzimajući u obzir fizičko-hemijske karakteristike naših ugljenih prašina, program naših istraživanja smo usmerili u pravcu razvijanja takvih laboratorijskih uređaja koji omogućavaju da se karakteristika samozapaljivosti nataložene prašine definiše ne samo u zavisnosti od fizičko-hemijskih karakteristika prašine i jačine spoljnog izvora topote, već i od karakteristika sredine u kojoj se termički proces odvija. Ovakav, unapred postavljeni zahtev doveo je do razvoja više tipova sopstvenih konstrukcija laboratorijskih uređaja, namenjenih:

- određivanju brzine autooksidacije nataložene prašine u otvorenom temperaturnom polju (sl. 1),
- određivanju brzine autooksidacije nataložene prašine u zatvorenom temperaturnom polju (sl. 2), i
- određivanju brzine autooksidacije nataložene prašine u zagrejanom fluidu (sl. 3).

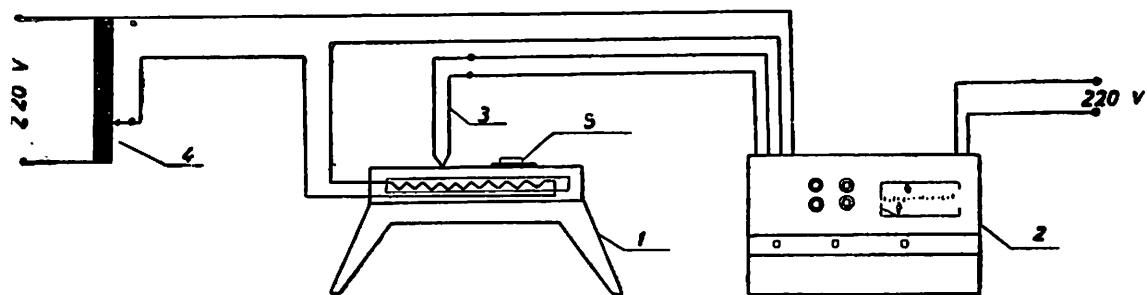
Zajednička karakteristika svih navedenih uređaja je da se sastoje iz dva, električki povezana dela. U jednom se nalazi električni izvor toplote (grejač) i prsten za oblikovanje uzorka nataložene prašine, a u drugom komandni pult sa termoelektričnim regulacionim i registrirajućim uređajima. Ostale osobenosti pojedinih konstrukcija odgovaraju potrebama obezbeđenja različitih karakteristika radne sredine u kojoj treba da se termički proces odvija, kako je to unapred zadatkom bilo postavljeno.

Promena jačine izvora toplote (grejača), vrši se promenom električnog napona posredstvom regulacionog transformatora.

Komandni uređaj je konstruisan tako da se u granicama od 80 — 600°C, obrtanjem naročito za to ugrađenog zavrtnja, može odabratи željena temperatura na površini grejača.

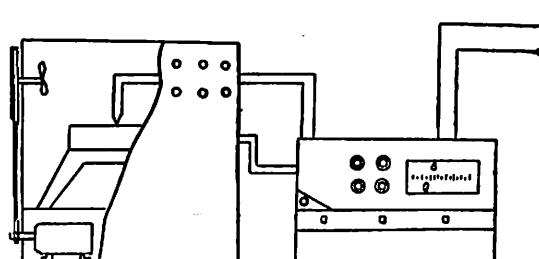
Priprema uzorka i metoda ispitivanja karakteristike samozapaljivosti nataložene prašine u otvorenom i zatvorenom temperaturnom polju

Ispitivanje karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine se vrši na uzorcima uzetim iz industrijskih uslova taloženja prašine ili na laboratorijskim uzorcima prašine pripremljenim iz prosečnog uzorka



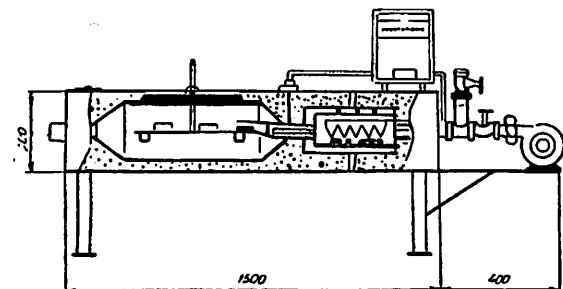
Sl. 1 — Šematski prikaz laboratorijskog uređaja za utvrđivanje karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine u otvorenom temperaturnom polju
1 — grejač; 2 — uređaj za merenje i regulaciju temperature; 3 — termoelement Fe-const; 4 — varjak; 5 — uzorak.

Fig. 1 — Schéma de l'installation dans la laboratoire pour la détermination des caractéristiques d'auto-allumage de la poussière déposée dans un champs de température libre 1 — réchaud électrique; 2 — système de mesure et de réglage de température; 3 — thermocouple Fe-Const; — transformateur de courant réglable (6,6A); 5 — échantillon.



Sl. 2 — Šematski prikaz laboratorijskog uređaja za utvrđivanje karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine u zatvorenom temperaturnom polju.

Fig. 2 — Schéma de l'installation, dans le laboratoire, pour la détermination des caractéristiques d'auto-allumage de la poussière déposée, dans un champs de température-clos.



Sl. 3 — Šematski prikaz laboratorijskog uređaja za utvrđivanje karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine u zagrejanom fluidu.

Fig. 3 — Schéma de l'installation dans le laboratoire pour la détermination des caractéristiques d'auto-allumage de la poussière déposée, dans un fluide chauffé.

Grejač ima dve bitne funkcije: jedna je da razvija toplotu potrebnu za sloj ugljene prašine, a druga da daje temperaturni signal preko termoelementa. Ovaj signal se uvodi u instrument za merenje i regulaciju tempe-

rtature. Laboratorijska priprema uzorka prašine iz prosečnog ugljenog sloja se vrši na krupnoću manju od 100 mikrona, s obzirom da brojna ispitivanja pokazuju, da se u industrijskim uslovima fina ugljena

prašina taloži takođe u krupnoći ispod 100 mikrona (izuzev ako se taloženje vrši u neposrednoj blizini izvora stvaranja prašine u kom slučaju se radi o prašini veće krupnoće).

Pripremljeni uzorak prašine se stavlja u prsten ϕ 55 mm, koji je smešten na grejnog tela uređaja. Visina uzorka nataložene prašine u prstenu se menja u toku ispitivanja i iznosi 5 — 20 mm. Pri odabranoj konstantnoj temperaturi izvora topote, od momenta stavljanja ugljene prašine na grejno telo, do pojave užarenog jezgra meri se vreme za koje se prašina zapali. Ukoliko se užareno jezgro ne pojavi za 90 minuta, ogled se ponavlja, s tim što se prethodno odabrana konstantna temperatura grejnog tela kod navedenih optira sukladno poveća za 10°C .

Istraživanja se nastavljaju sve dok se ne pronađe ona temperatura na kojoj se uzorak optne debljine užari za vreme manje od 90 minuta.

Rezultati istraživanja karakteristika samozapaljivosti za nataložene ugljene prašine domaćih ugljeva

Početna ispitivanja vršena na jednostavnoj aparaturi, koja se sastojala od grejnog tela, para termoelemenata i jednog kliznog transformatora, dala su rezultate na osnovu kojih su konstruisane aparature opisane u prethodnom poglavlju. Njihove konstrukcije, a naročito ugrađena merno-registrirajuća grupa, omogućile su provođenje istraživanja u uslovima vrlo bliskim uslovima radne sredi-

ne i karakteristikama procesa autooksidacije.

Iz do sada brojno sprovedenih istraživanja karakteristika samozapaljivosti nataložene ugljene prašine u otvorenom temperaturnom polju, u daljem izlaganju prikazaćemo dobijene rezultate za neke karakteristično izdvojene uzorce prašine kamenih, mrkih i lignitskih ugljeva. Analiziranim uzorcima R—1, P—1 i U—1, ispitivana je prašina kamenih ugljeva, uzorcima BS—1, AM—4, ZS—1, KF—1 i BG—2 prašina mrkih ugljeva, a uzorkom KO—3 prašina lignitskog uglja.

U tablici 1 dati su rezultati hemijskih analiza i kritične temperature paljenja prašine u struji vazduha za izabrane karakteristične uzorce.

U tablici 2 prikazani su rezultati ispitivanja brzine samozapaljenja nataložene ugljene prašine za slojeve visine od 5 i 10 mm.

Na osnovu podataka prikazanih u tablici 2, izrađene su karakteristične krive samozapaljivosti koje karakterišu razvoj procesa samozapaljenja ispitivanih uzoraka prašine i prikazani su na slikama 4 i 5.

Da bi preglednost bila veća karakteristične krive samozapaljenja za sve uzorce ispitivanih prašina date su odvojeno za slojeve od 5 i 10 mm.

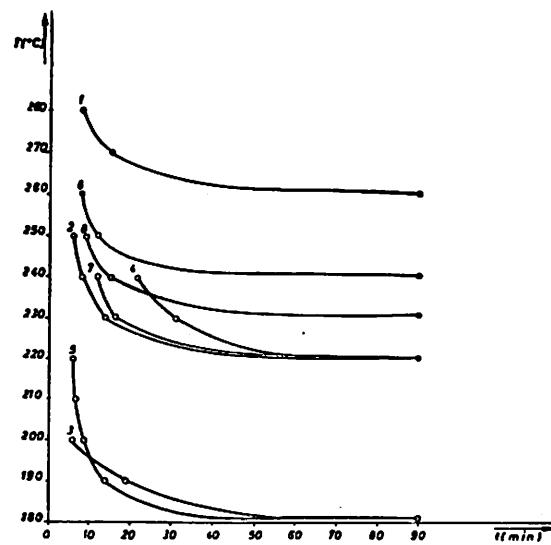
Uočljivo je, da se prašine pojedinih naših ugljeva u slojevima od po 5 i 10 mm vrlo lako pale, bez obzira na vrstu uglja.

Od ispitivanih uzoraka koji su prikazani u tablici 2, samo se uzorak R—1 nije zapa-

Tablica 1

	Vlaža %	Pepeo %	Ispar. materije %	Pepeo %	Ispar. mater. %	Sump. sagor. %	CO ₂ %	Ispar. mat. bez vlage i pepela %	Kritična temp. paljenja °C	
									bez vлаге	
R—1	3,71	27,49	14,14	28,55	14,68	7,78	0,89	20,55	400	
P—1	8,63	13,01	35,81	14,24	39,19	6,85	0,26	45,70	322	
U—1	4,06	29,29	33,81	30,53	35,24	2,94	0,31	50,73	289	
BS—1	12,10	33,78	31,77	38,43	36,14	0,48	7,68	58,70	253	
AM—4	15,55	19,03	30,59	22,53	36,22	3,32	0,34	46,76	259	
ZS—1	14,90	16,64	36,33	19,56	42,70	2,35	2,02	53,08	293	
KF—1	24,34	19,88	28,98	26,28	38,31	4,78	0,21	51,96	294	
BG—2	16,36	17,27	31,04	20,65	37,11	2,94	2,03	46,77	282	
KO—3	23,80	13,19	36,18	17,31	47,47	0,11	3,75	57,41	—	

lio na maksimalnoj opitnoj temperaturi od 350°C za vreme od 90 minuta.

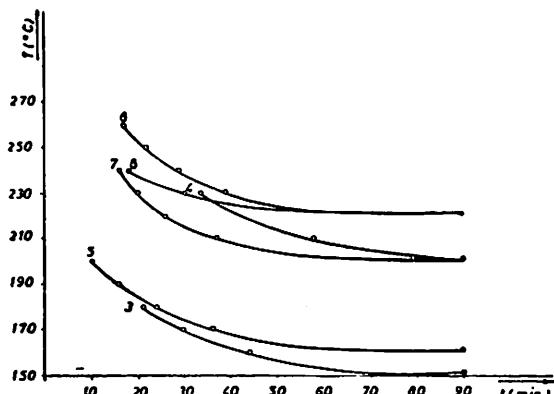


Sl. 4 — Karakteristične krive samozapaljivosti nataložene ugljene prašine (debljina sloja 5 mm).
1 — P—1; 2 — U—1; 3 — BS—1; 4 — AM; 5 — ZS—1;
6 — KF—1; 7 — BG—2; 8 — KO—3.

Fig. 4 — Courbes caractéristiques d'auto-allumage se rapportant à la poussière de charbon déposée (épaisseur de la couche 5 mm.)

Uzorci U—1 i P—1 zapalili su se na temperaturi od 230°C za 14 minuta, odnosno na 270°C za 15 minuta.

Uzorci mrkog uglja BS—1, AM—4, ZS—1, KF—1 i BG—2 dali su karakteristične rezultate brzine oksidacije i zapaljenja na raz-



Sl. 5 — Karakteristične krive samozapaljivosti nataložene ugljene prašine (debljina sloja 10 mm).
3 — BS—1; 4 — AM—4; 5 — ZS—1; 6 — KF—1; 7 — BG—2;
8 — KO—3.

Fig. 5. — Courbes caractéristiques d'auto-allumage se rapportant à la poussière de charbon déposée (épaisseur de la couche 10 mm)

Tablica 2

Ispitivani uzorak	Opitna debljina sloja prašine mm	Vreme užarenja sloja (min) pri opitnoj temperaturi $^{\circ}\text{C}$															
		150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
R — 1	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>90
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>90
P — 1	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	15	8
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
U — 1	5	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	14	8	6	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BS — 1	5	—	—	—	>90	19	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	>90	44	30	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AM — 4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	31	21	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	58	33	—	—	—	—	—
ZS — 1	5	—	—	—	>90	14	9	7	6	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	—	>90	36	24	16	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KF — 1	5	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	12	8	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	39	29	22	17	—	—	—
BG — 2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	16	12	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	37	26	20	16	—	—	—
KO — 3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	15	9	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	>90	30	18	—	—	—	—	—

nim temperaturama u istom vremenu. Najkarakterističniji uzorak je BS—1, koji se zapalio u konstantnoj temperaturi od 160°C za 44 minuta. Sloj nataložene prašine iznosio je 10 mm. Isti uzorak, za sloj prašine od 5 mm, zapalio se na 190°C za 19 minuta.

Iz ove serije uzoraka takođe je interesantno ponašanje uzorka ZS—1 koji se zapalio na temperaturi od 170°C za 36 minuta kod nataloženog sloja od 10 mm. Za isti uzorak nataložena ugljena prašina visine 5 mm zapalila se na 190°C kao i uzorak BS—1, samo za kraće vreme tj. za 14 minuta.

Ostali uzorci iz grupe mrkih ugljeva kao što se vidi iz tablice 2 i prikazanih dijagrama, pale se na temperaturama između 210 do 250°C.

Uzorak prašine lignitskog uglja KO—3 nalazi se u granicama samozapaljivosti mrkih ugljeva.

Ispitivani uzorci su pokazali da se nataložena prašina visine 10 mm pali na nižim temperaturama dok se sloj od 5 mm pali na višim temperaturama, ali za kraće vreme.

Autooksidacija je znatno intenzivnija kod sloja nataložene prašine od 10 mm. Rezultat ovoga je i paljenje istog uzorka prašine na nižoj temperaturi.

Upoređenjem hemijskih rezultata istraživanja sa podacima o samozapaljivosti pojedinih uzoraka karakteristično je, da uzorak BS—1, koji je najzapaljiviji, ima sadržaj pepela od 33,78% kao i najveći procenat CO₂ od 7,68%, a da se uzorak KF—1 koji sadrži pepela 19,88% i CO₂ 0,21%, odnosno koji ima povoljnije hemijske karakteristike, pali na znatno višoj temperaturi. Iz ovog i drugih sličnih podataka proizilazi zaključak da se stepen opasnosti od samozapaljenja nataložene prašine ne može definisati isključivo iz rezultat hemijskih analiza. Uzroci samozapaljivosti i intenzitet samozapaljenja nata- ložene prašine na niskim temperaturama re-

zultiraju iz niza komponenti, čiji odlučujući značaj nauka, za sada, nije u stanju da oštros izdvoji.

Zaključak

Sprovedena istraživanja samozapaljivih karakteristika nataloženih slojeva ugljene prašine na vrućim površinama i istraživanja koja su u toku, pokazala su:

- da su u primeru domaćih ugljenih slojeva nataložene prašine mrkih i lignitskih ugljeva lako samozapaljive. Nasuprot tome prašine kamenih ugljeva se teško pale;
- da je prašina većeg broja mrkih ugljeva vrlo opasna u pogledu samozapaljivosti, jer se pali za vrlo kratko vreme i pod dejstvom izvora konstantne topote sa niskim početnim temperaturama od 160°C;
- da najveća potencijalna opasnost od samozapaljenja nataloženog sloja prašine postoji ako debljina sloja iznosi oko 10 mm;
- da je uticaj hemijskih karakteristika ugljene prašine na stepen samozapaljivosti vrlo teško odrediti, pošto je to sklop velikog broja elemenata čiji su uticaji kod iste vrste ugljeva, iz različitih slojeva, različiti;
- da je uticaj fizičkih karakteristika ugljene prašine znatan i odlučujući;
- da je poznавање karakteristike samozapaljivosti nataložene ugljene prašine neophodno kako u postupku projektovanja tehnoloških procesa proizvodnje, prerade i potrošnje uglja, tako i u pogonskim uslovima, čime se pravovremeno mogu izbjeći nepoželjne s obzirom na sigurnost kao i ekonomski posledice, što iz nepoznavanja ove osobnosti ugljenih prašina, mogu da proizadu.

RESUME

L'étude des caractéristiques d'auto-allumage de la poussière de charbon déposée

Dipl. ing. G. Jovanović — dipl. chim. B. Vukanović — tech. sup. Ana Golić*)

La matière dans cet article attire notre attention sur le fait d'auto-allumage, à savoir, des poussières de charbon qui représentent constamment und danger potentiel; il

*) Dipl. ing. Gvozden Jovanović, upravnik zavoda za ventilaciju i teh. zaštitu Rudarskog instituta Beograd (Zemun).

Dipl. hem. B. Vukanović, saradnik Zavoda za ventilaciju i teh. zaštitu Rudarskog instituta Beograd (Zemun).

Viši teh. Ana Golić, Zavod za ventilaciju i teh. zaštitu Rudar. inst. Beograd (Zemun).

s'agit tout particulièrement des poussières qui lors de l'exploitation de charbon, et de traitement de celui ci, se déposent sur les parois chaudes se trouvant dans les installations énergétiques. — Le degré des études faites sur ce sujet y est exposé, brièvement, et un aperçu est présenté se rapportant aux poussières organiques et non organiques, qui sont sujettes à l'auto-allumage, aussi bien qu'un aperçu des qualités, autrement dit des modes d'auto-allumage des susdites poussières.

L'importance des qualités physico-chimiques des poussières de charbon déposées, par rapport à la vitesse d'oxydation, et le chimisme de l'auto-allumage sont également soulignés, aussi bien que la méthodologie de la vitesse d'oxydation en fonction de temps.

Les auteurs terminent par un aperçu des résultats de recherches, obtenus dans le laboratoire, aussi bien par les conclusions se rapportant à la tendance de la poussière déposée, de certains charbons du pays, à l'auto-allumage, ainsi que par la conclusion qui conduit à l'affirmation, que la tendance est la plus prononcée lorsque la couche de la poussière est d'une épaisseur de 10 mm, l'influence des caractéristiques physiques de la poussière de charbon étant alors considérable et décisive. Quant à l'influence des caractéristiques chimiques elle ne peut être déterminnée que difficilement, vu le grand nombre des facteurs qui interviennent et dont les influences sont déjà différentes dans la même qualité de charbon.

Literatura

- Jovanović G., Vukanović B. 1965: Stručni izveštaj o obavljenoj specijalizaciji po temi »Laboratorijsko ispitivanje samozapaljivosti i eksplozivnosti ugljene prašine«, RI. — Beograd.
- Selle, H., 1957: Die chemischen und physikalischen Grundlagen der Verbrennungsvorgänge von Stäuben. — VDI — Berichte Bd. 19 Düsseldorf.
- Selle H., 1957: Die Grundzüge der Experimentalverfahren zur Beurteilung brennbarer Industriestäube. — VDI — Berichte, Bd. 19, Düsseldorf.
- Petrović Lj. 1966: O aparaturi za određivanje karakteristike temperaturne — vremenske zavisnosti laboratorijskog merenja zapaljivosti ugljene prašine. — Rudarski glasnik, br. 2, Beograd.
- Banhegyi M., 1964: Ispitivanje eksplozivnosti ugljene prašine. — Referat održan na Simpozijumu Opasnost od prašine u rudarstvu, Pećuj, 19—21. maj 1964. god.
- Olpinski, W. Milkowski W. 1956: Plenie osadow pylu węglowego. — Prace Głównego Instytutu Górnictwa, Komunikat n° 184, Katowice.



Petrografska sastava uglja kao faktor samozapaljivosti

(sa 5 slika)

Dr ing. Vesimir Veselinović

Uvod

Proučavanjem uticaja petrografske sastave uglja na samozagrevanje, bavio se veliki broj stručnjaka i većina konstatuje različitu sklonost ka oksidaciji raznih petrografske vrste uglja.

Pored opštih razmatranja o petrografske sastave uglja kao faktoru samozapaljivosti, autor iznosi primere o svojim ispitivanjima i zapažanjima, kojim potkrepljuje teoretska objašnjenja i tumačenja.

Kada se razmatra uticaj petrografske sastave potrebno ga je razmatrati prvenstveno u sklopu sa fizičko-mehaničkim osobinama uglja. Pri tome ne treba isključiti razmatranja o njegovom uzajamnom dejstvu sa drugim faktorima, kao sa jamskim i otkopnim pritiskom, pojavama proslojaka i umeštaka u ugljenom sloju, sa uticajem pirita, markazita itd.

Proučavanju petrografske sastave uglja treba pokloniti posebnu pažnju, jer on kao prirodni faktor može često, u grupi faktora, imati presudnu ulogu kod nastajanja endogenih požara uglja.

Opšta razmatranja o uticaju petrografske sastave uglja na samozagrevanje i samozapaljivost uglja

Istraživanja samozapaljivosti uglja raznih petrografske sastava, vršena na različitim temperaturama i u određenim razmaci-

ma vremena, pokazala su da razne vrste uglja različito apsorbuju kiseonik.

Na nižim temperaturama, tj. kada preovlađuju procesi adsorpcije, najintenzivnije upija kiseonik fuzit, pogotovo ako mu je sačuvana vlaknasta i čelijska struktura i ako sadrži mala uključenja pirita. Po mišljenju nekih istraživača, posebno skloni samozapaljivosti su ugljevi koji sadrže mnogo fuzita uklapljenog u vitrit u obliku sočiva i leća, tako da fuzit služi kao »žarište«, odnosno kao centar samozapaljenja, koje se zatim prenosi na ostale petrografske sastojke, a najbrže na vitrit. Prepostavlja se da temperatura stvorena na taj način može izazvati ubrzenu oksidaciju vitrita i povišenje temperature uglja do njegovog kritičnog stanja. Sa povišenjem temperature opada adsorpciona moć fuzita, a povećava se ostalih ingradijenata uglja; zatim se ubrzavaju hemijske reakcije oksidacije. Kod visokih temperatura intenzivnije upija kiseonik vitrit a za njim klarit. Klarit je relativno nižeg stepena ugljefikacije, te je to jedan od razloga njegove veće sklonosti ka procesu oksidacije, a samim tim i dezintegracije. U tablici 1, i na sl. 1, 2 i 3 prikazana je zavisnost količina upijenog kiseonika ($u \text{ cm}^3 \text{ na } 1 \text{ gram goruće mase}$) od petrografskeh ingradijenata uglja, temperature i dužine dejstva na ugalj.

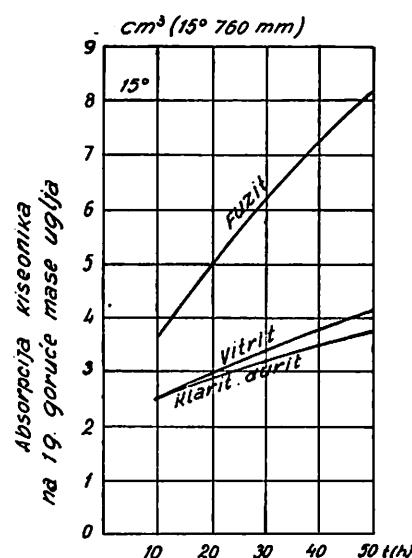
J. A. Žemčužnikov je utvrdio da najjasnije znake raspadanja, lagane oksidacije, od svih petrografskeh vrsta uglja poseduje vitrit. On je postavio hipotezu o nejedna-

koj oksidaciji različitih petrografskeh ingradijenata uglja.

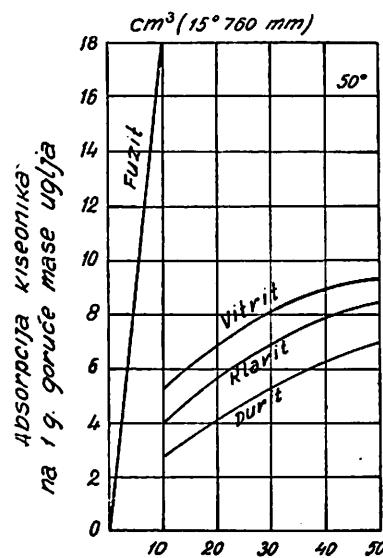
Ispitivanja prof. V. S. Veselovskog pokazuju da petrografska sastav uglja nema uvek uticaja na samozapaljivost uglja, da veću sklonost ka samozapaljenju imaju sjajni ugljevi od mat ugljeva, i čak da u jednom istom preseku ugljenog sloja složene petrostrukture, na raznim mestima u istom prosljaku, sklonost uglja samozapaljenju nije ista; moguće je da je to u vezi sa nejednakom gasopropustljivošću raznih proslojaka. Petar Reska koji je ispitivao uzroke samozapaljenju u jednom austrijskom rudniku mrkog uglja, isključuje njihovu vezu sa petrografske sastavom i piritom, već da je značaj predoksidaciji i topotiti vlaženja.

Allper sa saradnicima je ispitivao petrografska sastav francuskih ugljeva i, po red ostalog, došao je do sledećih zaključaka: da je gubitak u težini pojedinih petrografske sastojaka uglja u funkcionalnoj zavisnosti od temperature, da su osobine macevara u funkciji stepena ugljefikacije i da se sa povećanjem sadržaja isparljivih delova u uglju, povećava njegova specifična težina, a umanjuje sadržaj ugljenika.

Izvesni obrađivači problema samooksidacije uglja izučavali su promene petrografske karakteristike uglja kod oksidacije u prirodnim uslovima, određivanjem sposobnosti refleksije uglja i izvođenjem luminiscentnih analiza, zajedno sa detaljnim mikroskopskim ispitivanjima i makroskopskim opažanjima.



Sl. 1 — Apsorpcija kiseonika kod 15°.
Abb. 1 — Sauerstoffabsorption bei 15°.



Sl. 2 — Apsorpcija kiseonika kod 50°.
Abb. 2 — Sauerstoffabsorption bei 50°.

Tablica 1

Broj	Ingradijenti	Količina upijenog kiseonika cm³ na 1 g goreće mase					
		15 °C		50 °C		100 °C	
		15 čas.	50 čas.	10 čas.	50 čas.	10 čas.	50 čas.
1	Fuzit	3,50	8,30	18,00	—	13,00	31,50
2	Ostali ingradijenti	2,30	3,80	3,87	8,20	18,50	38,50
3	(1) : (2)	1,25	2,18	4,64	—	0,70	0,82
4	Sva masa uglja	2,60	4,90	7,40	—	15,80	36,70

Konstatovana je neravnomernost oksidacije raznih petrografske sastojaka uglja, koja se ogleda u tome, što se komadi neoksidisanog ili malo oksidisanog uglja nalaze usred oksidisanog komada.

Najjaču adsorpcionu moć, pri nižim temperaturama ima fuzit. Ova moć se sa porastom temperature snižava i postaje niža nego kod drugih litotipova uglja. Kod vitrita i klarita sa porastom temperature se povećava i adsorpciona moć, koja je približno ista kod oba litotipa. Pri normalnim uslovima durit ima najnižu adsorpcionu moć.

Ugljevi heterogenog porekla podležu procesima oksidacije sa različitim intenzitetom: najlakše podležu oksidaciji humusni, zatim liptobiolitski i na kraju sapropels i ugljevi. Kod zadnja dva fizičko-mehanički procesi se neznatno odražavaju, a hemijski dosežu i do većih dubina. Humusni ugljevi heterogenog sastava pri oksidaciji podležu jakom fizičko-hemijskom i hemijskom dejstvu.

Prisustvo hidroksida gvožđa u uglju ukazuje na pojavu oksidacije uglja. Počev od površine, po pukotinama u uglju najpre se opaža hidroksid gvožđa tamno-mrke boje. Sa dubinom boja hidroksida gvožđa postaje mrkožuta i žuta, a katkad ima zelene prelive boja različitog intenziteta, što je zavisno od petrografske sastava uglja na kome se nalazi.

Poznavanjem stepena ugljefikacije i petrografske sastave uglja lakše se utvrđuje oksidisanost uglja. Vreme manifestovanja znakova oksidacije nije jedнако za ugljeve različitog stepena ugljefikacije i različitih petrografske sastava.

Mnogi obrađivači uzroka endogenih jamskih požara daju petrografske sastave uglja poseban značaj i svrstavaju ga u grupu najvažnijih i najuticajnijih faktora.

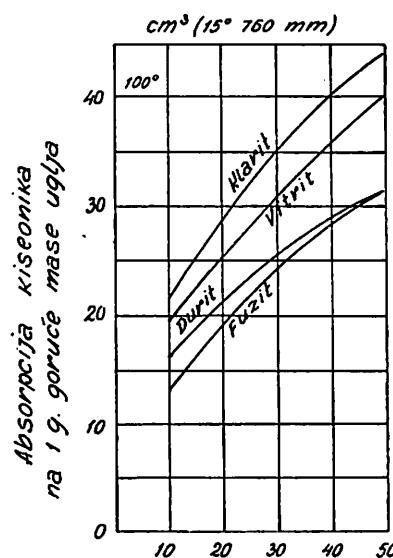
Prema istraživanjima W o l o w c z y k a samozapaljivost uglja raste sa porastom sadržaja higroskopske vlage, ukupnog sumpora, vitrita, klarita i pirita, a opada sa porastom pepela i fuzita. Pored toga ona zavisi od srednje veličine zrna, prave prostorne težine usitnjenoj uglja i od geoloških i rudarskih faktora.

P. R e s k a (1962) uzroke samozapaljenja svrstava u tri grupe: petrografske sastav, fizičko-hemijske i geološko-rudarske faktore.

H o w a r d navodi da su primarne reakcije uglja sa kiseonikom funkcija vrste uglja, površine uglja, temperature, parcijalnog

pritiska kiseonika i vremena trajanja oksidacije.

D a v i s deli faktore, koji utiču na samozapaljivost, na hemijske i fizičke. U hemijskim ubraja fino raspoređeni pirit, vrstu i sastav uglja, uticaj atmosferskih prilika, vlagu, organski sumpor, ozon i bakterije, a u fizičke veličinu i obim površine uglja, vodu, snabdjevanje kiseonikom, temperaturu, gasnosnost, provodljivost i provetravanje.



Sl. 3 — Apsorpcija kiseonika kod 100°.

Abb. 3 — Sauerstoffabsorption bei 100°.

Pojava samozapaljenja uglja zavisi od mnogih faktora; to je veoma kompleksan proces koji zavisi od endogenih hemijsko-fizičkih faktora u uglju, petrografske sastave i egzogenih uslova, odnosno od atmosferskih parametara, geološko-prirodnih i rudarsko-tehničkih faktora.

Vanredna složenost i šarenilo u pogledu hemijskih, fizičkih i petrografske svojstava i sastava uglja, otežava rešenje problema o utvrđivanju sklonosti samozapaljenju raznih ugljeva, odnosno utvrđivanje faktora koji na to utiču.

Na samozagrevanje i samozapaljenje uglja utiču prirodni i tehnički faktori. U prirodne faktore ubrajamo hemijsko-fizičke i geološke faktore. U tehničke faktore ubrajamo rudarske faktore i faktore provertravanja jama. Hemijsko-fizičke osobine uglja i petrografske sastav su endogeni faktori, a atmo-

sferski uticaji, geološki i tehnički uzroci su egzogeni faktori.

Stepen ugljefikacije (karbonizacije) i petrografska sastav uglja karakterišu molekularnu strukturu organskih materija koje čine ugljeni sloj, a zajedno sa mineralnim sastavom i količinom neorganskih materija određuju endogenu raspucalost uglja, tj. učestalost pukotina i prslina, njihovu izdržljivost i rastojanje. Endogena i egzogena raspucalost je različita kod raznih vrsta ugljeva i proslojaka.

Razlika u mehaničkim osobinama pojedinih proslojaka uglja u sloju potpomaže samozapaljenje uglja, a razlika u mehaničkim osobinama u bazenu ima izvestan uticaj na različitu učestalost požara u pojedinim delovima bazena.

Heterogenost petrografskega sastava uglja u bazenu i raznolika zastupljenost klivaza u pojedinim proslojcima uglja, su razlog različite maksimalne dilatacije uglja u sloju.

Ispitivanja, proučavanja i opažanja uticaja petrografskega sastava aleksinačkog uglja na pojavu endogenih požara

Kao primer su uzeti rudnici uglja — Aleksinac, u kojima je autor ovog članka radio i bavio se proučavanjem uticaja petrografskega sastava uglja na samozagrevanje i samozapaljenje uglja i pojavu endogenih požara.

Prva petrografska ispitivanja aleksinačkog uglja izvršio je V. Korošec (1936. god.), a zatim autor ovog rada — 1952. i R. Cvetičanin 1963. godine. Prilikom klasifikacije uglja po petrografskega sastavu sva tri autora, kao i belgijski stručnjaci koji su ranije vodili rudnik, služili su se petrografskega klasifikacijom za kamene ugljeve, s obzirom da mnogi autori ovu klasifikaciju proširuju na sve humusne ugljeve. Rezultate ovih ispitivanja interpretiramo skupno i na osnovu toga donosimo zaključke o uticaju petrografskega sastava uglja na samozagrevanje i na samozapaljenje. Poslednja petrografska ispitivanja izvršio je O. Podgarić 1964. godine.

Fuzit je jedini petrografska sastojak sa skoro konstatnim fizičkim i hemijskim osobinama, počev od lignita do antracita. Homogen je i izrađen najvećim delom od ugljenika, siromašniji je kiseonikom od egzinita; ima visoki sadržaj pepela, a nizak sadržaj

vodonika i vlage. Maceralije su mu fuziniti i semifuziniti. Najčešće postaje od drvenastog tkiva, a ređe od nežnijih delova biljaka, kao lišća i sl. Pretpostavlja se, da je fuzinit nastao od ćelijskih tkiva drveta, koja su pretrpela naizmenično aerobno i anaerobno razlaganje, kao rezultat češćeg otkrivanja površine lignitišta. Fuzit se lako pretvara u prashinu i šupljikav je. Javlja se u sitnim odlomcima ili u sočivima u sjajnom uglju i vitritu. V. Korošec ga nije zapazio, jer je ispitivao ugalj samo iz pogona »Morava«, kod koga su pojave fuzinita i semifuzinita ređe (tada nisu radili pogoni »Dubrava« i »Logorište«), a pored toga njegova zastupljenost se povećava sa dubinom.

Durit čini veći deo sloja aleksinačkog uglja. Posebno je više zastupljen na pogonu »Dubrava«. Mrke je boje i bez sjaja. Zbog svoje veće tvrdoće teže se drobi od vitrita i najtvrdi je petrografska sastojak uglja. Od vitrita sadrži više vodonika i gasa, a manje ugljenika. Prelom mu je školjkast. Manje je sklon samozapaljenju od vitrita i klarita. Osnovna masa durita sastavljena je iz finozrnih delića lupina spora, epiderme lišća, kutikula, peluda. tvrdih kapljica smole okruglog ili duguljastog oblika, smolnih grudvica, sklerocijuma i amorfognog veziva. U njemu se pojavljuju nepravilno raspoređeni umeci klarita i vitrita. Osnovna masa je bez strukture, verovatno zbog visokog stepena raspadanja. Sadrži mineralne primešane sastavljene iz finozrnih glinastih sedimenta koji su se verovatno taložili u vreme postajanja ovog uglja. Nepravilno razbacana zrna glinaste supstance su veličine do 0,2 mm. U osnovnoj ugljenoj masi ređe se sreću umeci gline. Ponekad se sreću zrna kalcita i kremera. Mnogobrojne izdužene kutikule postavljene u smeru slojevitosti, sa glatkom spoljnom i nazubljonom unutrašnjom stranom, možda su uzrok bituminoznosti ovog uglja. Veoma je bogat piritom. Rasprostranjenost piritnih zrna u ugljenoj masi je jednakomerna. Zrna su veličine od 0,01 — 0,1 mm i izgledaju kao svelte tačke u tamnoj osnovi. Piritna zrna se retko nalaze u skupinama. Više puta su kutikule i spore ispunjene piritom.

Pravi duritski ugalj ne sadrži vitritske umetke. Nekad je sastavljen iz atritusa mestimično i sa 75% spora. Tipični predstavnik duritskog uglja je kenelski ugalj. Ako ugalj sadrži vitrit, on ga sadrži u pojasevima i tada se ubraja u pseudo-kenelski ili trakasti ugalj.

Količina spora u duritu aleksinačkog uglja je manje nego u pravom duritskom uglju. Umeci vitrita su nejednoliko, nepravilno raspoređeni. Možda je ovaj vitrit docnjeg izvora. V. Korošec je uporedio aleksinački durit sa kenelskim ugljem iz Jame »Consolidation« u Ruru i ubraja ga u duritski ugalj, odnosno po Jeffrey-u u atritus. Smatramo da bi bilo ispravnije uvrstiti ga u pseudo-kenelski ugalj, s obzirom na pojavu vitrita u duritskoj masi.

Vitrit. — Na rudniku ga nazivaju »staklar«. Bogat je glinastom supstancom, uglavnom singenetskog porekla, koja se nalazi u samoj osnovnoj masi vitrita i to u pojasevima — nizovima; preovlađuje amorfno vezivo. Specifična težina mu je veća od specifične težine durita. Mnogobrojne naprsline su ispunjene jalovinom — glinom. Veoma je drobljiv, porozan, krt i zgnječen. Vrlo je sklon samozapaljenju. Prilikom drobljenja raspada se u poliedarske komadiće. Vitritinit je predstavljen kolinitom i telinitom, a opaža se prisustvo fuzinita i sklerotinita. Sadrži umetke fuzita i klarita. Uključenja mat proslojaka su retka i ukoliko se javljaju, obično su u obliku izduženih sočiva.

Vitrit je bogat piritom. Količina pirita u osnovnoj masi uglja je manja nego u duritu. Pojedina zrna pirita su veća nego u duritu. Pukotine naprsline su često ispunjene piritom u vidu tankih uprskanih prevlaka.

Klarit — polusjajni ugalj pojavljuje se u debljim slojevima, a i u proslojcima u vitritu, sadrži dosta glinaste supstance i ppirita, a takođe je utvrđeno i prisustvo markazita i kalcita. Odlikuje se trakastom struktutom nastalom naizmeničnim smenjivanjem mat i svetlih proslojaka uglja, koji su međusobno odvojeni glinenim komponentama. Vitritinit čini oko 50% ugljene mase, na kojoj se opažaju karakteristične prsline upravne na ravan sedimentacije. Spore i kutikule su uglavnom utopljene u vitritsku masu. Znatan deo ugljene mase je amorfno vezivo. Sklon je samozapaljenju, ali manje od vitrita. Pukotine su orijentisane upravno na pravac naslojavanja. Teže se drobi i raspada od vitrita.

Gasni ugalj se javlja u ugljenom sloju, skoro po njegovoj sredini; u »Logorištu« ga nema, a prema severozapadu njegova debljina se povećava, tako da na kraju bazena dostiže debljinu do 3 m. Sadrži visok procenat anorganskih mineralnih primesa singenetskog i epigenetskog porekla, tako da daje oko 45% pepela. Sadrži vitrit u vidu manjih sočiva, od inertinitске grupe fuznit i sklerotinit, a od mineralnih primesa pirit, markazit, glinu i kalcit. Nije sklon samozapaljenju, ali u izvesnim slučajevima stvara pogodnije uslove za to.

Vitrit i klarit pokazuju niske vrednosti čvrstoće, a više vrednosti tvrdoće, što ukazuje na veliku abrazivnost ovih vrsta uglja. Visoka zastupljenost prslina na malom rastojanju u vitritu aleksinačkog uglja povećava drobljivost i dobijanje malih zrna jednakomerne veličine. Visoka zastupljenost prslina sa nejednakomernim rastojanjem u klaritu daje zrna različite veličine. Heterogenost petrografskog sastava aleksinačkog uglja i navedene karakteristike vitrita i klarita povećavaju apsorpcionu sposobnost uglja u sveže otvorenom sloju, a posebno pri dejstvu pritiska.

Prema međunarodnoj klasifikaciji uglja aleksinački ugalj pripada grupi tvrdih mrikih ugljeva. Ugalj je heterogen, mada zbog toga što je fino trakast ostavlja vizuelni izgled homogenog, jednorodnog uglja. Ugalj je nekompaktan i ne odoleva čvrstoj krovini. Prisustvo liptobiolita, kao vrlo čvrstog uglja uklopljenog u meki ugalj, povećava stepen drobljivosti.

Neujednačenost hemijsko-fizičkih osobina aleksinačkog uglja, u pojedinim delovima bazena, kao proizvod heterogenog petrografskog sastava uglja, različito se odražava na mehaničku stabilnost uglja i njegovu dezintegraciju. Najveću mehaničku stabilnost, odnosno najveći otpor ka dezintegraciji, pokazuje ugalj iz severnog revira pogona »Dubreva«, a najmanju ugalj iz centralnog revira pogona »Morava« i iz pogona »Logorište«.

U celini aleksinački ugalj možemo svrstati u ugalj jako sklon samozapaljenju, mada i tu postoje varijacije koje treba uzimati u obzir kod utvrđivanja učešća pojedinih faktora, u sklopu kompleksa faktora.

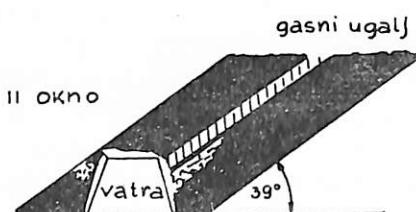
U tablici 2 dajemo makroskopske petrografske profile ugljenog sloja sa raznih poljona i eksploracionih polja.

U »Logorištu« i centralnom delu pogona »Morava« pojave vitrita su znatno češće nego u ostalim delovima bazena. Uslove za zagrevanje uglja u stropu hodnika, pored drugih faktora, stvara i prevelika drobljivost vitrita. Stvaranje zarušaka, odnosno tzv. »kolibice« u stropu i gornjem delu bokova jamskih prostorija, pored ostalog, prouzrokovano je drobljivošću i osipljivošću vitrita. Požari u njima su požari vitritskog uglja. Najveći broj požara u jamskim prostorijama pojavljivao se baš u prazninama zarušaka — »kolibama«, tim gnezdićima požara. Stvaranje

nje bokova kod podgrađivanja i tehnika bušenja i miniranja. U pukotine prodire vazduh i izaziva pojačanu oksidaciju, samozagrevanje i najzad paljenje — požar.

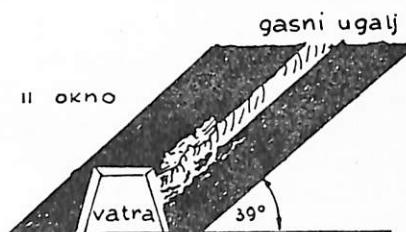
Slika 5 pokazuje požar na istom mestu gde je vidno delovanje pritiska. Gasni ugalj je ispucao. Ugalj je još više zdrobljen. Pukotine su dublje i protežu se takođe iznad gasnog uglja. Osipljivost uglja je veća i stvoreno je trenje. Pod svim tim uslovima stvorena je veća mogućnost samozagrevanja prodiranjem vazduha u pukotine. Vazduh nije u mogućnosti da hlađi ugalj, već kruži tako da se povećava mogućnost apsorpcije kiseonika iz vazduha.

U centralnom delu pogona »Morava« redovna je pojava da se iznad i ispod gasnog uglja nalazi vitrit. Na graničnim površinama — ravnima, između gasnog uglja i vitrita često se pojavljuju tanki umeci gline, preko kojih proniće voda iz goreležećih otkopanih



Sl. 4 — Pukotinski požar u vitritskom uglju.

Abb. 4 — Spaltenbrand in der vitritischen Kohle.



Sl. 5 — Pukotinski požar u vitritskom uglju.

Abb. 5 — Spaltenbrand in der vitritischen Kohle.

zarušaka — »koliba«, je takođe potpomognuto ne pravilnim bušenjem i prevelikom upotrebom eksploziva pri miniranju kod izrade jamskih prostorija, povećanim pritiskom zbog obližnjih otkopa ili zbog malih ugljenih stubova i nepravilnim podgrađivanjem i zaledanjem stropa i bokova.

U centralnom delu pogona »Morava«, kod pukotinskih požara u boku hodnika, koji je presekao gasni ugalj, znatan ideo na pojavu požara ima drobljivost, osipljivost, raspučalnost i velika sklonost vitrita samozapaljenju. Prisustvo tvrdog i žilavog gasnog uglja koji naleže na meki vitrit, potpomaže drobljenju. Slika 4 pokazuje pukotinski požar. U pukotini ispod gasnog uglja u vitritu je dolazilo do požara. Delovanje pritiska je manje vidljivo, jer gasni ugalj nije ispucao. Na takvim mestima ima svoj uticaj zalaga-

prostora. Bujanjem gline povećava se zapremina i potpomaže drobljenje vitrita. Posle sušenja ostaju pukotine, kroz koje prodire vazduh, čime se stvaraju uslovi za samozagrevanje. Ovakvi požari su posledica vode, umetaka gline i drobljivosti vitrita, odnosno njegove sklonosti ka samozapaljenju.

Gasni ugalj i u drugim slučajevima ima indirektni uticaj na stvaranje samozagrevanja. On se kao jaka tvrda i čvrsta komponenta, može tretirati kao umetak u ugljenom sloju, koji ima izvestan uticaj kod nastojanja raznih pukotinskih požara.

Kod većine mrkih ugljeva, obično u masi uglja, peovlađuju klarit i durit dok fuzit i vitrit predstavljaju samo primeće. Ovaj ugalj sadrži u pojedinim poljima znatan procenat vitritskog uglja, što povećava njegovu drobljivost.

Tablica 2

Makroskopski petrografske profili ugljenog sloja sa raznih pogona i eksploatacionih polja u aleksinačkom basenu

»DUBRAVA« SEVER VI OKNO	»DUBRAVA« SEVEROISTOK IV OKNO	»MORAVA« JUG I OKNO	»MORAVA« CENTAR II OKNO	»MORAVA« SEVER III OKNO					
KROVINA (pad $\leq 65^\circ$)	KROVINA (pad $\leq 30^\circ$)	KROVINA (pad $\leq 34^\circ$)	KROVINA (pad $\leq 39^\circ$)	KROVINA (pad $\leq 55^\circ$)					
Klarit 120	Durit sa glinom 0,10	Durit 0,13	Škriljavi ugalj 0,02	Durit 0,36					
Silif. argilit 0,18	Peščar 0,07	Škrilj gлина 0,08	Vitrit 0,63	Silifikovani argilit 0,05					
Klarit 0,20	Durit 0,12	Vitrit 0,46	Škriljava gлина 0,01	Durit 0,24					
Gasni ugalj 2,60	Peščar 0,05	Klarit 0,20	Vitrit 0,15	Silifikovani argilit 0,08					
Durit 0,73	Durit 0,08	Glin. 0,06	Škriljava gлина 0,02	Durit sa glinom 0,70					
Klarit 0,22	Peščar 0,06	Durit 0,20	Vitrit 0,15	Durit 0,55					
Durit 0,17	Peščar 0,05	Škriljac 0,07	Škriljava gлина 0,02	Klarit 0,70					
Silif. argilit 0,15	Durit 0,10	Durit 0,15	Vitrit 0,20	Durit 0,32					
Klarit 1,80	Peščar 0,05	Glinasti skr. 0,06	Škriljava gлина 0,02	Gasni ugalj 0,45					
PODINA: PEŠČAR	Durit sa glinom 0,64	Durit sa glinom 0,25	Vitrit 0,20	Klarit 1,14					
CEO SLOJ 7 25	Silifikovani argilit 0,20	Klarit 0,50	Škriljava gлина 0,07	Durit 0,72					
Ugalj 6,92	Klarit 0,15	Glinasti skr. 0,06	Vitrit 0,70	Glinasti škriljac 0,10					
Klarit 3,42	Durit 0,58	Durit 0,18	PODINA: PEŠČAR	Vitrit 0,65					
Durit 0,90	Škriljava gлина 0,01	CEO SLOJ 3,15	Ugalj 2,87	Klarit 0,24					
Gasni ugalj 2,60	Durit 0,20	Vitrit 0,46	Vitrit 0,45	Durit sa glinom 0,50					
Jalovina 0,33	Durit sa glinom 0,36	Klarit 1,50	Durit 0,43	Glinasti škriljac 0,11					
DUBRAVA« JUG IV OKNO	Durit 1,78	Durit 0,91	Klarit 0,60	Vitrit 0,43					
KROVINA (pad $\leq 48^\circ$)	Silifikovani argilit 0,10	Gasni ugalj 0,28	Glinasti škriljac 0,05	PODINA: PEŠČAR					
Klarit 0,95	Durit 0,10	Jalovina 0,28	Vitrit 0,30						
Durit 0,72	Glinasti škriljac 0,05	»LOGORIŠTE« V OKNO	PODINA: PEŠČAR						
Gasni ugalj 0,58	Durit 0,14	KROVINA (pad $\leq 50^\circ$)							
Vitrit 0,35	PODINA: PEŠČAR	Vitrit 0,80							
Silif. argilit 0,14		Silif. argilit 0,05							
Klarit 0,60		Klarit 0,50							
Glinov. peščar 0,17		Uglj. škriljac 0,05							
Durit sa glinom 2,05		Klarit 0,70							
PODINA: PEŠČAR		PODINA: PEŠČAR							
CEO SLOJ	5,56 m	CEO SLOJ	5,65 m	CEO SLOJ	2,10 m	CEO SLOJ	5,15 m	CEO SLOJ	5,99 m
Ugalj	5,10	Ugalj	4,70	Ugalj	2,00	Ugalj	4,98	Ugalj	4,70
Vitrit	0,35	Vitrit		Vitrit	0,80	Vitrit	3,23	Vitrit	
Klarit	1,55	Klarit	0,15	Klarit	1,20	Klarit	0,60	Klarit	0,15
Durit	2,62	Durit	3,84			Durit	0,95	Durit	3,84
Gasni ugalj	0,58	Gasni ugalj	0,71			Gasni ugalj	0,20	Gasni ugalj	0,71
Jalovina	0,46	Jalovina	0,95	Jalovina	0,10	Jalovina	0,19	Jalovina	0,95

Sumarni rezultati petrografske analize aleksinačkog uglja, prema O. Podgajnom, daju sledeći prosečni kvantitativni petrografski sastav uglja sa pogona (tabl. 3).

Tablica 3

Pogon	Klarit	Humusni detritus nižeg rang-a	Humusni detritus višeg rang-a	Gelificirano drveno tkivo	Humusni gel	Vuzit	Lipobiotil
»Dubrava«	22,3	12,6	31,7	4,3	11,8	—	17,3
»Morava«	19,0	14,6	34,9	4,0	14,4	0,1	13,0
»Logorište«	14,9	13,8	49,5	3,8	18,0	—	—

Ako se izdvoji vitrit iz humusnog gela, onda se dobija pregled dat u tablici 4.

Tablica 4

Pogon	Klarit i vitrit	Humusni detritus višeg rang-a	Humusni gel i gelificirano drvenasto tkivo	Humusni detritus nižeg rang-a i inertinit	Lipobiotil
»Dubrava«	26,4	31,7	12,0	12,6	17,3
»Morava«	23,0	34,9	14,4	14,7	13
»Logorište«	37,2	45,0	10,5	7,3	—

Rezultati kvantitativnih analiza, u odnosu na petrografski sastav, su orientacionog karaktera, jer se zasnivaju na malom broju uzoraka, pri čemu uvek nije bio obuhvaćen ceo ugljeni sloj.

Na osnovu makroskopskih osmatranja i mikroskopskih rezultata proističe, da je aleksinački ugalj trakasti ugalj heterogenog sastava. Trakasti ugalj je karakterističan po svojoj jačoj sklonosti ka samozapaljenju, pogotovo u delovima gde se pojavljuje kao fino trakasti ugalj. U ugljenom sloju se pojavljuju proslojci raznog petrografskega sastava, koji opet u sebi sadrže finije proslojke uglja drugog petrografskega sastava. Znatnu ulogu igra vitrit koji se pojavljuje u sa-

mim slojevima, a i kao umetak u duritu i klaritu. Velika endogena raspucalost i poroznost vitrita, a zatim klarita i njihova izrazita drobljivost, krtost, pojavljivanje pukotina, ispunjenih piritom i glinenim umećima, omogućuju brzu oksidaciju, koja prouzrokuje dalju osipljivost, drobljivost stvaranje veće reakcijske površine za oksidaciju uglja, pirita i markazita. Uključenja fuzita u vitritu u početnom stadijumu samooksidacije pri drugim povoljnim uslovima, takođe imaju svoj značaj.

Na osnovu statističke studije učestalosti požara i svojih zapažanja, eksploraciona polja u aleksinačkom bazenu, u pogledu sklonosti ka samozapaljenju, od manje ka većoj, a u odnosu na petrografski sastav uglja, stvarali smo po sledećem redu:

- | | |
|---------------|---------------|
| — »Dubrava« | — sever |
| — »Morava« | — sever |
| — »Dubrava« | — severoistok |
| — »Dubrava« | — jug |
| — »Morava« | — jug |
| — »Logorište« | — jug |
| — »Logorište« | — sever |
| — »Morava« | — centar |

Hemiska i fizičko-mehanička nestabilnost aleksinačkog uglja je posledica izražate endo i egzoklivaže i drugih osobina uglja, kao i neravnomerne zastupljenosti petrografske mikrolitotipova u ugljenom sloju, a posebno liptobiolita. Zbog velike zastupljenosti pukotina i mikroprsline i specifičnosti njihovog rastojanja, malog otpora prema drobljenju i niske tvrdoće ugljenog sloja, ovaj ugalj se ubraja u slabe ugljeve, lako podložne samozapaljenju (sem gasnog uglja).

Promenljivost hemijskog sastava aleksinačkog uglja u pojedinim eksploracionim poljima i heterogenost petrografskega sastava zahtevaju veliki broj ispitivanja i potvrdu praktičnih dugogodišnjih iskustava. Dosadašnja ispitivanja, uz pripomoć statističke stu-

dije, naučnih dostignuća na ovom polju i iskustvenih podataka, omogućuju da se sagleda sklonost ovog uglja ka samozapaljenju i da se u celini uvrsti u ugljeve jako sklone samozapaljenju.

Heterogenost petrografskog sastava aleksinačkog uglja koja ga čini trakastim i fino trakastim, uključenja fuzita u vitritu, izrazita apsorpcijska sposobnost vitrita i klarita i njihova fina protkanost piritom i glinenom supstancicom i izrazita klivaža, svrstavaju aleksinački vitritski i klaritski ugalj u one petrografske ingradijente uglja koji potpomažu oksidacionu moć uglja i njegovu sklonost ka samozapaljenju.

Velika zastupljenost prslina na malom rastojanju kod vitrita aleksinačkog uglja i velika zastupljenost prslina u većem dijapazonu, kao i heterogenost veličina zrna kod klarita, stvaraju vrlo pogodne uslove za samoooksidaciju uglja.

Petrografska sastav aleksinačkog uglja i njegove hemijsko-fizičke osobine svrstavaju ga u grupu ugljeva sklonih samozapaljenju.

Zaključak

Endo- i egzoklivaža, dizjunktivni prelomi, »korozija uglja« i trakasta tekstura, zajedno sa sadržajem vlage u uglju, sadržajem

isparljivih delova i mikrotektonikom, a u visnosti od petrografskog sastava uglja i karakteristika krovine, povećavaju specifičnu površinu uglja, njegovu krtost, trošnost i poroznost, odnosno njegovu dezintegraciju i mehaničku nestabilnost i stvaraju pogodnije uslove za samozagrevanje uglja.

Različita mehanička stabilnost uglja, prouzrokovana različitim petrografskim sastavom, potpomaže samozapaljivost uglja u sloju, jer i pri manjem pritisku nastaje dezintegracija uglja. Različita mehanička stabilnost uglja u pojedinim delovima ležišta, ima uticaja na različitu učestalost požara u ležištu.

Petrografska sastav uglja ne treba posmatrati samo u sklopu prirodnog indeksa samozaljivosti. Zbog različitog stepena heterogenosti petrografskog sastava uglja u prirodnim uslovima u ugljenom sloju i katkad trakaste teksture, on se mora uzimati kao poseban faktor samozapaljivosti uglja, jer tu njegovu odliku sa specifičnom endo i egzoklivažom ne može obuhvatiti prirodni indeks samozapaljivosti.

Stepen samozapaljivosti pojedinih ingradijenata petrografskog sastava uglja treba posmatrati u sklopu njihovih fizičko-mehaničkih osobina, endo- i egzoklivaže, njihove zastupljenosti, rastojanja, veličine i oblike zrna.

ZUSAMMENFASSUNG

Der petrographische Kohlenbestand als Faktor der Selbstentzündung

Dr. ing. Vesimir Veselinović*)

Im ersten Teil des Artikels wird eine allgemeine Übersicht über den Einfluss des petrographischen Bestandes der Kohle auf ihre Oxydation und Selbstentzündlichkeit gegeben. Im zweiten Teil werden die spezifischen Verhältnisse des Kohlenflözes der Grube Aleksinac beschrieben, ferner wird sein petrographischer Bestand, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Komponenten und ihr Einfluss auf die Oxydation und Selbstentzündlichkeit behandelt. Die Kohle aus Aleksinac wird als solche mit sehr starker Neigung zur Selbstentzündung bestimmt.

*) Dr. ing. Vesimir Veselinović, savetnik »Rudeks-a«, Beograd.

Literatura

- Cvetičanin R., 1963: Petrografske analize aleksinačkog uglja. — Fond dokumentacije rudnika Aleksinac i arhivski podaci rudnika.
- Korošec V., 1936: Petrografske analize aleksinačkog uglja,
- Podgajni, O., 1964: Petrološko-palinološka studija uglja iz aleksinačkog rudnika. — Rudarski institut, Beograd.
- Reska, P., 1962: Untersuchungen in einem Braunkohlenbergbau über die Neigung der Kohle zur Selbstentzündung. — Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 107, 3, Wien.
- Skočinskij A. A., Ogjevskij, V. M., 1954: Rudničnye požary. — Ugletehizdat.
- Veselinović, V. 1952: Diplomski rad, Beograd.
- Veselinovskij, V. C., Terpogosova, E. A., 1950: Temperatura vozgoranija uglej kak pokazatelj sklonosti ih k samovo-zgoraniju. — Izv. AN., SSSR, 8.
- Žemčužnikov, J. A., 1948: Obščaja geologija iskopaemyh uglej. — Ugletehizdat.



Inhibitori i njihov značaj za suzbijanje endogenih požara u rudnicima uglja

(sa 7 slika)

Dipl. ing. Natalija Pavlović

Uvod

Endogeni požari su veoma česta pojava u rudnicima uglja i uzrok mnogih materijalnih i ljudskih žrtava. Dosadašnje metode borbe sa njima obuhvatale su klasične oblike savlađivanja već razvijenog požara, pri čemu su one izvođene pod vrlo teškim, a često i nedovoljno efikasnim uslovima.

Savremeni postupci odbrane od nastajanja endogenih požara, s obzirom da su oni isključivo rezultat oksidacije ugljene materije s kiseonikom iz vazduha, polaze od toga, da se njihovo suzbijanje najefikasnije može sprovesti izolovanjem oksidaciono-sposobne ugljene materije.

Jedna od vrlo raširenih metoda, koja se u novije vreme u ovu svrhu primenjuje, je metoda inhibitovanja ugljenog sloja naklonjenog zagrevanju. Materije koje se u tu svrhu koriste poznate su pod opštim nazivom inhibitori.

Definicija i vrste inhibitora

Inhibitorma nazivamo hemijske materije koje su u stanju da spreče ili umanje oksidacione procese i samim tim da svedu samozagrevanje uglja na bezopasnu meru.

U inhibitore spadaju:

- materije koje ugalj izoluju od dejstva kiseonika iz vazduha,

- materije koje usporavaju oksidacione procese rashlađivanjem i snižavanjem temperature uglja,
- materije koje ugalj čine neosetljivim prema kiseoniku-inertizacija,
- materije koje katalitički usporavaju reakcije oksidacije.

Dejstvo nekih inhibitora počiva na apsorbцији kiseonika.

Postoji veliki broj hemijskih sredstava koja se mogu upotrebiti za suzbijanje oksidacionih procesa. Ona mogu biti kako organskog, tako i neorganskog porekla. Prema podacima iz literature u organske materije spadaju: tiofenol— C_6H_5SN , pirogalol— $C_6H_3(OH)_3$, pirokatehin— $C_6H_4(OH)_2$, benzidin— $C_6H_5(NH_2)_2$ i oksalna kiselina — $(COOH)_2$. Poznati inhibitori neorganskog porekla su: kalcijumhlorid — $CaCl_2$, natrijumbikarbonat — $NaHCO_3$, natrijumhlorid — $NaCl$, krečno mleko, kalcijumbikarbonat — $Ca(HCO_3)_2$, kiseli amonijumfostat — NH_4HPO_4 , trinatrijumfosfat — $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$, natrijumkarbonat — Na_2CO_3 , amonijumkarbonat — $(NH_4)_2CO_3$, suspenzija kalcijumkarbonata — $CaCO_3$, aluminijumsulfat — $Al_2(SO_4)_3$, borna kiselina H_3BO_3 , amonijumsulfat — $(NH_4)_2SO_4$, kalijumhlorid — KCl , ferrosulfat — $FeSO_4$, ugljendioksid — CO_2 , a zot — N_2 i amonijak — NH_3 . Treba istaći da veći broj navedenih hemijskih materija nema praktičnog značaja.

Za inhibitore treba smatrati i specijalne vrste lateksa i poliuretanskih pena čije inhibišuće dejstvo počiva na izolaciji.

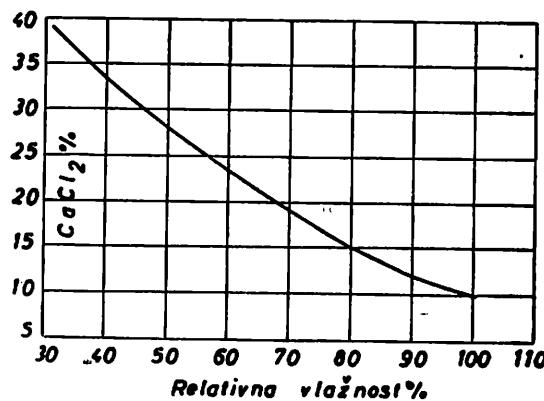
Da bi mogli biti uspešno primjenjeni inhibitori treba da istovremeno ispunjavaju sledeće uslove:

- da su nepropustivi za gasove,
- da su nezapaljivi,
- da su u izvesnoj meri elastični,
- da su netoksični i
- da su ekonomični za upotrebu.

Osim toga, oni se moraju lako nanositi i dobro prijanjati za podloge na koje se nose.

Prema načinu inhibišućeg dejstva inhibitori se mogu podeliti na:

- inhibitore koji zaustavljaju oksidacione procese prekidom kontakta između ugljene materije i vazdušnog kiseonika, i
- inhibitore koji deluju svojim rashladnim dejstvom.



Sl. 1 — Zavisnost količine CaCl_2 od relativne vlage radilišta.

Abb. 1 — Abhängigkeit des CaCl_2 -Gehaltes von der relativen Feuchtigkeit am Ort.

U prvu grupu spadaju inhibitori čija se tehnološka primena vrši površinskom impregnacijom i dubinskim injektiranjem, a u drugu grupu inhibitori za posipanje zagrejanih površina i inhibitori za napajanje zagrejanih jamskih atmosfera.

Inhibitori koji se koriste za površinsku impregnaciju i dubinsko injektiranje sprečavaju oksidacione procese time što stvaraju zaštitni premaz — prevlaku ili što ispune šupljine u ugljenim masivima, čime sprečavaju kontakt ugljene materije i vazduha i

vrše izolaciju. Ukoliko je inhibišuće dejstvo upotrebljenog inhibitora veće, utoliko je izolacija potpuna.

Radi povećavanja efikasnosti izolacionog dejstva inhibitora, obično se injektiranje vrši kombinovano sa površinskom impregnacijom.

Za površinsku impregnaciju i injektiranje koristi se uglavnom kalcijumhlorid, a manje natrijumkarbonat, natrijumbikarbonat, krečno mleko, i kalcijumbikarbonat, leteksi i poliuretanske pene.

Od navedenih inhibitora u svetskoj praktici se prednost daje kalcijumhloridu koji, po redu izraženog inhibišućeg dejstva, ima i veoma izražene hidroskopne osobine. Hidroskopnost kalcijum hlorida čini da primenjena suspenzija ostane vlažna, pa stoga i elastična, što je od naročitog interesa za dugotrajnu bezbednost požarom ugroženih mesta, pogotovo kada su ona izložena jamskim pritiscima.

Krečno mleko i pored toga što je jeftino nije pouzdano inhibitor sredstvo. Sigurno je, da se krečno mleko kroz izvesno vreme susuši, ispuca i zaštitni sloj otpada.

Koncentracija kalcijumhlorida, koja će se upotrebiti u praktičnim radovima, zavisi od temperature i relativne vlažnosti na mestu upotrebe. Za temperaturu od 30°C češki naučnici dr ing. Š e b o r i ing. H o f b a u e r daju dijagram na slici 1.

Iskustvo je, međutim, pokazalo, da dati dijagram nema opštu vrednost, pa ga treba prethodno utvrditi za svaki konkretni slučaj.

Ukoliko se upotrebni kalcijumhlorid, niže koncentracije od one koju stvarno zahtevaju mikroklimatski uslovi radilišta, masa se susuši i ispuca, u protivnom inhibitor curi.

Inhibitori za posipanje zagrejanih površina koriste se u obliku kristalnih soli koje se rastvaraju pod dejstvom vlage. Rastvaranjem ovih soli dolazi do oduzimanja topote i rashladivanja okoline.

Da bi se dejstvo ovih soli pojačalo i ubrzalo treba ih samo poprskati vodom. Kod veće količine vode smanjuje se njihovo rashladno dejstvo.

U mađarskom ugljenom Meczeke-trustu za rashladivanje zagrejanih površina posipanjem, koristi se natrijumhlorid, kada temperatura nije viša od 36°C , a trinatrijumfosfat kada temperatura nije viša od 45°C .

Izvesnim smešama postiže se jače rashladno dejstvo. Tako smeša od 40 težinskih de-

lova amonijumhlorida i 60 težinskih delova natrijumsulfata može da snizi temperaturu za 52°C . Natrijumsulfat se može vrlo uspešno zameniti natrijumhloridom.

Inhibitori za natapanje jako zagrejanih rudničkih atmosfera imaju jače rashladno dejstvo od inhibitora koji se koriste u obliku kristalnih soli, pa se primenjuju kod endogenih požara u kasnijem stadijumu njihovog razvoja tj. pred otvoren plamen.

U ovu grupu inhibitora spadaju tečni ugljendioksidi i suvi led.

Pri lom ekspanzije tečan ugljendioksid troši znatne količine toplice. Otparavanje je tako brzo, da se preostala količina mrazne u sneg, koji ima jako rashladno dejstvo.

Otparavanjem suvog leda nastaju znatne količine gasovitog ugljen-dioksida koji istiskuje vazduh i prekida oksidacione procese. Naročito povoljni rezultati primenom ovih inhibitora postignuti su u Mađarskoj i Sovjetskom Savezu.

Laboratorijske metode za prethodnu ocenu efikasne primene i izbor inhibitora

Pozitivna inhibitujuća sposobnost nekih hemijskih sredstava pokazuje se i u primeru istraživanja na domaćim ugljevima, koja se već više godina vrše u Zavodu za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta— Beograd. Programska, ona su deo kompleksnog plana istraživanja koja ovaj Zavod sprovodi u postupku izučavanja metoda za suzbijanje jamskih požara.

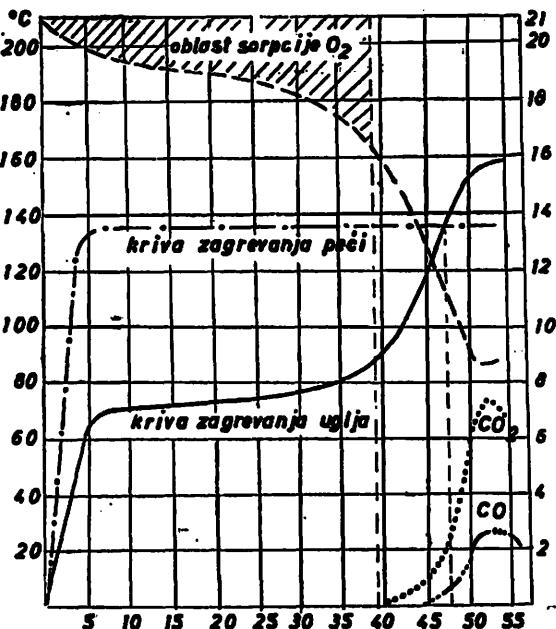
U okviru ovog programa, u laboratorijskim uslovima, efikasnost primene inhibitora ocenjuje se na osnovu povećanja temperature samozapaljenja uglja i na osnovu umanjenja sposobnosti sorbovanja kiseonika, kao i na opadanju reakcije lanaca ugljene materije. Stepen efikasnosti i podobnosti inhibicije se proverava sledećim paralelno tretiranim metodama:

- metoda utvrđivanja kritične tačke zagrevanja i
- metoda utvrđivanja indeksa samozapaljivosti.

Po ovoj metodi svež ugalj natopljen ispitivanim inhibitorima i u laboratorijskim uslovima posušen, zagreva se u retorti. Presek krive, koja predstavlja toplotu koja se dovodi uglju sa krivom zagrevanja uglja,

predstavlja kritičnu tačku, koja je kod konstantnog zagrevanja karakterisana vremenom njenog dostizanja.

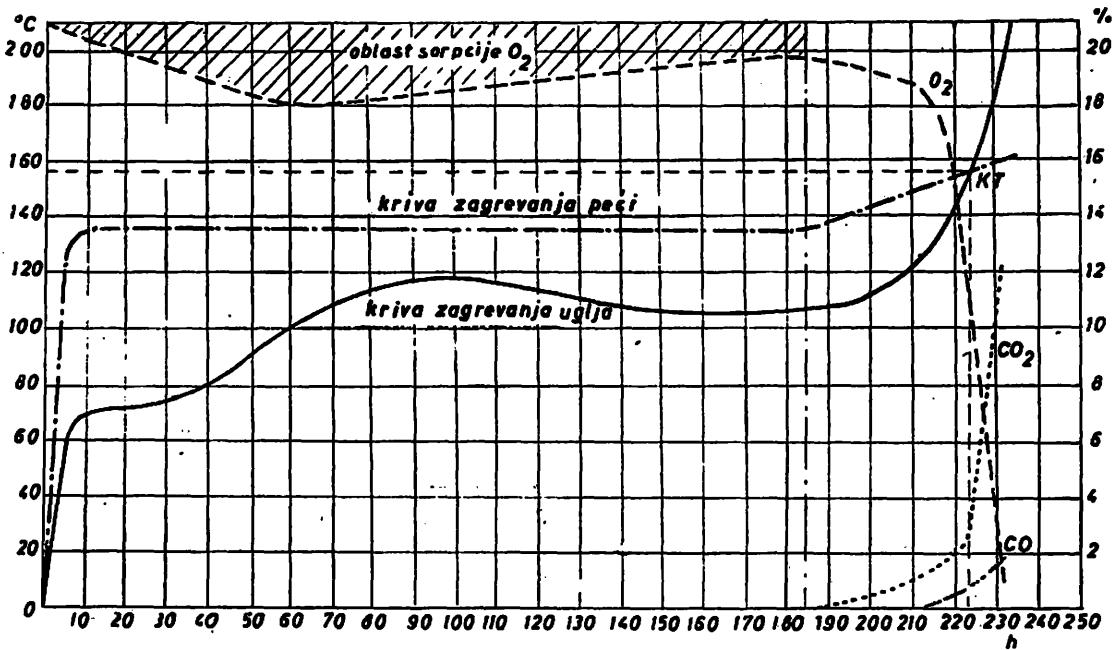
Kod uglja tretiranog inhibitorom vreme dostizanja kritične temperature je duže, a temperatura viša nego kod netretiranog ugalja. Ukoliko su razlike ovih pokazatelja veće, utoliko je inhibitujuće dejstvo ispitivanog hemijskog sredstva jače. Tako je pri ispitivanju inhibitujućeg dejstva 10% CaCl_2 nađeno da tretirani ugalj dostiže kritičnu temperaturu za 176°C , kasnije i pri temperaturi višoj za 22°C , u poređenju sa netretiranim ugaljem.



Sl. 2 — Tok zagrevanja netretiranog uzorka uglja.

Abb. 2 — Erwärmungsverlauf eines unbehandelten Kohlenprobens.

Po drugoj metodi inhibitujuća vrednost inhibitora ocenjuje se na osnovu brojčane vrednosti indeksa samozapaljivosti, koji je mera sposobnosti sorbovanja kiseonika od strane uglja. Upoređivanjem vrednosti prirodnog indeksa SZ^b , i vrednosti indeksa tretiranog inhibitorom SZ^t , dobija se dokaz o inhibitujućoj vrednosti izabranog inhibitora, i ona je utoliko veća, ukoliko je brojna vrednost razlike pomenutih indeksa veća. Računski dobijeni rezultati proveravaju se grafičkom metodom kako je to u primeru ugalja tretiranog sa 35% CaCl_2 prikazano na slika 4 i 5.



Sl. 3 — Tok zagrevanja uglja tretiranog sa 10% CaCl_2 .

Abb. 3 — Erwärmungsverlauf der mit 10% CaCl_2 behandelten Kohle.

Indeks samozapaljivosti kod uzorka uglja netretiranog kalcijumhloridom SZ^a , iznosi $138^\circ\text{C}/\text{min}$, dok je kod tretiranog uzorka

SZ^a , $38^\circ\text{C}/\text{min}$, što znači, da je ugalj sa velikom sklonosću ka samozapaljenju inhibitovanjem preveden u grupu ugljeva koji nisu skloni ovoj pojavi.

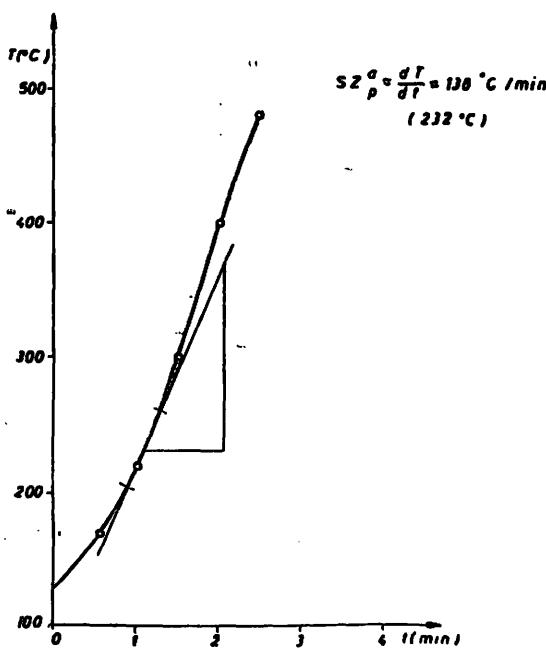
Priroda inhibitujućeg dejstva upotrebljениh hemijskih sredstava zbog znatne kompleksnosti, kako kod nas, tako i u svetskoj praksi, nije dovoljno proučena. Ipak je savm sigurno da je ona istovremeno i mehaničke i fizičko-hemijske prirode i da njihov odnos zavisi od ispitivanog uglja i upotreb-ljenih inhibitora.

Rezultati uporednih istraživanja inhibitujuće sposobnosti za neke domaće inhibitore

Inhibitujuća vrednost ispitivana je za kalcijumhlorid, krečno mleko i kalcijumbikarbonat. Ispitivani inhibitori, pored toga što u svetskoj praksi imaju znatnu moć suzbijanja oksidacije uglja, mogu, za naše uslove, da budu od praktičnog interesa cenom i drugim osobinama.

Za kalcijumhlorid ispitivan je 12% i 35%, za krečno mleko 1% i 6%, a za kalcijumbikarbonat 0,17% voden i rastvor.

Ispitivanja su vršena na tri različita uzorka uglja. Analitički uzorci ovih ugljeva pre-



Sl. 4 — Grafičko prikazivanje brzine oksidacije uglja za netretirani uzorak.

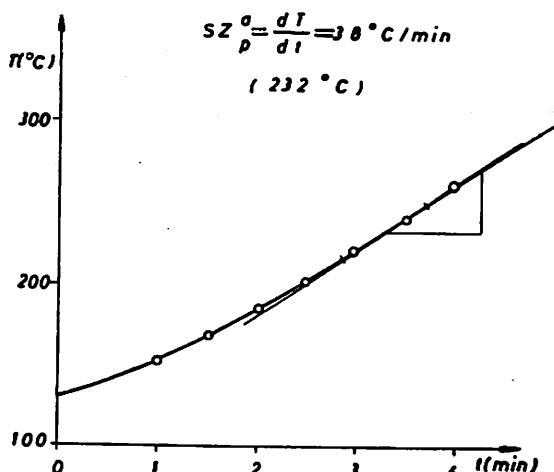
Abb. 4 — Graphische Darstellung der Kohlenoxidationsgeschwindigkeit für unbehandelte Kohlenproben.

liveni su rastvorom inhibitora i ostavljeni nedelju dana. Posle tog vremena ugalj je dekantiran, sušen u sušnici i struji vazduha i sitnjnjem pripreman za određivanje indeksa.

U tablici 1 date su vrednosti pepela na 105°C, vrednosti prirodnog indeksa za uzorak bez vlage SZ^a, i za uzorak bez vlage i pepela SZ^b, vrednosti indeksa uzorka tretiranih inhibitorom (za uzorak bez vlage SZ^a_t, a za uzorak bez vlage i pepela SZ^b_t), kao i grupe kojima tretirani i netretirani uzorci pripadaju u pogledu sklonosti ka samozapaljenju.

Podaci iz tablice pokazuju da vrednosti indeksa samozapaljivosti opadaju znatno samo za uzorce tretirane kalcijumhloridom. Kod krečnog mleka izvesno opadanje vrednosti indeksa samozapaljivosti ogleda se samo kod uzorka III, i to za 1% vodenim rastvor. Primenjeni rastvor kalcijumbikarbonata ostao je gotovo bez uticaja na sklonost ka samozapaljenju za ispitivane uzorce uglja.

Pored navedenog podaci tablice pokazuju da opadanje indeksa samozapaljivosti nije u linearnoj zavisnosti sa koncentracijom ispitivanih rastvora kalcijumhlorida, već da se



Sl. 5 — Grafičko prikazivanje brzine oksidacije za ugalj tretiran 35% CaCl₂.

Abb. 5 — Graphische Darstellung der Oxidationsgeschwindigkeit für die mit 35% CaCl₂ behandelte Kohle.

može dogoditi i slučaj da rastvor slabije koncentracije ima jaču inhibitujuću moć.

Na slici 6 dati su, za ispitivane ugle i ispitivane inhibitore, dijagrami kretanja indeksa samozapaljivosti SZ^b, i SZ^b_t, koji ubedljivije nego brojčani podaci iz tablice go-

Tablica 1

	Netretirani uzorci uglja	Uzorci uglja tretirani					
		Ca(HCO ₃) ₂ 0,17 %	Ca Cl ₂		Krečnim mlekom		
			12 %	35 %	1 %	6 %	
Uzorak I							
Pepeo na 105°C	10,88	9,81	14,17	20,00	16,75	37,28	
SZ ^a odn. SZ ^a _t	132	130	58	40	121	86	
SZ ^b odn. SZ ^b _t	148	144	70	50	145	137	
Grupa samozapaljivosti	V	V	I	I	V	V	
Uzorak II							
Pepeo na 105°C	26,94	27,97	33,11	32,50	33,69	45,85	
SZ ^a odn. SZ ^a _t	46	41	31	35	40	32	
SZ ^b odn. SZ ^b _t	63	57	46	60	60	59	
Grupa samozapaljivosti	I	I	I	I	I	I	
Uzorak III							
Pepeo na 105°C	56,14	51,83	56,57	56,14	57,24	64,45	
SZ ^a odn. SZ ^a _t	40	43	18	18	34	32	
SZ ^b odn. SZ ^b _t	91	89	30	41	79	90	
Grupa samozapaljivosti	II	II	I	I	I	II	

vore o prednosti rastvora kalcijumhlorida nad ostalim ispitivanim rastvorima u pogledu smanjenja pomenutih indeksa, odnosno moći ugljeva da apsorbuju kiseonik iz vazduha.

Iz podataka navedenih u tablici kod tretriranih uzoraka uglja vidljivo se zapažaju promene (u sadržaju pepela u odnosu na sadržaj pepela u netretiranim uzorcima). Kao što se iz navedenih podataka vidi, najveće promene u sadržaju pepela izaziva krečno

mleko. Promene su tim veće, što je veći sadržaj inhibitora u rastvoru i što polazni uzorak uglja ima manji sadržaj pepela.

Do promena u sadržaju pepela, po našem mišljenju, dolazi reakcijom između pojedinih mineralnih sastojaka ispitivanih uzoraka uglja i inhibitujućih sredstava. Pepeo inhibitovanih uzoraka uglja se zbog toga sastoji od neizmenjenog mineralnog dela, izmenjenog i pridonošenog. Njihov međusobni odnos je različit za svaki pojedini uzorak uglja i svaki inhibitor.

Stabilizatori inhibitujuće materije

Kod dubinskog injektiranja i površinske impregnacije, inhibitorima se mora dodati izvesna količina stabilizujuće materije. U protivnom njihova bi se efikasnost brzo smanjila, jer bi znatan deo rastvora scurio niz vertikalne površine.

Kao dodaci koriste se: fino mlevena glina, pepeo, leteći pepeo, izgorela jalovina sa rudničkih jalovišta, azbestna prašina, kameni prah i druge mineralne materije.

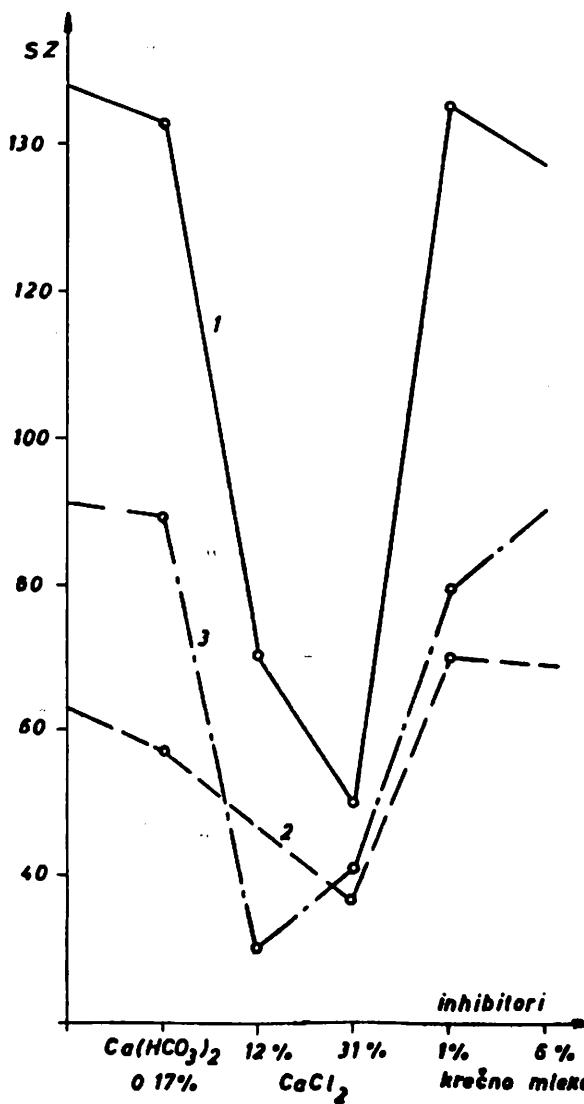
Najčešće se vodenom rastvoru kalcijumhlorida dodaje glina plastičnih osobina. Dobijena suspenzija ima dobru pokrivnu moć, viskozna je i njena specifična težina kreće se oko 1,5.

Tehnika primene inhibitora i specifični pokazatelji potrošnje

Dubinsko injektiranje inhibitora se vrši specijalnim uređajima pomoću kojih se omogućava ubrizgavanje suspenzije pod odgovarajućim pritiskom. Idejno rešenje jednog od takvih uređaja koji već ima industrijsku primenu u našim rudnicima, razrađeno je u Zavodu za ventilaciju i tehničku zaštitu RI-Belograd i prikazano je na slici 7.

Površinska impregnacija može se vršiti istim uređajima za injektiranje, samo sa znatno manjim pritiskom.

Potrošnja smeše kod površinskog nanošenja, i debljine sloja 5—7 mm, kreće se do 10/lit/m², odnosno 15 kg/m². Potrošnja smeše kod dubinskog injektiranja zavisi u prvom



Sl. 6 — Kretanje indeksa samozapaljivosti SZ_p^b i SZ_i^b u ispitivanom sistemu.

Abb. 6 — Indexverlauf der Selbstentzündlichkeit SZ_p^b und SZ_i^b in dem untersuchten System.

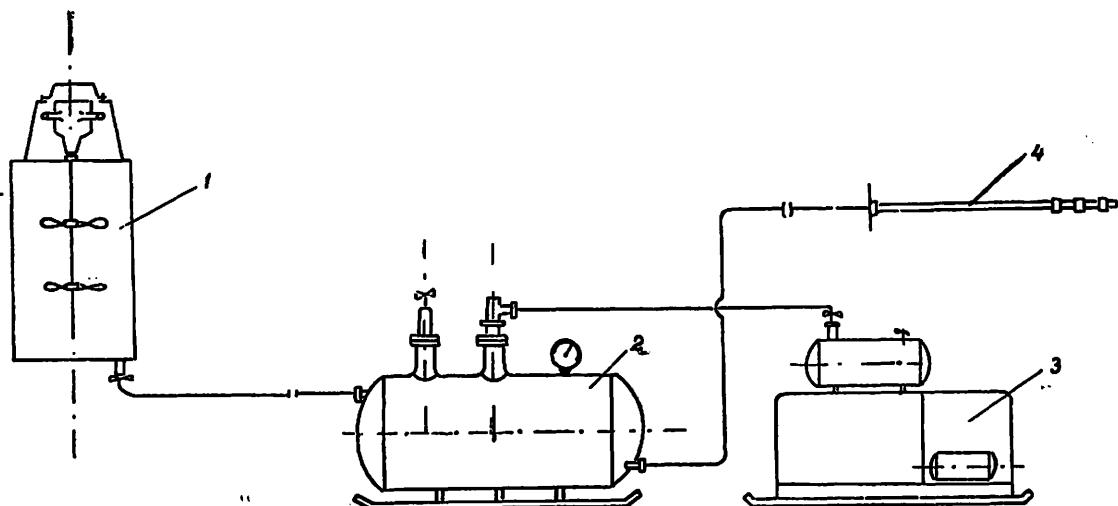
redu od fizičko-mehaničkih karakteristika ugljenog sloja i kreće se od 100 do 300 kg/m², otvorene površine, ali je bilo slučajeva da se trošilo i 2.000 — 4.000 kg/m². Prosečna potrošnja iznosi oko 250 kg/m².

Soli za posipanje zagrejanih površina nаносе се специјалним уредјајем или руčно. Потрошња изнosi 1—1,5 kg/m² површине.

Tehnika upotrebe ugljendioksida je нешто компликованија, у првом redu zbog опасности од замрзавања cevovoda.

која је већ припремљена за откопавање и у коју су улоžена знатна материјална средstva.

Primena inhibitora почиња на чинjenici да они прекидају контакт између угљене материје и кисоника из ваздуха, чиме долази до прекидanja oksidacionih процеса и хлађења угљене мase. Inhibitujući efekt hemijskog sredstva zavisi od njegovog pravilnog izbora, pravilnog izbora recepture inhibitujuće smeše i pravilnog izbora postupka i tehnike inhibitovanja.



Sl. 7 — Šematski prikaz uređaja za savlađivanje jamskih požara metodom dubinske injektiranja inhibitora.
Abb. 7 — Schematische Darstellung der Grubenbrandbekämpfungseinrichtung mit der Methode der Tiefinjektion des Inhibitors.

Primena suvog leda za hlađenje vrši se užidivanjem blokova leda u zagrejane jamske prostore, što je teško za izvođenje, ali je postupak vrlo efikasan.

Navedeni specifični pokazatelji о потрошњи inhibitora moraju se prilagođavati prilikama rudnika u kome se vrši zaštita.

Zaključak

Mogućnost primene inhibitora na savladavanju endogenih jamskih požara u rudnicima uglja predstavlja veoma značajan napredak u borbi protiv ove, česte i opasne pojave koja ugrožava ne samo jamsko osoblje već i ugljenu supstancu i to najčešće onu

Pored korišćenja u postupku sprečавања samozagrevanja uglja u ugljenim stubovima, inhibitori i njihove paste mogu se koristiti i za:

- regulisanje količine relativne vlage u jamskim prostorijama,
- povećanje stepena hermetičnosti izolacionih pregrada i
- direktno gašenje endogenih jamskih požara.

Primena inhibitora iziskuje izvesna ulaganja u prethodna istraživanja, materijalna sredstva i radnu snagu, ali su praktična iskustva pokazala da su ona neuporedivo manja od troškova koji nastaju u slučaju pojave požara.

ZUSAMMENFASSUNG

Inhibitoren und ihre Rolle bei der Verhütung von endogenen Grubenbränden in Kohlengruben

Dipl. ing. N. Pavlović*)

Als Inhibitoren werden solche chemische Mittel genannt, die imstande sind, Oxydationsprozesse vollkommen aufzuhalten oder zu mindern weil sie einen Schutzfilm oder Überzug bilden und dadurch einen Kontakt der Kohlensubstanz mit Sauerstoff unmöglich machen. Zu dieser Gruppe gehören sowie Latex- als auch Polyuretanschäume. Neben diesen werden zu den Inhibitoren auch jene chemische Mittel gerechnet, die Oxydationsprozesse durch ihre Kühlwirkung herabsetzen.

Für die praktische Anwendung in den Kohlengruben werden am meisten wässrige Lösungen von Kalziumchlorid, Kalkmilch oder Kalziumbikarbonat verwendet. Konzentrationen dieser Inhibitorenlösungen sind verschieden stark und bewegen sich bei Kalziumchlorid von 10—30%, bei Kalkmilch von 1—10% und bei Kalziumcarbonat cca 0,25%.

Die in unserem Institut nach der Methode von Prof. Dr. Olpinski durchgeföhrten Untersuchungen ergaben den Beweis, dass Kalziumchlorid die stärkste inhibierende Wirkung besitzt, während seine Lösungskonzentration von geringerer Bedeutung ist.

Neben seiner stark inhibierenden Wirkung besitzt Kalziumchlorid auch eine bedeutende Hygroskopität, so dass es durch Luftfeuchtigkeitsaufnahme der Pasta eine gewisse Elastizität und Dauerhaftigkeit sicherstellt, während die Kalkmilchpasta, die diese Eigenschaft nicht besitzt, austrocknet, Trocknungsrisse, zeigt so dass die Schutzschicht nach einer gewissen Zeit abfällt.

Die bei praktischer Anwendung in Kohlengruben zu verwendende Kalzumichlorid-Konzentratlösung ist durch die Verhältnisse an Arbeitsstellen, in erster Linie durch Temperatur und Feuchtigkeit, bedingt. Deswegen müssen die Verhältnisse vor dem Beginn der Schutzdurchführung eingehend studiert werden.

Damit die Inhibitoren, die dünnflüssig sind, nicht an senkrechten Flächen herabfliessen, werden ihnen Füllmittel, sehr oft ein plastischer Ton, Erde, Flugasche, ausgebrannte Haldenberge bei den Kohlengruben und a.m. zugesetzt. Die auf diese Weise gewonnenen Pasten oder Suspensionen werden auf Flözflächen durch Injektion oder Oberflächenaufputz aufgetragen. Die Injektion wird mit passender Apparatur unter Druck durchgeföhr, während der Oberflächenanstrich auch mit Hand durchgeföhrt werden kann.

Inhibitoren stellen sehr wirkungsvolle Mittel dar, die besonders in der letzten Zeit in den Kohlengruben zur Beherrschung der endogenen Flözbrände verwendet werden, da sie sehr wirkungsvoll und relativ billig sind, ihre Handhabung einfach und im Vergleich mit den beim offenen Flözbrand auszuführenden Arbeiten, ungefährlich ist.

Literatura

- Jovanović G., 1966: Kako prići problematiči požara u rudnicima. — »Protivpožarne zaštite«.
- Jovanović N., Pavlović N., 1966: Možnost i uslovni primene inhibitora u postupku preventivne odbrane od nastajanja jamskih požara u Ibarskim rudnicima kamennog uglja. — Studija Zavoda za ventilaciju i tehničku zaštitu i Biro-a za analističku hemiju. Rudarskog instituta, Beograd (Zemun).
- Maevska, B. M., 1961: Primjenje antipirogenov dlja profilaktiki i tušenija endogenyh podzemnyh požarov. — Ugol', 7.
- Šebor G., Hoffbauer I., 1960: Chemiske sposoby predchazeni a zdolovani dulnih požaru. Prag.

*) Dipl. ing. Natalija Pavlović, saradnik Zavoda za ventilaciju i teh. zaštitu Rudarskog instituta, Beograd (Zemun).

Osvrt na rad Međunarodnog simpozijuma o jamskim požarima, održanog u Rožnovu 1966. godine^{*)}

Naučno-istraživački institut u Radvanici organizovao je u vremenu od 18—20. oktobra 1966. godine Simpozijum o jamskim požarima u Rožnovu (ČSSR). Na ovom skupu izneta je oko 40 referata, koji su tretirali, na naučnoj bazi, uzroke jamskih požara, metode i organizacije suzbijanja, kao i neka druga pitanja iz oblasti bezbednosti u rudarstvu.

Dipl. ing. J. Šmit, pomoćnik direktora Naučno-istraživačkog instituta u Radvanici (Ostrava) dao je na kraju Simpozijuma jedan zaključni osvrt na rad Simpozijuma. Dipl. ing. Šmit bio je tako ljubazan da ovaj zaključni osvrt, na molbu jugoslovenske delegacije, ustupi Redakciji našeg časopisa, s obzirom da su predmeti pojedinih referata od naročitog interesa za naše stručnjake, koji se bave problemima jamskih požara u našim rudicima. Zaključni osvrt objavljujemo u celosti:

Poštovani prijatelji,

Pripala mi je ugodna dužnost da rezimiram rad ovog našeg visoko cenjenog i korisnog zasedanja, na kome ste u vašim referatima i diskusijama dali toliko dragocenih saznanja o jednoj od najvećih opasnosti koja ugrožava rudara — o jamskim vatrama i požarima.

Izloženi i pismeno predloženi referati predstavljaju bogati zbir istaknutih saznanja i istražnih radova iz 32 revira Evrope i

^{*)} Redakcija obaveštava da raspolaže spiskom od 38 referata.

Azije (Ruhr, Zwickau — Oelsnitz, Gornoje-i Donješelski revir, Lorene, Cavenes (Gard Hерault), Campine, Borinage, Pečuj, Dorog, Nograd, Matra, Tatabany, Oroslav, Bartoloty, Komlo, Donbas, Podmoskovski basen, Kuzbas, Čeljabinsk, Istočni Sibir, Karaganda, Daljeći istok, Prokopovsko-Kizelovski revir, jugoslovenski Kakanj, indijski bazeni — Iharia, Raniguj, OKR, SHR, Kladna, Novak i Handlova).

Zajedno sa počasti koja mi je poverena, pripao mi je i vrlo težak zadatak, da bar delimično skupim bogatstvo ovde izloženih i u referatima opisanih saznanja.

Načelno je moguće da se celokupna problematika koja je bila obrađivana na našem zasedanju, svede na ove tematske skupine:

I. Endogeni požari, uzroci njihovog postanka, sklonost uglja samozapaljenju, metode njihovog otkrivanja, zaštita i savlađivanje u početnom stadijumu. Iz analiza koje su razni ovde prisutni autori izlagali, proizilazi da su endogeni požari daleko brojniji od egzogenih požara, a u nekim revirima predstavljaju 80—90% svih registrovanih požara. Tako je slučaj u moćnim slojevima Donbasa, u revirima ČSSR, osim OKR, u indijskim rudnicima, Zwickovsko-Oelsnickom reviru i u nekim basenima SSSR-a. U Kurskom basenu učešće endogenih požara je 75%.

II. Egzogeni požari, preventivna predohrana protiv njihovog postanka i njihovo savlađivanje u početnom stadijumu.

III. Metode savlađivanja već nastalih požara:

- a) predohrana u samom provetrvanju jame,
- b) zatvaranje mesta požara uključujući inertizaciju sredine,
- c) taktika uklanjanja havarije.

IV. Obuka i oprema jamskih zaštitnih četa.

V. Signalizacija havarije i uređaji za alarm i zaštitu ljudi.

Izvan ovog okvira ostaju važna saznanja o pojавama metana i o obrazovanju rudarskih inženjera, o čemu je govorio Mach; o karakteristikama ugljenih revira, o čemu su izlagali inostrani gosti iz Indije, Francuske, Belgije, Nemačke, Poljske, SSSR-a, Jugoslavije, Mađarske i ostalih zemalja; o zaštiti od požara na površinskim otkopima rudnika, o čemu je govorio Haussman; o poboljšanju i automatizaciji proračuna mreže vetrenja i glavnih principa provetrvanja.

ENDOGENI POŽARI

A. Kao uzroci samozapaljenja uglja, a time i postanka endogenih požara, saglasno su dati:

- sklonost uglja samozapaljenju,
- pristup vazduha do zdrobljenog uglja u ugljenim stubovima ili u zarušenom radu,
- nedovoljno odvođenje toplote stvorene oksidacijom uglja.

1) Utvrđivanje sklonosti uglja k samozapaljenju obrađivali su autori iz revira Cevenes, koji su uveli praktičnu metodu prema J. M. Durand-u. Ovde su jako interesantni podaci o usavršenim uređajima, koji u velikoj meri omogućuju programiranje automatizacije celog sistema. Pažnje vredno je korišćenje raznih primesa iz materijala koji se nalaze u jami, a mogu da ubrzaju ili uspore oksidaciju. Durand je uveo praktično korišćenje izmerenih vrednosti temperature, količine CO i glavne indekse CO/O₂ u jamskom vazduhu, pri ispitivanju starog rada sondama.

Takođe je veoma interesantan nalaz, da je maksimalno vreme indikacije od 18 meseci koje je bilo utvrđeno laboratorijskim pokusima (iako izgleda da je veoma dugo), potvrđeno podatkom koji je dao u referatu

K. N. Singh iz Indije, koji navodi, da samozapaljenje nastupa ako razlika između temperature izmerene pri otvaranju u netaknutom polju i u otvorenom iznosi približno 175°C.

Za specifične uslove mađarskog lijaskog uglja iz pećujskih rudnika, čiji se ugalj razlikuje od karbonskih naročito po velikom sadržaju sumpora, Kaurek je uveo piritnu metodu. Opštu vrednost imaju njegove kinetičke studije, koje omogućavaju da se dobije pregled sposobnosti sorpcije o tipu i poretku reakcije, kao i o brzini reakcije. Metoda kontaktne periode, koja je bila takođe isprobana, verovatno je podesna samo za specifične slučajeve. Kod nas je ona pokazala sasvim malu razliku među pojedinim slojevima.

U referatu poljskih autora Leicza i Frucze-a prikazana je metoda Macijaš-a, koja je zasnovana na posmatranju brzine reakcije uzorka uglja sa rastvorenim vodonik peroksida (H₂O₂). Na osnovu dužine tzv. pripremnog stadijuma može da se odredi stepen sklonosti uglja ka samozapaljenju. Praktično korišćenje ove metode pored PLR uvodi i Štiavnicku u ugljenim jama Slovačke. S. Möckel svrstava sklonost ka samozapaljenju uglja Zwickovsko-Oelsnizskog revira po sledećem redu: vlaknasti ugljevi, mat ugljevi, sjajni ugljevi (koji su najviše skloni), pri čemu je stepen sklonosti tim veći, što ugalj sadrži više vitrita, durita i FeS.

Kritikom laboratorijskih metoda ispitivanja samozapaljenja bavvio se Harašta, koji je izložio iskustva pri korišćenju metode deficitnog kiseonika.

Jokanović i Vukanović iz Jugoslavije su pravilno upozorili, da naročito u moćnim slojevima uglja i lignita, sklonost uglja ka samozapaljenju iz pojedinih bankova sloja može da bude suštinski veoma različita. Pomenuti autori dali su u svojim predavanjima kritiku najpoznatijih metoda određivanja sklonosti uglja ka samozapaljenju i opredelili su se za upotrebu Mayer-ove modifikovane metode po Olpinskom. Na primerima su dali i konkretno upoređenje rezultata ove metode sa metodom peroksida. Najbolje rezultate postigli su, kada su na

aparaturi prema Olpinskom upotrebili hinolin sa tačkom ključanja 232°C . Peroksidna metoda pokazala se kao jako podesna za određivanje prirodne sklonosti mrkih ugljeva ka samozapaljenju.

2) P r i s t u p v a z d u h a u g l j e n o j m a t e r i j i je poznati uslovni faktor za nastajanje samozapaljenja. Do koje je mere ovaj faktor odlučujući pokazuju činjenice o pojavi samozapaljenja u različitim ugljenim bazeinima SSSR-a, koje je prikupio i obradio Babokin. Autor je ovde obuhvatio uticaj moćnosti sloja, zaleganje sloja, ostavljenih stubova, brzine napredovanja otkopnog fronta, metode eksploracije i načina regulisanja zarušavanja (i zasipa). On dolazi do zaključka, da na samozapaljenje utiče i brzina vazdušne struje, koja prolazi i gubi se kroz ugalj. Ukoliko je vazdušna struja (koja prolazi kroz ugalj) manja od $0,06 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ (donja granica), oksidacioni proces ne može biti dovoljno intenzivan radi nedostatka O_2 , a nastalu toplotu apsorbuje okolina žarišta, tako da ne dolazi do zagrevanja. Obrnuto, pri vetrenoj struci većoj od $1,2 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ (gornja granica) dolazi do konvektivnog odvoda topoteke, koji takođe sprečava zagrevanje. Kao najopasnije, sa stanovišta mogućnosti zagrevanja, autor smatra brzine vetrene struje između $0,4$ i $0,8 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$.

Veoma interesantni su opiti koje je u tom pravcu izvršio E. Varga iz NR Mađarske na naročito izrađenom uređaju kojim se može izmeniti brzina vazduha koji prolazi kroz srazmerno veliki uzorak zrnastog uglja. Brzina je bila merena u rasponu od $0-432 \text{ cm/min}$. Opiti koji su izvedeni sa uzorcima uglja iz raznih ugljenih bazena NR Mađarske pokazali su, da promena brzine upijanja kiseonika ugljem nije zavisna od brzine vetrene struje koja prolazi kroz ugalj. Ovaj uređaj se pokazao veoma podesnim za izvođenje ovakvih opita.

3) O uslovima koje omogućuju nastajanje zagrevanja bavili su se i drugi autori kao Sincha, ističući uticaj vazdušnog kiseonika koji dolazi do ugljenih slojeva kroz pukotine sa površine ili iz drugih jamskih radova; kolektiv autora iz bazena Loraine, ističući opasnost potkopavanja slo-

ja; Štiavnický, koji upozorava na opasnost razdrobljenih stubova i na nepovoljan uticaj depresije, u čemu se takođe slaže sa W. Möcklom iz NDR. Uz ovo se može napomenuti da je u svoje vreme i u OKR bilo bojazni pred povećanjem depresije u glavnim ventilatorima, a naročito na karbinskim rudnicima. Ipak je iskustvo potvrdilo, da ova opasnost nije ni blizu tako velika, ukoliko se reguliše pravilno zatvaranje starih rada va i da se ne stvaraju nepotrebno uski stubovi, koji bi bili zdrobljeni gorskim pritiskom. Za mađarsko rudarstvo je neosporno korisno ispitivanje Varge, koji je 10 godina pratilo barometarski pritisak, temperaturu i apsolutnu vlažnost vazduha, u odnosu na nastajanje endogenih požara.

U zaključku ovog stava može se potvrditi mišljenje jugoslovenskih autora da su »svi parcijalni uticaji i njihove veličine toliko variabilne, da i pri veoma opsežnim ispitivanjima svih parametara nije moguće između svih njih i stepena sklonosti ka samozapaljivosti naći tačnu zakonitost«.

— B. Značajna pažnja bila je u referatima posvećena metodama pravovremenog otkrivanja značajnog samozapaljenja, jer upravo oni omogućuju primenu odgovarajućih mera i likvidaciju žarišta, pre nego što se razvije endogeni požar. Jedinstveni pokazatelj samozapaljenja ne postoji. Kao znakovi samozapaljivosti uglavnom se smatraju:

- pojava znoja (hvatanje rose) u jamskim prostorijama na mestima gde se javljaju požarni gasovi,
- mirisi od benzina ili benzola,
- lokalno povišenje temperature,
- pojave CO u jamskoj atmosferi,
- pojave dima u jamskoj atmosferi.

Utvrđivanje znakova samozapaljenja vršila je ranije u jamama isključivo služba požarnih osmatrača, i to vizuelno ili po mirisu, što se pokazalo nedovoljnim, pa ipak to se i danas praktikuje u nekim revirima.

I pored toga što su pronađeni novi i savršeniji tipovi detektorskih aparata i indikatora za CO, za sve oksidovanje gasove, ugljen-vodonike izuzev metana i sumpor-vodo-

nika, koji se, kako se vidi iz izveštaja, proizvode već u svim zemljama sa visoko razvijenim ruderstvom, ipak njihova osetljivost nije dovoljna da pravovremeno otkriju opasnost zagrevanja, a naročito kod detekcija koje zahtevaju mnogo radne snage. Pri tome kontrola nije neprekidna, što predstavlja najveći nedostatak. To su glavni razlozi zbog kojih se u poslednje vreme počinju da masovno postavljaju automatski merači i aparati za registraciju (indikaciju) CO ili drugih požarnih gasova i produkata. Postavljanjem takvih uređaja i iskorišćavanjem registrovanih rezultata bavi se u svom referatu W. Both. On navodi da su na osnovu »Haupstellē für Grubenrettungswesen« — Essen bili postavljeni permanentni analizatori na 280 mesta glavnih vetrenih i SVO struja, a dalja nabavka se nastavlja. Uređaji sistema UNOR i MAIHAK su se u jamama pokazali potpuno odgovarajući. Za upotrebu u jami bliže površini preporučeni su uređaji »CO-Schreiber« firme Dräger Lübeck. Samo u jednoj godini na njihovo pravovremeno upozorenje uspelo je da se pravovremeno likvidira 25 mesta zagrevanja, a takođe i egzogenih požara. U jednom slučaju došlo je od registracije vatre i do njezine likvidacije 1/2 časa iza signalizacije uređaja. Slično se dogodilo i u reviru Zwickau-Oelsnitz, kako to navodi u svome referatu W. M ö c k e l.

Ovaj je autor detaljno opisao ispitivanja koja su sprovedena na 10 proverenih uređaja i upoređivana sa rezultatima detektorskih ampula. Uređaji su zasnovani na principu infracrvenog svetla i postižu tačnost od 0,0002%. Autor je opisao i objasnio razlike u zapisima uređaja prilikom pojave CO nastalog usled zagrevanja ili jamskih požara i pojave CO od jamskih lokomotiva i miniranja. Uređaji bi trebalo da budu instalirani u vetrenim strujama koje ne prelaze količinu od 600 m³/min, ali tako da bi obuhvatili sve vazdušne tokove SVO uključujući gubitke. Autori iz Lorenskog revira razvili su sistem ispitivanja pojave CO pomoću analiza koje su bile izvršene u laboratoriji na uređaju Wösthoff. Ovaj veoma tačan uređaj, koji je u poslednje vreme upotrebljavan u ČSSR, omogućuje ispitivanje sadržaja CO do 0,0001%. Pri sistematskom ispitivanju 1960. u Loreni, izvršena je:

- kontrola vazdušnih struja u jami i radilištima

- kontrola gubitaka vetrene struje, koja prolazi kroz ruševine,
- kontrola CO u gasovima iz bušotina za otpajavanje.

Sva ova merenja su izvršena u radnoj i neradnoj smeni.

Ispitivanje razvoja pojave CO u zarušnim prostorijama ili zasutim prostorijama bilo je sprovedeno pomoću sistema ugrađenih cevčica u zaostalim stubovima (rebrima), ili u prostorijama zasipa. Slično ovom bila je ispitivana i pojava u ugljenim stubovima, gde je postojala opasnost od samozapaljenja, pomoću sondi zabušenih u stubove u udaljenosti od 5 — 20 metara.

Autori dolaze do zaključka, da je jedini siguran i pravovremeno uočljiv znak za početak akcije porast koncentracije CO, čemu se postepeno pridružuju miris i ostale pojave. Pri tome se ipak ne sme stvar tako pojednostaviti, da na svakom mestu gde se CO pojavlja dolazi do samozapaljenja, već nasuprot tome treba ispitati karakteristični tok porasta sadržaja CO i s tim u vezi tri principa:

- princip kada počinje nepobitan razvoj u zoravajuće pojave,
- princip otpočinjanja aktivne borbe protiv zagrevanja,
- princip kada počinje nepobitan razvoj u pravcu požara.

Možemo se saglasiti sa mišljenjem autora, da nedavno objavljena razmatranja o prethodnoj pojavi vodonika ili etilena, kao o znacima samozapaljenja, nisu u svim slučajevima dokazana, a da su sigurniji podaci o pojavama CO gasa. Može se reći, da je porast CO i signal za postanak egzogenih požara. W. Both navodi da je, po pravilu, egzogeni požar u pitanju, kada je odnos CO₂ prema CO u smeši manji od 5.

Poljski autori uveli su laboratorijsku metodu pravovremenog konstatovanja samozapaljenja, koja se zasniva na ravnomernom uzimanju uzorka vazduha na određenim tačkama vetrene struje. Iz dobijenih vrednosti prosuđuje se gubitak kiseonika, odnos porasta CO₂ prema gubitku kiseonika i odnos porasta CO prema gubitku kiseonika. Odstupanje ovih faktora od određene baze signalizira na porast zagrevanja. Ova metoda je

bila primenjena i u ČSSR, ali je veoma naporan u poređenju sa upotrebom kontinuiranih analizatora CO. Od ovih uređaja ipak treba zahtevati:

- tačnost davanja podataka u stepenima $\pm 1,5$ od vrednosti skale,
- osetljivost uređaja do 0,0002%,
- stabilnost nulte tačke od 0,0002 kroz četiri sedmice,
- maksimalno zakašnjenje podataka mere ne vrednosti do 10 minuta,
- jednostavno rukovanje i nadzor,
- snabdevenost uređajem koji ukazuje na kvar aparature,
- snabdevenost sigurnosnim uređajima.

Povoljna strana permanentnih analizatora je u tome, kako upozorava Bot h, da pomoću utvrđenih količina CO i CO₂ možemo da izračunamo i srazmerno brzo odredimo veličinu požara (količinu gorućih materija).

C. Preventivnim merama protiv pojave endogenih požara bavili su se: S l o k a n, H a u s m a n, B a b o k i n, E l n e r, K a u r e k, S i n h a, Š t i a v n i c k y i C h l e b i k. Svi se autori slažu u tome, da je najbolja preduhrana ispravno izvođenje rudarskih radova prema proverenim principima, koji su u većini zemalja takođe uneti u propise sigurnosti. Jasno je da su ovi principi ponekad različiti prema odnosima u pojedinim revirima. Ovi principi se mogu grubo formulisati sledećim tačkama:

- 1) otvaranje slojeva vršiti najnužnijim brojem jamskih prostorija;
- 2) eksploataciju sloja vršiti odozgo prema dole i to od granice;
- 3) pri mogućnosti potkopavanja sloja paziti na to, da između otkopanog i potkopanog sloja bude dovoljna debljina jalovih vrsta stene, a u obrnutom slučaju koristiti u najvećoj meri puno zapunjavanje, najbolje hidrauličko;
- 4) pre daljeg otkopavanja sloja treba paziti da se tesno zatvore stari radovi otkopanih slojeva, sa kojima sloj koji se otkopava ima ili može imati vezu;
- 5) pripremu sloja vršiti sa minimalnim brojem hodnika.
Među hodnicima sa većim padom depre-

sije ne ostavljati stubove, koji mogu da budu zdrobljeni pritiskom. Kloniti se prevremene pripreme slojeva sklonih samozapaljenju;

- 6) pri izradi pripremних prostorija i podele u strmim slojevima sklonim samozapaljenju treba paziti na brižljivo podgradivanje hodnika i prekopa, da ne bi do lazilo do stvaranja tzv. dimnjaka u sloju. U slučaju da do toga dođe treba voditi stalnu evidenciju o tim mestima;
- 7) izabrati takve metode koje obezbeđuju čisto otkopavanje sloja u celoj moćnosti, brzo napredovanje i minimalne gubitke kod zarušavanja. Pri određivanju brzine napredovanja otkopa voditi računa o inkubacionom vremenu;
- 8) vođenje zarušavanja ili zatrpanjavanja treba tako sprovesti da spuštanje gornjih slojeva i zaplinjavanje zarušenog prostora bude pravilno i ravnomerno, i da do najveće mere bude sprečen pristup vazduha do starih radova;
- 9) pravovremeno i tesno zatvaranje otkopanih ili napuštenih prostorija na svim prilazima, da bi se izolovale od ostale jame;
- 10) sprovodenje sistematske, pravilne kontrole svih izolovanih mesta gde preti opasnost od samozapaljenja pomoći školovane tehničke nadzorne službe.

Međutim, ponekad, kako je to u svom referatu spomenuo Ch leb i k, nije moguće svim ovim zahtevima udovoljiti, a naročito ako su u pitanju složeni tektonski odnosi sa čestim poremećajima slojeva ili promenama njihove moćnosti.

Rudarska praksa i istraživanja izvršena u zemljama koje su zastupljene na ovom savetovanju, dali su još i druge načine preduhrane — likvidaciju zagrevanja u začetku.

Tako Ch leb i k preporučuje, na osnovu iskustava iz rudnika Žofije, za otkopavanje:

- a) postepeno blokiranje starih radova pomoći tesno postavljenih pojaseva iznad eksploracionih ili ispod vretenih prostorija;
- b) postavljanje pregrada (baraža) od pepela na ulaznoj i izlaznoj vretenoj struji, iza otkopa;

- c) zaptivanje osnovnog niskopa u otkopima sa strmim slojevima pomoću pepela debljine 1 — 2 m;
- d) kombinaciju ovih metoda, uz istovremeno povećanje napredovanja otkopnog fronta;
- e) injektiranje ugroženih mesta materijalom koji je smeša bentonita i kalcijum-hlorida, pod pritiskom od 2 — 12 atmosfera;
- f) injektiranje zdrobljenih pojaseva pepelom pomoću cevi zabijenih do uglja;
- g) izolaciju onih mesta gde je počelo zagrevanje pomoću manžete u stropu;
- h) zamuljivanjem celog profila ugroženog dela hodnika pepelom, a onda probijanjem hodnika sa manjim profilom;
- i) skidanje i vađenje zagrejanog uglja posle čega se prostor zagradi, ohladi vazduhom ili vodom, ili se zamulji.

S t i a v n i c k y preporučuje, da se donji bank, prilikom otkopavanja gornjeg, zaštiti od zagrevanja zasipanjem sloja pepela sa vodom po tlu, u debljini od oko 30 cm. Kao preventivnu mjeru protiv nastajanja zagrevanja u zdrobljenim stubovima preporučuje injektiranje pepelom ili mlevenom glinom sa vodom i kalcijum-hloridom.

B a b o k i n naročito preporučuje kompleksnost izvođenja pripremnih mera, pravilan izbor smese sa ilovačom i pravovremeno izvršavanje svih preduzetih mera.

S l o k a n je naveo interesantnu metodu za suzbijanje endogenih požara korišćenjem CO₂ iz starih radova. To spada u kompleks pripremnih mera, kojima se uspeo smanjiti na minimum broj endogenih požara u jami sa strmim slojevima.

E i n e r navodi da veoma retko dolazi do zagrevanja u jamama mrkog uglja, gde se u krovini nalaze stene koje se lako razmiču i lako zarušavaju, čime obezbeđuju dobru izolaciju starog rada. U ovim slučajevima preporučuje, da se taj zarušeni materijal polije vodom ili rastopinom ilovače. Dalje navodi da je najrašireni način predohrane od zagrevanja u otkopima ili likvidacija požara u početnom stadijumu, u SSSR-u tzv. »zalovka«, što znači zamuljivanje otkopnih prostora pomoću peščano-glinene smeše, u odnosu materijal — voda 1 : 3 pa sve do 1 : 20, pomoću bušotina sa površine ili kroz specijalne cevi. Na ovaj način se u jamama Kuz-

neckog, Čeljabinskog i Kizelovskog bazena, Karagande, srednje Azije, istočnog Sibira i Dalekog istoka likvidira 80 — 90% svih endogenih požara. U cilju toga je obrazovana specijalna organizacija »Speckontor«, koja raspolaže snažnim mašinskim parkom, potrebnim za izvršenje tih radova.

K a u r e k iz NR Mađarske podelio je metode likvidiranja samozagrevanja i endogenih požara u njihovom početku na:

- 1) hemijska sredstva, koja deluju na površinu ugljene materije kao što su:
 - kuhijska so — za početni stadijum, do 36°C;
 - trinatrijum fosfat sa 12 molekula kristalne vode, do 46°C;
 - smeša salmijaka i glauberove soli, do 56°C.

Smeše se prskaju na površinske plohe i u pukotine, posle čega dolazi do brzog opadanja temperature zagrejanog uglja.

- 2) Injektiranje hemijskih smeša
 - rastvor natrijum karbonata u 7% rastvoru.
 - 3) Intenzivno hlađenje
 - tečnim ili čvrstim ugljen-dioksidom.

S i n h a navodi, osim metoda za likvidiranje endogenih požara, koje se sprovode direktno u jami, i neke metode za površinske otkope, odnosno za plitke jame, gde se usled eksploracije javljaju na površini pukotine. To su:

- a) zatrpanjem požarnih sektora nezapaljivim materijalom, kao što je: pesak, ilovača, glina;
- b) jarkovi, u cilju izolacije;
- c) potapanje požarnih mesta vodom;
- d) zasipavanje peskom pomoću bušotina sa površine;
- e) zatrpanje prostora u kome dolazi do sleganja tako da se spreči pristup vazduha do požarnih mesta.

II. EGZOGENI POŽARI čine drugu skupinu, istina manju, ukoliko je u pitanju njihov broj, ali zato mnogo značajniju po svojim obimom i po ugrožavanju ljudskih života.

Uzroci egzogenih požara. — Uvođenje nove tehnike i višeg stepena meha-

nizacije u jame nosi sobom i veći rizik pojave otvorenih egzogenih požara. U pitanju su požari (vatre), koji nastaju pri upotrebi električnih uređaja, transportnih sredstava, aparata za sećenje plamenom i za zavarivanje, radovi sa eksplozivom i sl. Srazmerno veliki broj slučajeva nastajanja otvorenih požara (vatri) bio je zapažen poslednjih godina kod transportnih traka, što u svom referatu spominju Both, Šiška i Suchan. Nastojanje da se primene trake sigurne od zapaljenja u NR Poljskoj i u drugim državama svedoči, da je i tamo pojавa požara na transportnim trakama dosta česta. Pri tome se mora imati u vidu da opasnost ne nastaje jedino usled zapaljenja gumenih traka, nego i usled trenja valjaka o konstrukciju, kao i usled prskanja vrelog ulja za podmazivanje i sl.

O opasnosti nastajanja požara pri upotrebni električne energije u jami bavio se u svom referatu isključivo Bakončik koji pravilno navodi, da je opasnost kod nastajanja požara najveća prilikom kvarova na električnim uređajima. U tom pogledu je najopasniji deo u razvodu električne energije, vučni kabl. Česti su kratki spojevi, kao posledica trganja kabla iz kablovske glave kod mašine za dobivanje, kod momentalnih šaltera, elektromotora i tome slično. Zatim, stene koje padaju mogu ozbiljno ošteti kabel. Takođe i kvalitet izolatora nije u svim slučajevima rešen na zadovoljavajući način. Srazmerno je ostala zapostavljena oblast opasnosti od nastajanja požara ugljene prahine ili metana u zaseku, pri radu mašina za podsecanje i dobijanje.

Ako saberemo uzroke egzogenih požara vidimo da je većina njih nastala kao posledica nepravilnog ljudskog rada, što proizlazi iz kršenja sigurnosnih propisa ili iz nepoznavanja tačnog i bezopasnog rada mašinskih i električnih uređaja. Iz ovog razloga prvorazredni značaj pridaje se ograničenju uticaja ljudskog faktora, uvođenjem automatizacije, blokiranjem opasnih elemenata i jednostavnosti u pogledu rukovanja i održavanja.

Preventivne mere protiv egzogenih požara. — Kako je već bilo navedeno velika količina iz ukupnog broja egzogenih požara nastaje upotreboom transportnih traka, i to kod pogona traka. Važna preventivna mera je, u prvom redu, upotreba nezapaljivih traka. Dalje, konstruisani

su različiti uređaji za praćenje temperature u pogonskom bubenju, koje je u svom referatu opisao Strakoš.

Da bi se povećala sigurnost pri upotrebi električne energije u jamama, sa gledišta predohrane od požara, osnovna mera je upotreba električne mreže sa neuzemljenim čvorom. Budući da kratkom spoju često prethodi i kvar u izolaciji među fazom i zemljom, potrebno je da se automatska kontrola izolacionog sistema smatra kao tehnička mera u predohrami protiv nastajanja požara od električnih uređaja. U svom referatu je Bakončik dalje pravilno upozorio, da se pažnja mora usmeriti, pre svega, na pokretljive kablove u otkopu.

Zapažen broj preventivnih mera dao je u svom referatu Hausman. Kao glavne, navodi ove principe: odstranjivanje gorivih i zapaljivih materija, nezapaljive zone — najmanje 75 metara duge u postojećim jamskim radovima, nezapaljive transportne trake, sistematsko kontrolisanje traka od strane nadzornog osoblja i automatski uredaj za gašenje prskanjem u nekim naročito ugroženim mestima, kao npr. u remizi za lokomotive, kod pogonskih stanica traka i drugim.

Za zaštitu od kvara ili havarije važna su nova saznanja o upotrebi vatrostalnih smeša, koja u svom referatu navode Wolewczyc i Walter. Pomoću ovih smeša se obrazuju protivpožarne zone, čiji je zadatak da ograniče širenje požara u jamskim hodnicima podgrađenim drvetom. Prilikom opita u hodniku za ispitivanje požara u Frajbergu konstatovano je, da najjače dejstvo ima smeša koju su autori nazvali »azbestbeton«, a koja se sastoji iz jednog dela cementa, jednog dela peska i tri dela azbestnih otpadaka.

Za predohranu od havarije i za likvidaciju vatre da je dragocene podatke referat Roberts i Cleugh, koji govore o optima sa modelima širenja vatre po hodnicima podgrađenim drvetom. Požari u jamskim hodnicima karakteristični su po tome, što se proizvodi gorenja kreću u istom pravcu u kome se i požar širi. Toplotom svih proizvoda zagrevaju se sektori koje požar još nije obuhvatio. Postojanje i veličina zagravane zone, za praksu je veoma važna, jer

ona direktno određuje brzinu širenja požara. Ako se jedan određeni sektor podgradi nesagorljivom podgradom, tada se u daljoj zoni ograniči zagrevanje sagorljive podgrade. Veoma je važno utvrditi potrebnu dužinu nesagorljive zone kako bi se sprečilo paljenje podgrade u smeru vetrovne struje.

Sa stanovišta predohrane protiv požara mora se i dalje nastaviti sa ispitivanjem, razvojem i iskorišćenjem napredovanja tehnike, u cilju automatskog funkcionisanja sigurnosnog sistema, kao što je npr. isključenje električne struje kada dođe do prekoračenja dozvoljenih granica metana — pomoću relea za metan, isključenja transportera prilikom prekoračenja opasne temperature (vidi referat *Strakoša*), kontrola pravilnog funkcionisanja uređaja za razvođenje struje — sa automatskim blokiranjem neispravnih elemenata, kontrola pritiska vode u jamskom vodovodu i sl. Jasno je, da nadzor nad sigurnosnim sistemom i njegovo redovno održavanje nužno spada u domen svih sigurnosnih mera u svrhu sprečavanja neprilika.

U svom referatu *Lejczak i Eryc* zavabili su se takođe sprečavanjem nastajanja egzogenih požara. Prema ovim autorima organizovana i dugotrajna akcija poljskih preduzeća bila je usmerena na odstranjivanje svih za požar opasnih uređaja i elemenata u jami, kao što je, na primer, otvoreno svetlo, zabrana pušenja, nošenja šibica i sl. U poljskim rudnicima sagorljiva podgrada zamjenjena je nesagorljivom, a ponegde je bila torkretirana cementom.

Električni kablovi sa sagorljivom izolacijom bili su zamjenjeni kablovima sa nesagorljivom izolacijom, električni uređaji sa uljem bili su zamjenjeni onim bez ulja, uvedeni su uređaji za kontrolu izolacionog sistema mreže i sl. Sve mere predohrane, kao posledica dugog i sistematskog rada, dovele su do značajnog smanjenja broja egzogenih požara.

Likvidiranje egzogenih požara u početnom stadijumu. — Ispravan izbor metode za likvidiranje egzogenih požara je važan, naročito pri požaru koji tek počinje, jer je zahvat za dalji razvoj havarije obično odlučujući. Uspeh izabranoj načina za likvidaciju određen je nivoom protipožarne tehnike. U tom pravcu treba se usmeriti na automatske i daljinske metode likvidiranja egzogenih požara.

Za bržu likvidaciju požara u jami važni su uređaji za gašenje prskanjem, koji se instaliraju u jami na svakom ugroženom mestu, kako to navodi *Hausman* u svom referatu.

Pri pojavi požara u jamskom polju požar se obično brzo primeti ukoliko u polju ima ljudi. Ukoliko požar nastane u nedelju ili u neradni dan moramo se osloniti na uređaj preventivnih mera. Tu se uglavnom radi o merenju temperature, vetrovne struje i konstatovanju dima u vazduhu, kako je to izloženo u referetu *Strakoša*.

Za momentalno likvidiranje vatre najbolje sredstvo je voda. Ipak i pored toga se događa, da na nekim rudnicima nije posvećeno dovoljno pažnje razvođenju jamskog vodovoda. Kao što su naveli *Žiška i Suchan*, u slučajevima iz havarija u ČSSR, zbog nedostatka vode za prvi direktni zahvat, može da dođe do takvog proširenja požara, da se mora odustati od likvidacije požara prvim zahvatom, i mora se pristupiti jako teškom i opsežnom zatvaranju pogodjenog dela jamskog polja.

III. METODE SAVLAĐIVANJA RAZVIJENIH POŽARA

Mere kod provetrvanja

Važan uticaj na obim štete, nastale kao posledica jamskog požara, ima stanje ventilacione mreže. Neposredno otvaranje i priprema sa stanovišta provetrvanja, nestabilnost ili rascepkanost ventilacione mreže sa opasnim kratkim spojevima, silazno sprovođenje vazdušne struje i zajedničko provetrvanje dvaju ili više otkopnih polja nepovoljno utiče na obim štete, naročito u odnosu na gubitke ljudskih života i na veličinu pogodjenog područja. Najveće jamske štete u ČSSR u rudnicima Dukla, Hlibina OKR i u drugim revirima, imale su tragične posledice upravo zbog toga, što sistem provetrvanja nije bio potpunno sposoban za slučaj havarije.

Sličnu informaciju sa temeljnom analizom dali su jugoslovenski autori *Jovanović Gvozden i Ćurčić Aleksandar* o požaru i katastrofi u jami Orasi, gde je izgubilo živote 128 rudara.

Za izbor najpodesnijih režima provetranja i za utvrđivanje depresije među kritičnim tačkama ventilacione mreže, nužno su potrebna odgovarajuća pomoćna sredstva, kao npr. analogne računske mašine za modeliranje ventilacione mreže. Ovim problemom bavio se u svom referatu *V a l e n t a*, koji takođe objašnjava na koji način može analogna računska mašina iskoristiti i prilikom havarija, za brzu orientaciju pri nužnim promenama u sistemu provetranja.

Promenama u provetranju u cilju likvidiranja požara, odnosno zaštite ljudi, bavili su se u svojim referatima *L e j c z a k - F r y c z i N i k o l e n k o*. U ovim referatima su prikazane i mere u provetranju, koje omogućuju da se snizi depresija žarišta, kao i obrtanje vazdušne struje prilikom raznih slučajeva jamskog požara. *N i k o l e n k o* dalje pravilno upozorava na opasnost, koja je spojena sa promenama u provetranju u metanskim jamama. Pri bilo kakvoj promeni provetranja na ovim jamama mora se, pre svega, pravilno razmotriti, da li se u datom, konkretnom slučaju ne može obrazovati eksplozivna smeša metana u rejonu požara. Osim toga, razume se, mora biti razmotrena i mogućnost da eksplozivna smeša, kao posledica promene pravca u provetranju, prodre iz susednih jamskih radova do žarišta požara.

Savlađivanje požara i zatvaranje požarnih mesta. — Učešnici konferencija posvetili su veliku pažnju savlađivanju požara i zatvaranju mesta gde je došlo do požara.

Iz referata koji predstavljaju suštinski doprinos za metodiku savlađivanja već razvijenih požara, treba pomenuti referat, koji je podneo *S c h u l t z e*, o upotrebi pene napravljene pomoću komprimiranog vazduha, i referat o korišćenju inertnih gasova za gašenje požarnih mesta koji je dao *K r o t k i e v s k i*. Oba ova referata detaljno analiziraju odgovarajuću problematiku i daju vredne predloge za upotrebu navedenih načina savlađivanja jamskih požara u praksi.

U problematici zatvaranja požarnih mesta najveća pažnja bila je poklonjena pregredama od gipsa. *G e n t h e i G l a t z* dali su referat iz te oblasti. Iz ovih referata pro-

izlazi, da pregrade od naboja gipsa imaju neosporno mnogo prednosti nad pregradama od tradicionalnih materijala; za njih nije potrebno izrađivati zaseke, otpadaju dugi pripremni radovi, gotovo odmah po završetku sposobne su da zadrže eksploziju, a glavno je, da se mogu brzo postaviti. Velika im je prednost što obezbeđuju veću sigurnost ljudi, jer oni mogu da najveći deo vremena, potrebnog za postavljanje, budu udaljeni od mesta gradnje, i tada nisu izloženi direktnoj opasnosti od eksplozije.

Važan je problem zaptivnosti ovih pregrada za zatvaranje. Kroz njih ne sme da prolazi vazduh do mesta požara, ili sa mesta požara. Ovim problemom bavio se *F e l f e l d i*, koji opisuje hermetično zaptivanje pregrade pomoću injektiranja bentonitom. Otvaranjem požarnih mesta bavio se *S c h o w e*. Principi izloženi u njegovom referatu omogućuju da se suštinski smanji rizik spojen sa otvaranjem požarnih mesta.

Ovde treba takođe spomenuti i upotrebu raznih vrsta pena, kao što su to dali *S c h u l z e* i *F i n d i k i e l* u svojim referatima.

Taktika i postupak oko likvidacije havarije. — U borbi protiv jamskih požara treba posvetiti pažnju ne samo njihovoj predrhanni i sredstvima za njihovu likvidaciju, već i brzom donošenju odluke i pravilnom postupku pri likvidiranju havarije. Ovo pitanje razmatra u svom referatu *S t e j s k a l*, koji je prikazao dosadašnja iskustva u izradi i praktičnom sprovođenju planova o havariji. On upozorava na potrebu dobre preglednosti plana o havariji, kako bi uvek bilo moguće iz njega brzo utvrditi naročito ugrožena radilišta, puteve za povlačenje kao i sredstva za savlađivanje havarije. Poželjno je, da se pristupi proširenju i poboljšanju tzv. havarijskih komora, u kojima može da se grupno sačuva ljudstvo u jami, koje na osvetljenoj tabli može da vidi ugroženi sektor jame.

U svom referatu *S t e j s k a l* se dalje detaljno bavio problematikom i postupkom likvidiranja havarije. Postupak likvidiranja havarije mora da bude koncentrisan u jednom licu budući da je potrebno, da se po

nastanku havarije odmah preduzmu potrebne mere za zaštitu ljudi i likvidaciju nezgode, mora biti određena osoba koja uvek može da preuzme taj zadatak; zato mora da se, u načelu, zadržava na površini i u blizini mesta iz kojeg se preduzima likvidacija havarije.

Interesantan referat sa stanovišta sposobnosti za akciju četa za spasavanje dao je B ü c h e r, koji navodi načine brzog informisanja članova četa za spasavanje i poziva u akciju. Važnost ovog referata potvrđuje i činjenica, da uspeh akcije za zaštitu zavisi u velikoj meri od brzine sprovođenja alarme i od spremnosti članova čete za spasavanje za akciju. Opisao je dva sistema uzbune koji se koriste u SRN, jedan pomoću glasnika, a drugi pomoću tehničkih alarmnih uređaja — uglavnom ultrakratkih otpremnih stanica. U prvom navedenom sistemu nezgoda je u velikom gubitku vremena, potrebnog za saopštenje svim članovima četa za spasavanje. Sistem sa UKW ima neosporno prednosti sa stanovišta mogućnosti brzog sprovođenja alarme; nezgodna strana su relativno visoki nabavni troškovi i potreba redovnog ispitivanja i održavanja.

IV. OBUKA I OPREMA JAMSKIH ĆETA ZA SPASAVANJE

U pogledu opreme jamskih četa za spasavanje, znatna pažnja je bila poklonjena radu na spasavanju u klimatski nepovoljnim uslovima. Važnost ovog problema proizilazi iz česte pojave zaštitnih radova na spasavanju kod visokih temperatura. Tu se radi o topotli koja dolazi od rasplamsalog požara, a takođe i o topotli u dubokim jamama, gde pri havarijama dolazi do kvara i prestanka rada uređaja za rashlađivanje. U vrlo toploj i vlažnoj atmosferi rad je uvek naporan i opasan, jer preti opasnost od topotnog udara, iscorpljenja kao posledice topote i preveliki gubitak tečnosti. Kako navode M i z i e r s k i i O f i e k pomenuti činioci učestvuju sa oko 30% u smrtnim nesrećama spasilaca. Problemu izbora i obuke ošoblja za spasavanje pri radovima na visokim temperaturama, taktici rada u toj sredini i potrebnoj opremi za ove radove posvećeni su dalji referati ko-

je su podneli C o n i c k, Z y g m u n t i H a u s m a n.

Problemom sniženja temperature pri radovima za spasavanje opširno su se bavili M i z i e r s k i i O f i e k. Za sniženje temperature može se koristiti promena u proveravanju, npr. lokalna promena smera vazdušne struje. No upotreba ove metode je spojena sa opasnošću od eksplozije u metanskim jamama. Među ostale načine za sniženje temperature spada upotreba komprimiranog vazduha, inertnih gasova ili vode. M i z i e r s k i i O f i e k opisali su dalje u svom referatu zaštitni skafander, kao individualno zaštitno sredstvo za radove spasilaca pri visokim temperaturama.

U vezi sa opštim uvođenjem filtera-samospasilaca, referat P r u s k - a i F i c y - a predstavlja napredak, obrađujući problem smanjivanja temperature vazduha za udizanje, pri upotrebi pomenutih filtera.

H a j e k je uveo metodu lečenja posledica trovanja spasilaca u novoizrađenoj komori pod pritiskom, u bolnici u Ostravi.

V. SIGNALIZACIJA HAVARIJE, UREĐAJI ZA UZBUNU I ZASTITA LJUDI

Prekasno alarmiranje je jedan od najčešćih uzroka gubljenja ljudskih života pri jamskom požaru. Radi toga je naše savetovanje dalo naročitu važnost metodama i taktici brzog alarmiranja ljudstva u slučaju havarije.

U svom referatu S a l l e r se opširno bavio pitanjem alarmiranja ljudstva u jami pomoću merkaptana, eventualno njegove seme se sa frenom. On navodi, da je pri alarmiranju ljudstva pomoću aromatičnih materija maksimalno vreme alarme, za najzabitnija mesta, 5 minuta. Iskustva u ČSSR pokazala su, da je na razgranatim jamama ovo vreme u suštini duže. Ovim vremenskim intervalom ograničena je udaljenost najzabitnjeg radijala od mesta gde se ispušta merkaptan. Merkaptan može da bude pušten u cevi sa komprimiranim vazduhom ili direktno u vazdušni stuju. Izbor prvog ili drugog načina puštanja merkaptana zavisi uglavnom od brzine vazdušne struje ili od kretanja kompri-

miranog vazduha. Uređaj za daljinsko ispuštanje merkaptana opisao je u svom referatu S t r a k o š. Glavni deo njegovog referata bio je posvećen tabli za havarije, koja u svojoj suštini predstavlja uređaj koji u slučaju havarije automatski alarmira ljudstvo ugrožene oblasti. Kod objave uzbune pritiskom tastera stavi se u dejstvo magnetofon, preko koga se šalje signal opasnosti u celu ugroženu oblast. Tabla za havarije je pogodna dopuna planu za havarije, a u prvim trenucima kritičnog vremena po nastanku havarije ona omogućava da se brzo i pravilno reši postepeno alarmiranje radnika u jami i to prema stepenu njihove ugroženosti. Njena konstrukcija potekla je iz konkretnе potrebe, nakon velike katastrofe u jami Dukla, gde je i ugrađena.

Mislim, da je veoma koristan doprinos za konferenciju bila informacija direktora Istraživačkog zavoda u Esenu K r a y S t e f f e n h a g e n a o daljim akcijama, koje će u SRN i u Zapadnoj Evropi biti sprovedene, što je omogućilo da prisutni stručnjaci budu bolje informisani i na vreme pripremljeni za ove akcije.

Stvarna i vredna dopuna konferencije, osim panela koje je izradio VVUU, bila je izložba primenjene tehnike, na kojoj su uzeli učešće HBZS i inostrane firme Gesellschaft für Gerätebau, Drägerwerk Lübeck, Auer ŠRN, Junkelör Sessau, Faser iz NR Poljske, engleska firma Associated Electrical Industries (A.E.I.) i čs firma ZVRR Jablunka, Prema i Technicke sklo, ZPA — Prag. Eksponati su interesantni i pružili su naročito transportnim tehničarima, veoma vredne podatke.

Da su održani referati bili realni i korisni, potvrđuje diskusija o izloženim problemima, u kojoj je veliki broj prisutnih uzeo učešće. Interesovanje je bilo tako veliko, da se nije moglo udovoljiti svima, koji su se javljali za diskusiju, a niz problema morao je da se prodiskutuje direktno u međusobno ličnim kontaktima, kojih je bilo dosta, a koji će se takođe i nastavljati.

Savetovanje se završava, ali se ne završava rad na problemima koji su bili obrađeni na konferenciji. Prema onome što je bilo rečeno u referatima i u doprinosima diskusija, problemi koji se moraju i ubuduće razmatrati su sledeći:

- dalje razvijati rad na istraživanju i usavršavati metode za utvrđivanje sklonosti ugljene materije ka samozapaljenju;
- snabdevati jame kontinuiranim indikatorima za CO, CO₂, CH₄ i pogodno ih razmestiti u jami sa daljinskom signalizacijom i registrovanjem kod dispečera;
- nastaviti sa istraživanjem uticaja brzine vazdušne struje pri kratkom spoju, vlažnosti i promeni barometarskog pritiska, na postanak endogenih jamskih požara;
- usavršavati metode dobivanja i postepeno eliminisati one, pri kojim dolazi do velikih gubitaka uglja;
- uz pomoć modernih računskih mašina i analognih modela usavršavati ventilacione mreže jama u pravcu njihove veće stabilnosti;
- obrađivati i dalja pitanja prenosa topote pri požarima, sa konkretnim, praktičnim ciljem, da se to primeni na tehniku provetrvanja i stvaranja zaštitnih pojava u hodnicima;
- obrađivati i dalje metode gašenja internim gasovima;
- usavršavati i proširiti metode izolovanja jamskih radova i direktnog gašenja, pomoću raznih vrsta hemijskih pena;
- u jamama, gde u blizini ima pogodnog materijala, uvoditi način likvidiranja požara u otkopanim prostorijama pomoću zasipanja pepelom, peskom, ilovačom i drugim materijalima sa površine;
- i dalje ograničavati upotrebu gorivih materijala u jami;
- ograničavati nepovoljan uticaj ljudskog faktora. Ne oslanjati se na dejstvo izdatih zabrana. Opasnost postanka požara suzbijati tehničkim metodama i obukom ljudstva na rudnicima;

— usavršavati metode otklanjanja havarija doslednim iskorišćavanjem svakog slučaja i primenjivanjem iskustva iz drugih rebara za školovanje rukovodećih kadrova na rudnicima;

— usavršavati samospasioce za ljudstvo u jami i dalje smanjivati težinu i tehničke parametre izolacionih aparata za čete za spasavanje;

— forsirati međunarodnu saradnju istraživačkih zavoda, rudarskih četa za spasava-

nje, stručnih visokih škola i rudarskih preduzeća, sa ciljem da se izmene iskustva i usavrši metoda borbe protiv endogenih i egzogenih jamskih požara.

Ovo su ciljevi za koje se mi, kao rudarski stručnjaci, zalažemo i čije ostvarenje smatramo ne kao svoju dužnost prema rudarima celog sveta, nego i kao stvar svog dostanstva.

Dipl. ing. J. Šmit



Rezultati uporednog merenja zaprašenosti različitim instrumentima

Dipl. ing. Vladimir Ivanović — dipl. geol. Ljubomir Jablanov
viši teh. Dragoslav Golubović

Uvod

Kod određivanja stepena zaprašenosti od velikog je značaja izbor odgovarajuće metode.

Čestice prašine koje nastaju i lebde u radnoj sredini, čine aerosol veoma kompleksnog karaktera. Karakter stvorene disperzne faze zavisiće od fizičko-mehaničkih i hemijskih osobina polaznog, kompaktnog materijala, načina tehnološke obrade i mikroklimatskih uslova na pojedinim radnim mestima.

Polazeći od toga, ponašanje prašine u vazduhu biće veoma različito. U zavisnosti od nabrojanih faktora kretanje se intenzitet dezinTEGRACIJE, disperznost prašine, sposobnost kvašenja, flokulacija, električna, optička i druga svojstva.

U takvim uslovima, izbor metode kojom će se odrediti koncentracija prašine u vazduhu, nije jednostavan.

U svetu danas postoji više metoda za određivanje stepena zaprašenosti. Međusobno se veoma razlikuju, pošto baziraju na različitim fizičko-hemijskim osobinama prašine, a rezultati dobijeni primenom ovakvih metoda u istim uslovima često mogu biti i dijametralno suprotni.

Klasifikacija metoda za kontrolu zaprašenosti

Metode za kontrolu zaprašenosti vazduha mogu se podeliti u dve osnovne grupe:

Metode sa izdvajanjem disperzne faze iz aerosola

- filtracija,
- taloženje, prirodna i veštačka sedimentacija (precipitacija),
- kombinovana metoda.

Metode bez izdvajanja disperzne faze iz aerosola

- optika,
- fotometrija,
- elektrometrija,
- kombinovana metoda.

Metoda izdvajanja disperzne faze iz aerosola

Ova metoda u svetu još uvek dominira. Njene karakteristike su, da se čestice lebdeće prašine prirodno ili prinudno izdvajaju iz zaprašenog vazduha i na taj način se vrši određivanje intenziteta zaprašenosti posmatranih radnih mesta.

Pod filtracijom se podrazumeva provlačenje vazduha zajedno sa prašinom (sistom aspiracije) kroz filter koji može biti papirnati, vatni, voda ili alkohol i dr. Na taj način se omogućava zadržavanje prašine na filteru, odnosno određivanje njenog sadržaja u određenoj zapremini vazduha.

Izdvajanje čestica prašine taloženjem može se ostvariti slobodnim taloženjem u posebnim komorama ili veštačkim taloženjem, tj. delovanjem na prašinu koja lebdi, silom,

ostvarenom pumpom ili električnim, odnosno topotnim efektom.

Postoje dva osnovna vida određivanja koncentracije prašine u vazduhu i to:

- određivanje težinskog sastava prašine u mg/m^3 vazduha (gravimetrijska metoda) i
- određivanje broja čestica u 1 cm^3 vazduha (konimetrijska metoda).

Obe metode nisu univerzalne pošto imaju pozitivne i negativne karakteristike. Međutim, neophodna je njihova jednovremena primena, jer se dopunjaju. Na taj način se može dobiti daleko realnija slika o stepenu zaprašenosti.

Prednosti metode za određivanje težinskog sastava su:

- mogućnost dobijanja prosečne zaprašenosti;
- visoka tačnost dobijenih rezultata;
- relativno jednostavan način uzimanja i obrade uzoraka.

Nedostaci metode:

- velika dužina uzimanja probe, naročito pri niskim koncentracijama prašine;
- teškoće kod uzimanja probe usled skučnosti prostora, što se naročito odnosi na radilišta u uslovima podzemne eksploatacije;
- velika dužina obrade uzoraka, naročito ako je u pitanju niska zaprašenost;
- mali broj uzimanja uzoraka, odnosno zavisnost od posebnog izvora energije.

Prednosti metode za određivanje konimetrijskog sastava su:

- jednostavnost i brzina uzimanja uzoraka (ovo se ne odnosi na sve instrumente);
- mogućnost uzimanja uzoraka u skučenim prostorijama, što se takođe ne odnosi na sve instrumente;
- mogućnost uzimanja većeg broja uzoraka, a da to ne zavisi od posebnog izvora energije.

Nedostaci metode:

- mogućnost greške zbog relativno male zapreminе vazduha koji se posmatra,

— mogućnost greške u zavisnosti od subjektivnog faktora kod brojanja čestica.

U svetu postoje podeljena mišljenja o tome, koja je od ovih dveju metoda egzaktnija. Metoda određivanja težinskog sastava kasnije je počela da se primenjuje, ali se vrlo brzo afirmisala, i u Sovjetskom Saveznujoj se pridaje veći značaj. Razlog za to je što se ovom metodom može dobiti realnija slika o stanju zaprašenosti posmatrane radne sredine, jer se posmatra veća zapremina vazduha. S druge strane, isključuje se mogućnost dobijanja ekstremnih vrednosti za koncentracije prašine koje se javljaju u kratkim vremenskim intervalima, već se dobija približna srednja vrednost, jer se proba užima u dužem vremenskom periodu. Takođe se ističe prednost te metode nad metodom određivanja broja čestica, pošto se isključuje uticaj vlage, koja opet kod konimetrijske metode ima značajan negativan faktor, jer utiče na flokulaciju (spajanje) čestica prašine, usled čega dobijeni rezultati ne daju dovoljno realnu sliku o stvarnom broju čestica.

Međutim, priličan je broj stručnjaka koji daju prednost konimetrijskoj metodi. Pristalica ovog shvatanja ima više u zemljama na Zapadu, naročito u Sjedinjenim Državama i Engleskoj. Oni smatraju da i gravimetrijska metoda ima nedostataka koje ne bi trebalo zanemarivati. To je mogućnost da se u toku uzimanja probe povuku aspiracijom i čestice većih razmera koje povećavaju ukupnu težinu, a u pogledu štetnog delovanja nemaju nikakvog, ili vrlo malog značaja.

S druge strane izražava se sumnja u takav kvalitet filtera koji bi mogao uspešno zadržavati čestice malih dimenzija da ne prođu kroz filter zajedno sa vazduhom.

Mi smo kod većine naših merenja usvojili primenu i jedne i druge metode, jer kada se uzmu u obzir prednosti i nedostaci tih metoda, onda njihova jednovremena primena i zajednička interpretacija dobijenih rezultata mogu dati najrealniju sliku o veličini zaprašenosti na posmatranim radnim mestima.

Metoda određivanja koncentracije prašine bez izdvajanja disperzne faze iz aerosola

Suština ove metode sastoji se u određivanju broja čestica, odnosno težinskog sastava prašine u momentu njenog prirodnog kretanja, tj. u stanju lebdenja u vazduhu.

Ova metoda je relativno skoro počela da se primenjuje i njena prednost nad metodom izdvajanja disperzije iz aerosola je očigledna, jer posmatra čestice prašine u vazduhu u normalnom stanju kretanja određenom prirodnim uslovima koji vladaju na svakom posmatranom radnom mestu. Na taj način se izbegava greška koja može nastati veštačkim poremećajem položaja čestica prašine u vazduhu kao disperzne faze u aerosolu.

Postoji više načina određivanja koncentracije prašine ovom metodom. To se može postići direktnim posmatranjem, odnosno brojanjem čestica pomoću ultramikroskopa ili optičkim putem, odnosno kombinacijom optike i električne, koristeći efekat različitog rasprskavanja svetlosti u zaprašenoj atmosferi, odnosno različitog intenziteta svetlosnog snopa u zavisnosti od jačine stepena zaprašenosti, što se reproducuje električnim impulsima.

Značaj uslova koji vladaju na pojedinim radnim mestima na izbor odgovarajućih metoda i instrumenata

Intenzitet izdvajanja prašine i veličina dezintegracije, zavise od primjenjenog tehnološkog procesa i od fizičko-mehaničkih, mineraloško-petrografske i hemijskih osobina polaznog materijala. S druge strane, ponašanje čestica prašine, odnosno njihovo kretanje u radnoj atmosferi, pored ovih faktora, zavisi od dimenzija i oblika prostorija u kojima prašina nastaje i od mikroklimatskih uslova, tj. od relativne vlage u vazduhu, visine barometarskog pritiska, a naročito od brzine kretanja vazduha.

Kod izbora odgovarajuće metode i instrumenata kojima će se vršiti kontrola zaprašenosti, o već nabrojanim faktorima mora se voditi računa.

U momentu nastajanja, čestice prašine dobijaju impulse odgovarajuće jačine, kojima bivaju izbačene u radnu atmosferu.

Veličina impulsa zavisiće od radne operacije, pa se prema tome određuje i mesto na kome će se uzorak uzeti. Neophodno je kontrolu zaprašenosti vršiti na tolikom rastojanju od izvora prašine, da se impuls može zanemariti, tj. tamo gde nastaje zona lebdenja prašine. U ovoj zoni se isključuje mogućnost uzimanja u obračun čestica većih dimenzija.

Kod ovog razmatranja veoma važan faktor je brzina kretanja vazdušne struje, što naročito dolazi do izražaja u uslovima jamske eksploracije. Kod svih metoda koje se zasnivaju na principu izdvajanja disperzne faze iz aerosola, karakteristično je, da se na čestice prašine deluje silom koja nema isti smer sa smerom prirodnog kretanja prašine. Kod malih brzina vazduha ta sila je dovoljno velika da povuče i izdvoji česticu prašine iz aerosola. Međutim, kod velikih brzina vazduha i prašine, sila izdvajanja koju stvaraju pojedini instrumenti, nije dovoljna da nadjača silu pod čijim se uticajem kreću čestice prašine. Rezultati koji će se dobiti pod ovakvim uslovima neće dati realnu sliku veličine zaprašenosti.

Kod određivanja prosečne zaprašenosti, koja je od primarnog značaja za ocenjivanje štetnog delovanja prašine, značajnu ulogu igra vreme uzimanja probe. Ako intenzitet izdvajanja u određenim vremenskim intervalima nema jednaku vrednost, već nekontrolisano oscilira, u tom slučaju bi kod izbora preovlađivale metode i instrumenti kojima se merenje vrši u dužim vremenskim intervalima.

U odnosu na dužinu vremena upotrebe svi se instrumenti mogu podeliti na:

- trenutne
- vremenske

Kod trenutnih instrumenata vreme uzimanja uzorka je sasvim kratko, čak manje od jedne sekunde, a kod vremenskih opažanja može trajati i preko 5'. Koji će se instrumenti odabratи zavisiće od toga da li se izdvajanje vrši ravnomerno i trajno ili se obavlja povremeno i nejednako. Kod ovoga treba napomenuti, da bi se za određivanje prosečne vrednosti i kod diskontinuiranog izdvajanja prašine mogli koristiti trenutni instrumenti, s tim što bi se merenje moralio više puta ponoviti.

Rezultati uporednog merenja prašine različitim instrumentima

Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta i Institut za medicinu rada iz Beograda primenjuju kompleksnu metodologiju ispitivanja pri čemu koriste sledeće instrumente:

Metoda sa izdvajanjem disperzne faze iz aerosola

Za određivanje brojnog sastava:

- termoprecipitator, vremenski
- impindžer, vremenski
- konimetar, trenutni
- Dräger-ova pumpa, trenutna.

Za određivanje težinskog sastava:

- AERA, vremenski.

Metoda bez izdvajanja disperzne faze iz aerosola

Za određivanje brojnog sastava:

- ultramikroskop, vremenski.

Dobijeni rezultati primenom ovakve metodologije pokazuju veliku varijabilnost, ukoliko se ne vodi računa o napred iznetim uticajnim faktorima. Ilustracije radi daje se tabični prikaz zaprašenosti s različitim instrumentima u atmosferi jednog industrijskog pogona.

Dati primeri izdvojeni su kao karakteristični da bi se ukazalo na teškoće koje mogu proistekći kod ocene stepena zaprašenosti, primenom različite metodologije ispitivanja.

U prva dva slučaja radilo se o prostorijama sa vrlo mirnom atmosferom i visokim sadržajem submikronskih čestica. U tim uslovima rezultati dobijeni termoprecipitatorom daju najrealniju sliku zaprašenosti.

U trećem slučaju opažanje je vršeno u prostoriji gde je brzina vazdušne struje bila visoka, dok je u prašini bio veći sadržaj krupnijih čestica. To se odrazilo na rezultate dobijene termoprecipitatorom koji je pokazao nešto nižu vrednost od ostalih instrumenata.

Za četvrtu i peto mesto karakteristično je neujednačeno izdvajanje prašine. Rezultati dobijeni termoprecipitatorom i impindžerom su slični. Vrednost koju daje konimetar je nerealna, pošto je u kratkom vremenskom intervalu uzorkovanja naišao talas prašine.

Na osnovu iznetih podataka može se zaključiti da je pravilna ocena stepena zaprašenosti tesno vezana sa elementima tehnološkog procesa i prirode prašine, te da se na bazi jednog merenja ne može objektivno suditi o stepenu zaprašenosti.

Praktična iskustva pokazuju, da se za pogonsku kontrolu, uz veliki broj merenja, mogu dobiti zadovoljavajući rezultati konimetrom.

Kontrolna merenja koju bi vršile naučno-istraživačke ustanove morala bi se zasnivati na primeni kompleksne metodologije ispitivanja. Impindžer, kao instrument, pokazuje zadovoljavajuća svojstva za većinu industrijskih pogona, a posebno za rudarstvo, jer mu je osetljivost manja na promenu brzine i

Tablica 1

Radno mesto	Instrumenti						Primedba
	Termoprecipitator č/cm³	Konimetar č/cm³	Impindžer č/cm³	AERA mg/m³	Brzine vazd. m/sek		
1.	800	2.000	992	7,6	0,15	koniometrom uzeto na izvoru	
2.	400	652	360	5,8	0,28	zapršenost konstantna	
3.	1.400	2.300	2.260	12,11	1,62	presipno mesto	
4.	3.520	6.364	3.720	19,24	0,52	neujednačeno izdvajanje	
5.	700	1.575	664	11,8	0,52	neujednačeno izdvajanje	

smera kretanja vazduha, dok se termoprecipitator, kao veoma precizan instrumenat, može primeniti u onim industrijskim pogonima gde je uglavnom mirna atmosfera i zaprašenost ujednačena. Ostali uticajni elementi nisu dati u ovoj analizi.

Date konstatacije proizilaze iz velikog broja merenja i primenom različite metodologije. Ovde naglašavamo činjenicu, da kod nestručne primene pojedinih instrumenata može doći do sasvim pogrešnih zaključaka o stepenu zaprašenosti, te bi metodologiju i način uzimanja uzoraka trebalo regulisati propisima.

Smatramo, da bi bilo neophodno da u našoj zemlji postoji jedinstveni kriterijum ispitivanja zaprašenosti, koga bi se pridržavala sva industrijska preduzeća i naučno-istraživačke ustanove koje se bave ovom problematikom.

Ovaj kriterijum bio bi obavezan kod svih ispitivanja i jedino merodavan za ocenu stepena zaprašenosti. Primena većeg broja instrumenata i metoda dozvoljavala bi se samo u naučno-istraživačke svrhe.

U tom smislu trebalo bi, da se od strane nadležnih faktora finansira izrada jedne studije, čiji bi zadatak bio izbor metodologije ispitivanja zaprašenosti u našim pogonima. Za izradu ovakve studije mogla bi se angažovati grupa stručnjaka predstavnika naučno-istraživačkih organizacija iz svih republika. Izbor metodologije trebalo bi da traje godinu ili dve dana, i da se komparativnim ispitivanjima na terenu i laboratoriji, uz primenu istih instrumenata, izvuku potrebni zaključci pa da se na osnovu ovakvog rada donesu odgovarajuća normativna akta, kojima bi se rešio ovaj problem.

ZUSAMMENFASSUNG

Ergebnisse der parallel durchgeföhrten Staubgehaltsmessungen mit verschiedenen Instrumenten

Dipl. ing. V. Ivanović — dipl. geol. Lj. Jablanov — Tech. D. Golubović*)

Es werden im Vorliegenden verschiedene Verfahren und Methoden der Bestimmung des Staubgehaltes in der Luft behandelt. Ferner wurden die einzelnen Instrumente in Zusammenhang mit den Charakteristiken der Konstruktion der Instrumente, die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Staubes, nebst den anderer Bedingungen, die für die Umgebung, in der die Messungen vorgenommen wurden, charakteristisch sind, besprochen.

An einem konkreten Beispiel wurden die mit verschiedenen Instrumenten gewonnenen Ergebnisse erläutert.

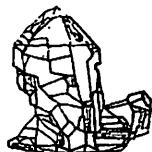
*) Dipl. ing. Vladimir Ivanović, saradnik Zavoda za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta, Beograd.

Dipl. geol. Ljubomir Jablanov, saradnik Instituta za medicinu rada, Beograd.

Viši teh. Dragoslav Golubović, saradnik Zavoda za ventilaciju i tehničku zaštitu, Rudarski institut, Beograd.

L iterat u r a

- R osolov, N. I., 1963: Bor'ba s pyl'ju v šah-tah. — Gosudarstvennoe naučno-tehničeskoe izdatel'stvo literatury po gornomu delu, Moskva.
- R udenko, K. G., Kalmykov, A. V., 1963: Obespylivanie i pyleulavlivanie pri obработке полезных ископаемых. — Gosgortehizdat, Moskva.
- Spurni, K., Čeh, Č., Sedlaček, B., Štorho, O., 1961: Aerosoli, Prag.
- Torskij, P. N., Rabičev, A. I., Čebotarev, K. A., 1956: Obespylivanie ugol'nyh šaht. — Ugletehizdat, Moskva.
- Vodušek-Skopal, A., 1963: Problemi tehničke zaštite protiv prašine u nekim našim rudnicima. — Savet industrije i rudnika nemetala Savezne industrijske komore, Beograd.
- ..., 1953: Bor'ba so silikozom (Sbornik statej). — Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, Moskva.



Odraz atmosferskih pražnjenja na podzemne rudničke prostore

(sa 14 slika)

Dipl. ing. Nenad Marinović

Uvod

Dok je poznata činjenica da atmosferska pražnjenja mogu izazvati veoma velike štete, vrlo je malo poznato da ta ista atmosferska pražnjenja imaju svog odraza i na podzemne prostorije u rudnicima i tunelima. Tako se na primjer, od kada su se počeli koristiti električki upaljači za eksploziv, pojavila opasnost paljenja ovih upaljača uslijed atmosferskih pražnjenja.

Poznato je više slučajeva samopaljenja eksploziva u podzemnim prostorima za vrijeme vanjskih atmosferskih pražnjenja. Do ovakovih slučajeva je posebno dolazilo u tunelogradnji i zato u nekim zemljama postoji čak i propisi (za tunelogradnju) da se za vrijeme grmljavine vani, ne smije u podzemnim prostorijama rukovati eksplozivima. U rudnicima su ove pojave veoma rijetke, a ako je do njih i došlo onda se to odnosilo na jame sa neposrednom vezom jamskog prostora sa vanjskim prostorom, bez vertikalnih okna. Naime to su jame u koje se ulazi horizontalnim hodnikom ili niskopom i u kojima nema nikakovih metalnih barijera slično postrojenju u izvoznim okнима, ili ventilacionim okнима koja su zatvorena metalnom oplatom i samim ventilatorom.

Kod nas su poznata u Istarskim ugljenokopima dva slučaja: jedan u starom rudniku Štrmac, pre tridesetak godina, i drugi, prije nekoliko godina u rudniku Pičan. U prvom slučaju se radilo o horizontalnom hodniku koji je povezivao vanjski prostor sa

jamskim prostorom, a u drugom slučaju je veza bila uspostavljena preko niskopa. U prvom slučaju ne postoji vjerodostojna dokumentacija na osnovu koje bi se mogla vršiti neka analiza, ali o drugom slučaju postoji vrlo iscrpna tehnička dokumentacija koja nam omogućava povezivanje odgovarajućih činjenica u jednu cjelinu, koja bi na osnovu nekih teoretskih pretpostavki trebalo da dà jedno tumačenje pomenutih pojava.

U stručnoj literaturi ova se pojava više puta razmatrala, ali uglavnom sa stanovišta galvanskog vođenja električne struje kroz zemlju.

Autor ovog članka je sam bio na mjestu nesreće i sam učestvovao u istrazi, a i sam je pokupio potrebne podatke koje u ovom članku i iznosi.

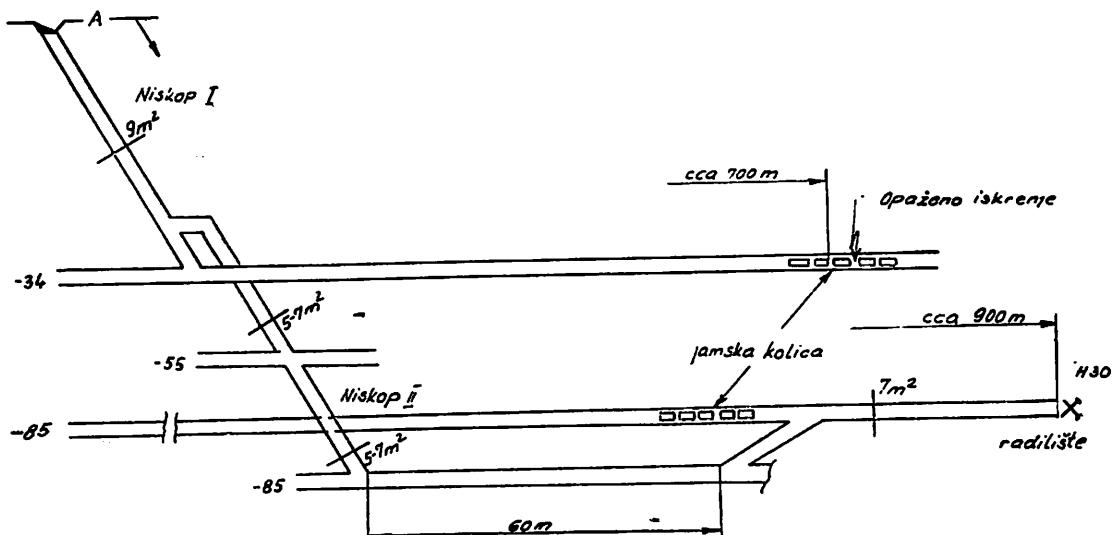
Na kraju se napominje da je slijedeće razmatranje i analiza ovog problema isključivo stav autora ovog članka i da slično razmatranje nije mogao pronaći u stručnoj literaturi, što su mu potvrđile i konsultacije sa nekim domaćim i inozemnim stručnjacima sa područja atmosferskog pražnjenja.

Opis nesreće i dijela rudnika Pičan u kojem je došlo do samopaljenja eksploziva

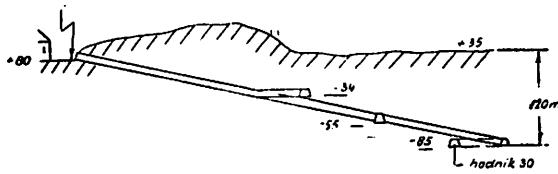
Na slici 1 je prikazana prostorna shema jamskih komunikacija toga dijela jame Pičan. Na mjestu A je ulaz u jamu niskopom I koji se produžuje preko niskopa II ispod

kote — 34 (I horizont) preko II horizonta, kota — 55, do III horizonta — kota — 85. Niskop ulazi u hodnik koso pod kutom od cca 30° . Hodnik na koti — 85 na koji dolazi niskop II je izrađen u ugljenu i na udaljenosti od cca 60 m prekopom prelazi u drugi hodnik 30 koji se upravo probijao u kame-

Ispitivanjem očevideća ustanovljeno je, da je do samopaljenja došlo unutar vrlo kratkog vremenskog intervala u kojem su opažena iskrenja na nekoliko mesta u jami, a isto tako i udar groma u neposrednoj blizini ulaza u niskop I. Upravo radi te koincidencije u izjavama očevideća, došlo se do



Sl. 1 — Prostorna shema dijela jame »Pičan«.
Abb. 1 — Raumshema eines Teiles des Schachtes »Pičan«



Sl. 2 — Presjek jame po niskopu do hodnika 30 jame »Pičan«
Abb. 2 — Längsschnitt durch das Gesenk bis zur Strecke 30 des Schachtes »Pičan«

nu, a na udaljenosti od cca 300 m se nalazio čelo radilišta na kojem su radila 2 koča.

Na slici 2 je prikazan presjek kroz niskopu na kojem se vidi neposredna veza vanjskog prostora sa opisanim janskim prostorom.

Iz istražnog materijala se vidjelo da su na radilištu u toku noći izbušene rupe za otpucavanje mina prema propisanoj shemi i da je tzv. jezgro bilo otpucano, i upravo kad su spajali drugi red za paljenje oko jezgra došlo je do samopaljenja jedne mine od koje su stradala oba radnika.

Pretpostavke da je samozapaljenje mine u jami prouzrokovano atmosferskim pražnjnjem.

Pred samim ulazom u niskop nalazi se zgrada glavne kompresorske stanice čiji prozori gledaju na ulaz u niskop. Dežurni rukovalac kompresora je upravo gledao kroz prozor na prostor pred zgradom kada je bio zasjenjen bleskom munje i udarom groma; prema njegovoj izjavi to je bilo upravo u sam ulaz niskopa. Kako je došlo i do ispada napona mreže, čim je došao k sebi otisao je da zapise u knjigu vrijeme ispada napona u mreži i da poduzme odgovarajuće mjere.

Kako je bilo vrijeme između smjena, 6,07 sati ujutro, kompresori nisu bili u pogonu. Očevici u jami su također zabilježili vrijeme kad je došlo do eksplozije, ali vrijeme se razlikovalo po izjavama za 1—2 minute, kako, satovi nisu sravnjeni vjerovatno se radilo o razlici pokazivanja satova. Međutim, točno baš koincidira ispod napona mreže koji je uslijedio praktično istovremeno kad je došlo do samopaljenja mine u jami. Istovre-

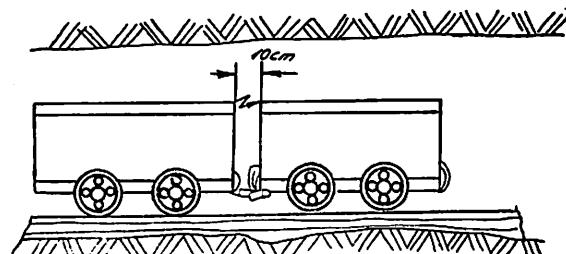
meno je grupa radnika opazila na I horizontu (kota — 34) između jamskih kolica iskre koja su, prema izjavama, prikazana na slici 3. To ih je tim više impresioniralo što u tom hodniku nije bilo nikakve električne instalacije niti kablova. Istovremeno su čuli i mukli udar, vjerovatno eksploziju u hodniku 30, a možda i grmljavinu izvana (što je manje vjerovatno).

Sve ove činjenice pokazuju da je u jami došlo do formiranja električnog polja koje je najvjerojatnije prouzrokovalo samopaljenje mine na radilištu hodnika 30.

Ovo poslijednje pobjija mogućnost toka galvanskih struja, jer je poznata činjenica da u tom slučaju ne bi moglo doći do formiranja električnog polja u jamskim prostorijama. Naime iz Faraday-eve kletke nam je poznato da unutar zračnog prostora sa nabojima nema električnog polja. Osim toga, da je i bilo galvanskih struja, što možemo isključiti, veoma je malo vjerovatno da bi one mogle aktivirati upaljač u eksplozivu. Na slici 4 imamo u presjeku prikazan upotrebljivani električni upaljač u eksplozivu, kakav je pronađen na mjestu nesreće. Sam eksploziv je u stvari drvena piljevina natopljena u eksploziv, i vrlo je dobar izolator. Isto tako i upaljiva masa u kojoj se nalazi otporna žica upaljača je izolator, i vrlo je malo vjerovatno da je došlo do probaja izolacije i do zatvaranja strujnog kruga galvanske struje atmosferskog pražnjenja kroz sam upaljač. Iako se i ova posljednja mogućnost ne može potpuno isključiti ipak je vjerovatnije da je do paljenja došlo uslijed nastalog električnog polja koje je induciralo napon i struju kroz upaljač, što je aktiviralo upaljač i eksploziv. Do električnog polja na čelu radilišta moglo je doći samo elektromagnetskim prenosom energije kroz jamske komunikacije, koje su u tom slučaju vršile funkciju valovoda za određeni dio spektra frekvencija atmosferskog pražnjenja.

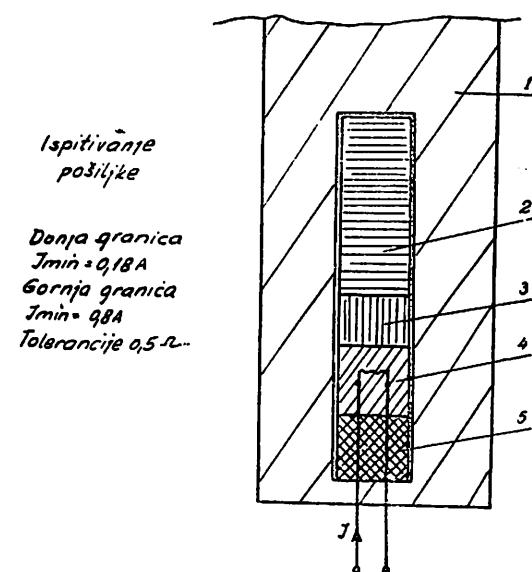
Prenos elektromagnetske energije valovodom

Nije predmet ove teme da razmatramo elektromagnetski prenos energije valovodima, jer je ta tehnika prenosa elektromagnetske energije dobro poznata kod tehnike vrlo visokih frekvencija pošto se kod tih uređaja koristi kao spojno sredstvo. Samo, da bi fizikalno mogli prenijeti energetske uvjete na jamske komunikacije, sasvim kratko ćemo



Sl. 3 — Izbijanje na jamskim kolicima. Opaska: Kod vrlo visokih frekvencija iskre je moguće i pored galvanske veze među kolicima što dokazuje da je došlo do nap. čvora nekog frekv. pojasa upravo na tom mjestu i do probaja zbog prejakog polja.

Abb. 3 — Funkenentladung bei Grubenhunten. Bemerkung: Bei sehr hohen Frequenzen ist eine Funkenerscheinung trotz einer galvanischen Verbindung zwischen den Grubenhunten möglich, was als ein Beweis zu betrachten ist, dass es zu einer ständigen Spannungswelle irgendeines Frequenzbereiches gerade an dieser Stelle und zum Durchschlagen wegen zu starken Feldes gekommen ist.



Sl. 4 — Električni trenutni mostni upaljač $R = 1,2 - 2 \Omega$
1 — eksploziv samonale; 2 — trotil; 3 — živin fulminat;
4 — upaljiva masa; 5 — izolator.

Ispitivanje pošiljke
Donja granica $I_{min} = 0,18 A$ Gornja granica $I_{min} = 0,8 A$
Tolerancija $0,5 \Omega$

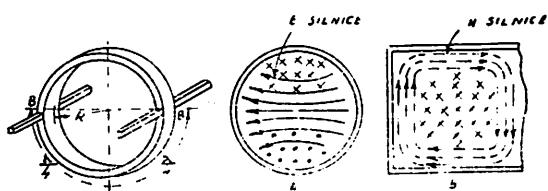
Abb. 4 — Elektrischer Momentbrückenzünder
 $R = 1,2, - 2 \Omega$

1 — Sprengstoff »Amonal«; 2 — Trotyl; 3 — Knallquecksilber; 4 — Zündmasse; 5 — Isolator

Sendungsuntersuchung
Untere Grenze $I_{min} = 0,8 A$ Orale Grenze $I_{min} = 0,8 A$
Zulässige Abweichung $0,5 \Omega$

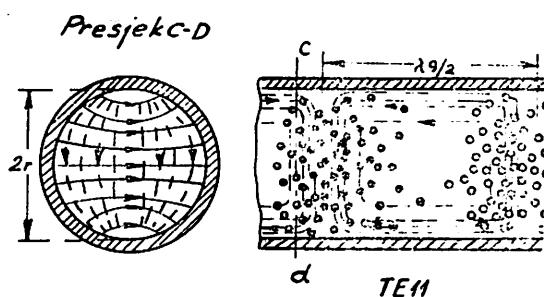
objasniti osnovne fizikalne uvjete potrebne za prenos elektromagnetske energije valovodom.

Valovod predstavlja šuplji provodnik bio okruglog (kao cijev) ili pravokutnog presjeka unutar kojega se formira elektromagnetsko polje određenog oblika koje se po dužini valovoda rasprostire brzinom koja je ovisna o dimenzijama valovoda i o valnoj



Sl. 5 — Tip polja TE 1,1 okruglog valovoda.
A — pogled s kraja; B — pogled sa strane.

Abb. 5 — Typ des Feldes TE 1,1 des runden Wellenleiters
A — Endansicht; B — Seitenansicht



Sl. 6 — Valovod.
Abb. 6 — Wellenleiter

dužini formiranog vala. Princip rasprostiranja elektromagnetskih valova unutar valovoda je, da mora doći do formiranja električnog i magnetskog polja, a do toga može doći samo ako su širina pravokutnog valovoda ili promjer okruglog valovoda veći od polovine valne duljine signala kojeg želimo valovodom prenositi. Očito da su se upravo iz tog razloga valovodi ograničili na vrlo visoke frekvencije, odnosno veoma male valne duljine, jer valovodi dobivaju velike dimenzije.

Tako npr. radi stvaranja fizikalne slike imamo na sl. 5 prikazan isječak okruglog valovoda gdje vidimo, da potpuno iste prilike električnog i magnetskog polja nastaju ako imamo i punu provodljivu cijev. Metalni provodnik na dužini $\lambda/4$ postaje izolator,

što omogućava stvaranje čvornih mesta napona i struje, a time električna i magnetska polja. Postoji više mogućnosti oblika elektromagnetskog polja što ovisi, uglavnom, o načinu uzbude i o frekvenciji, u odnosu na kritičnu frekvenciju. Uvijek će nastojati da dominira onaj oblik čija je kritična frekvencija najmanja. Na slici 5 prikazano je polje tipa TE_{1,1}, a isti tip je prikazan i na slici 6 u punom presjeku. Radi lakše analize upravo ćemo ovaj tip polja razmotriti i pokušati razmotriti prilike pod kojima je takav tip polja mogao nastati u jamskim komunikacijama. Naime, pretpostavljajući da je udar groma uzbudio niskop kao valovod sa pražnjnjem na samom ulazu, upravo je najverovatnije da je upravo takav tip polja i nastao uz pretpostavku da se presjek jamskih komunikacija smatra kružnim presjekom.

Za valovod na slici 6 imamo za dati tip polja koje nastaje od napredujućeg i reflektiranog signala odnose:

$$\frac{V_g}{V_c} = \frac{\lambda_g}{\lambda}, \quad V_g = V_c \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2},$$

$$V_g = \lambda \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2}$$

gde je:

V_g = grupna brzina rasprostiranja elektromagnetske energije frekvencije f ,

λ_g = grupna valna duljina koja je rezultat napredujućeg i reflektiranog signala, kada je λ znatno manja od kritične valne duljine λ_0 ,

V_c = brzina raspostiranja elektromagnetskih valova u slobodnom prostoru.

Brzina rasprostiranja energije je ovisna o grupnoj valnoj duljini koja se formira u valovodu.

Iz navedenih izraza vidimo da što je odnos $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ manji, odnosno ako se prenosi valna duljina mnogo manja od kritične valne duljine, odnosno ako prenosimo energiju frekvencije mnogo veću od kritične frekvencije, onda se grupna valna duljina približava stvarnoj valnoj duljini, a grupna brzina brzini u slobodnom prostoru i valovod se sve više približava slobodnom prostoru.

Fizikalno bi mogli predstaviti napredujući i reflektirani val na slici 7, na kojoj su u gor-

njoj slici prikazane prilike gdje se valovod približava slobodnom prostoru, a na donjoj kritičnoj frekvenciji, odnosno kritičnoj valnoj duljini valovoda sa dimenzijama a . Kod kritične valne duljine gde je $\frac{\lambda}{2} \geq a$ prednji i povratni val ostaju u jednoj ravni i grupna brzina se približava nuli kao i grupna valna duljina.

Kritičnu frekvenciju određujemo za svaki valovod i za svaki tip polja posebno. Za okrugli valovod i prikazani tip polja $TE_{1,1}$ imamo kritičnu valnu duljinu:

$$\lambda_c = 3,42 \cdot r$$

gdje je r polumjer okruglog valovoda. Za drugi tip polja npr. $TM_{1,1}$ imamo kritičnu valnu duljinu $\lambda_c = 164 \cdot r$. S obzirom na veću kritičnu valnu dužinu, u svakom slučaju je vjerovatnije da će dominirati, u našem slučaju, tip polja $TE_{1,1}$. Svi ostali tipovi imaju također manju valnu duljinu tako da je i njihovo postojanje manje vjerovatno, tim više što je uzbudivanje drugih tipova polja i mnogo složenije.

Jamske saobraćajnice kao valovod

Razmatranjem jamskih saobraćajnica, prikazanih šematski na slici 1, doći ćemo brzo do zaključka, da od ulaza u niskop do radilišta na hodniku 30 imamo prilike koje možemo predstaviti jednim valovodom samo većeg promjera. Tako na slici 8 imamo presjek niskopa I sa 2 kolosjeka i cjevovodom za komprimirani zrak; niskop je izrađen u kamenu i po cijeloj dužini su mu stijene vlažne. Na slici 9 je prikazan presjek hodnika 30 kojemu približno odgovara i presjek prekopa i hodnika na dnu niskopa II. Kao što vidimo i ovdje imamo metalne predmete dijametralno postavljene i mokre stijene saobraćajnice.

Na cijelom tom putu najmanji presjek imamo u niskopu II koji se održava samo radi prolaza cjevovoda komprimiranog zraka. Presjek niskopa II imamo prikazan na slici 10. I ovdje imamo dijametralno postavljene tračnice i cjevovod komprimiranog zraka povezane mokrim stijenama. Kao najmanji presjek na cijelom putu, možemo zamisliti ako niskop zamjenimo jednim kružnim valovodom promjera od cca 2 — 2,4 m. Uzmemo li minimalnu vrijednost za proračun granič-

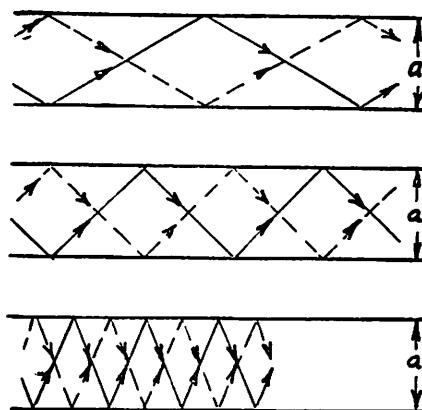
ne frekvencije prenosa, odnosno kritične valne duljine dobit ćemo da je kritična valna duljina:

$$\lambda_c = 3,42 \cdot 1 = 3,42 \text{ m}$$

kritična frekvencija

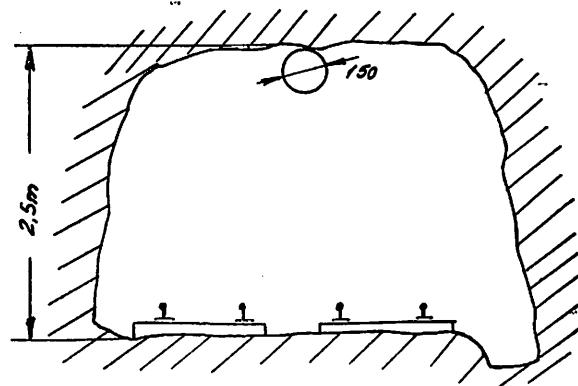
$$f_c = \frac{c}{\lambda_c} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,42} = 88 \text{ MHz}$$

od koje na više postoji mogućnost prenosa elektromagnetske energije.



Sl. 7 — Staze valova u valovodu (prednji i povratni) za valove bliže i dalje kritičnoj duljini vala za taj valovod.

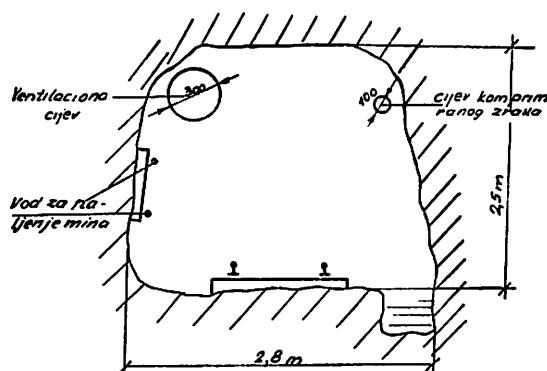
Abb. 7 — Wellenwege im Wellenleiter (vor- und rücklaufende Welle) für von der kritischen Wellenlänge nahe und entfernte Wellenlängen und für einen bestimmten Wellenleiter.



Sl. 8 — Profil niskopa I jame »Pičan«.

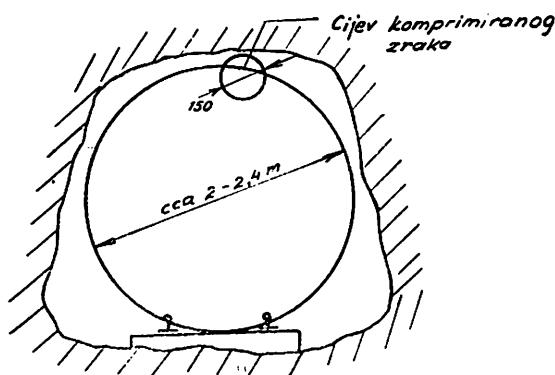
Abb. 8 — Längsschnitt durch das Gesenk I des Schachtes »Pičan«

Poznata je činjenica da električni luk predstavlja jedan širok spektar frekvencija od nule do vrlo visokih, do frekvencija svjetla pa i iznad.



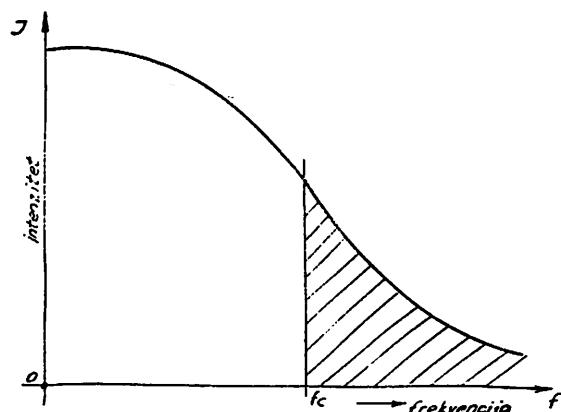
Sl. 9 — Profil izrađenog dijela hodnika 30.

Abb. 9 — Profil des vorgetriebenen Streckenteils Nr. 30.



Sl. 10 — Profil niskopa 5—7 m² jame »Pičan«.

Abb. 10 — Längsschnitt durch das Gesenk von 5—7 m² des Schachtes »Pičan«.



Sl. 11 — Spektar frekvencija atmosferskog izbijanja.

Abb. 11 — Frequenzspektrum des atmosphärischen Funkenentladung.

Ako atmosfersko izbijanje po analogiji poistovjetimo sa jednim lučnim izbijanjem, što ono i jeste, onda možemo spektar frekvencije atmosferskog izbijanja približno predstaviti na slici 11. Ako prepostavimo, na toj slici, da je naša kritična frekvencija za prije izračunati valovod negdje na prikazanom spektru, onda zaključujemo da preostala energija atmosferskog izbijanja (šrafirano polje), frekvencije iznad kritične, može biti u vidu elektromagnetske energije jednim dijelom prenesena u podzemne saobraćajnice. Naime ta je energija sigurno dovoljna da u jamskoj saobraćajnici može uzbuditi elektromagnetsko polje odgovarajućeg tipa kao kod valovoda.

Za tako utvrđene prilike možemo za pretpostavljeni tip polja TE_{1,1} izračunati gušenje koje navedene saobraćajnice u idealiziranim prilikama mogu pretpostavljati za određene frekvencije. Ove vrijednosti prikazane su na dijagramu slike 12 iz kojeg vidiemo da je za frekvencije oko 200 MHZ gušenje bilo najmanje, i to oko 3 mdb/m saobraćajnice. Ako uzmemmo da je ukupna udaljenost od ulaza u niskop do radilišta bila 900 m onda bi ukupno gušenje te frekvencije iznosilo:

$$900 \cdot 0,003 = 2,7 \text{db}$$

Ako ovo uvećamo za prelaze i skretanja jamskih saobraćajnica za dvostruko, to još uvijek nije preveliko gušenje koje energija atmosferskog pražnjenja ne bi mogla savladati. Ovome ide u prilog i prije opisana pojava iskrenja na I horizontu, koja pokazuje da je tamo došlo do uzbudivanja el. polja reda 10 kV/cm. Navedemo li da je do iskrenja na I horizontu došlo na udaljenosti cca 700 m od ulaza u niskop, znači samo 200 m manje nego do radilišta na hodniku 30, onda možemo s opravdanjem pretpostaviti pojavu elektromagnetskog polja na hodniku 30. Tu treba napomenuti da put do hodnika 30 ima mnogo blaža skretanja saobraćajnica nego od niskopa I na I horizont gdje je opaženo izbijanje.

Elektromagnetska energija koja je došla do radilišta na hodniku 30 veoma je lako mogla inducirati napon i struje kroz strujni krug upaljača. Postoji cijeli niz vjerovatnosti kako je moglo doći do toga da se aktivira eksplodirani upaljač. Na slici 13 je u presjeku prikazano radilište uz pretpostavku po-

ložaja jednog kopača (prema nastalim ozljedama), a na slici 14 je prikazana shema spojenih mina na čelu, spremnih za otpucavanje, sa jednim lijevim spojnim vodom A u vodi na dnu čela. Šrafirani dio je otpucan i to jezgra i mina pod oznakom E čiji se položaj pretpostavlja prema odvaljenom materijalu.

Kako je došlo do paljenja upaljača eksplodirane mine možemo postaviti tri pretpostavke o strujnom krugu u kojem je inducirana napon od elektromagnetskog vala i to:

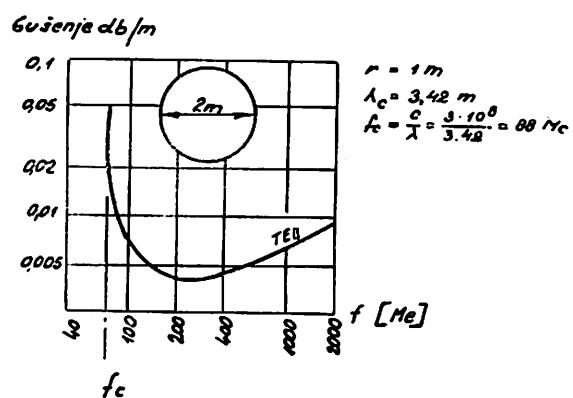
1. strujni krug samo upaljača E zatvoren preko kopača, koji ga je imao u ruci, i zemlje;
2. strujni krug cijele srednje jezgre od A do B, s tim da je inducirana takav napon koji je kroz otpor kruga od 10 — 12 omu protjerao neki impuls struje manji od 1 A, koliko je potrebno za paljenje svih mina, a taj je aktivirao sam upaljač E;
3. strujni krug kao ad 2 i u kojem je još bio i kopač koji je upravo vezivao upaljač, a mogao je predstavljati i antenu, uz iste mogućnosti paljenja kao ad 2.

Najime, poznata je činjenica da se često nađu trenutni mostni upaljači za čije je paljenje dovoljan i mnogo manji impuls struje od 1 A. Tako je ispitivanjem na toj partiji upaljača od kojih je uzet i predmetni upaljač, pri ispitivanju cca 250 upaljača došlo do aktiviranja 2 upaljača strujnim impulsom od 0,2 A.

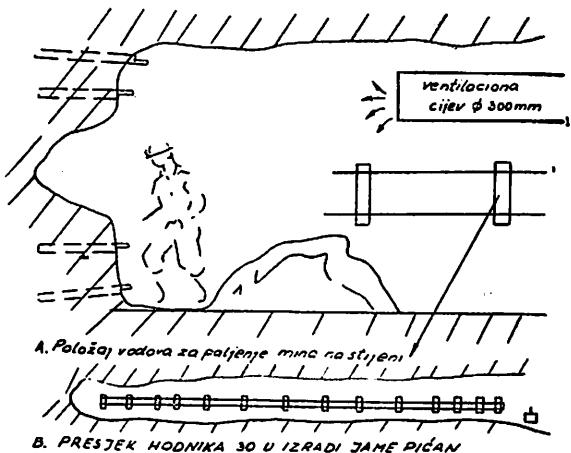
Svi ovi podaci i navedene vrijednosti imaju samo relativnu vrijednost jer za aktiviranje upaljača nije važan samo intenzitet impulsa već energija impulsa u A sek². Od impulsa se traži da ima neku određenu energiju za sigurno paljenje, ali kod upaljača praktično postoji samo ograničenje da kod tog impulsa, odnosno kod intenziteta impulsa od 1 A u trajanju od 3 m/sek, mora sigurno aktivirati zapaljiva masu. Ograničenje, da se kod neke energije impulsa ispod nominalne, ne smije aktivirati zapaljiva masa, praktično ne postoji jer sa te strane u normalnom postupku ne postoji neka opasnost u rukovanju sa upaljačima.

Sl. 14 — Profil hodnika 30 u izradi sa shemom paljenja mina, jama »Pičan«.

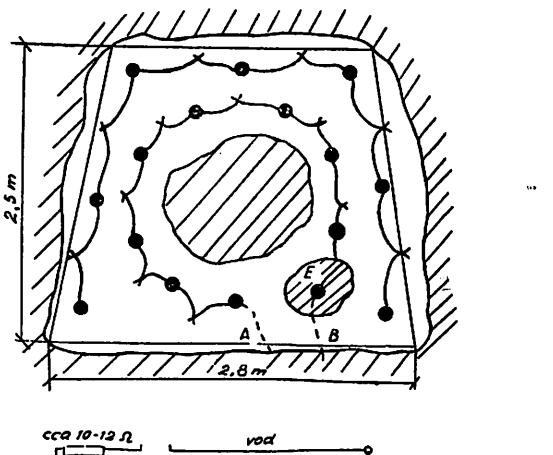
Abb. 14 — Längsschnitt durch die Strecke 30 mit der Sprengschuss-anordnung des Schachtes »Pičan«.



Sl. 12 — Gušenje energije u valovodu u ovisnosti o frekvenciji.
Abb. 12 — Energiedämmung im Wellenleiter in Abhängigkeit von der Frequenz.



Sl. 13 — A. Položaj vodova za paljenje mina na stijeni, B. Presjek hodnika 30 u izradi jame »Pičan«.
Abb. 13 — A. Lage der Schießdrähte auf dem Streckenstoss, B. Längsschnitt der Strecke 30 beim Vortrieb im Schacht »Pičan«.



Zaključak

Iz svega navedenog, ako prihvatimo mogućnost da je u opisanom primjeru elektromagnetska energija atmosferskog pražnjenja mogla aktivirati trenutni mostni upaljač i time izazvati samopaljenje eksploziva, od čega su stradala dva radnika, moramo proširiti zaključke na:

1. po sistemu valovoda mogućan je prenos elektromagnetske energije u jamskim komunikacijama;
2. uzbudivanje elektromagnetskih polja u jamskim saobraćajnicama je moguće samo u području gdje su podzemne saobraćajnice u neposrednoj vezi sa vanjskim prostorom u kojem je došlo do atmosferskog izbijanja, odnosno do udara groma u neposrednoj blizini ulaza u jamu;
3. takve pojave nisu nikad opažene, odnosno zabilježene u rudnicima u kojima je vanjski prostor povezan sa jamskim saobraćajnicama u kojima ima metalnih maza u odgovarajućim postrojenjima npr. izvozna okna, ventilaciona okna i sl;
4. u podzemnim prostorijama u kojima postoji neposredna veza sa vanjskim prostorom kao ad 2) potrebno je ili zaštititi rukovanje upaljačima i eksplozivom za vrijeme atmosferskih pražnjenja, odnosno grmljavine, ili postaviti odgovarajuće metalne barijere koje treba da apsorbiraju elektromagnetsku energiju, koja bi se inače mogla proširiti u jamske saobraćajnice;
5. moglo bi se zamisliti da se podzemni prostori, u kojima je potrebno rukovati eksplozivom ili upaljačima, ograde metalnim vratima ili sistemom od nekoliko metalnih rešetki koje će apsorbirati eventualnu elektromagnetsku energiju koja može doći izvana;
6. kod ventilacionih okana voditi računa da svakako budu zatvorena metalnom oplamatom što je i normalna izvedba kod ventilatorskih stanica, ali kod manjih postrojenja može doći i do primitivnijih izvedbi koje bi mogle omogućiti propagaciju elektromagnetske energije u podzemne prostore.

ZUSAMMENFASSUNG

Über die Einwirkung atmosphärischer Entladungen auf unterirdische Grubenräume

Dipl. ing. Nenad Marinović*)

Es wurde mehrfach beobachtet, dass infolge atmosphärischer Entladungen, die sich bis in die unterirdischen Grubenräume fortgepflanzt haben, zu unkontrollierten Zündungen der Sprengsätze kam. Der Verfasser hat diese Erscheinung auf eine neue originelle Weise zu deuten versucht und hält es für möglich, dass es zu einer elektromagnetischen Energieausbereitung durch das Streckennetz — nach dem Prinzip des Wellenleiters — kommen konnte. Diese Deutung könnte mehr Licht in solche Geschehnisse bringen.

*) Dipl. ing. Nenad Marinović, Elektrotehnički institut pod. »Rade Končar«, Zagreb.

Električno osvetljenje jamskih prostorija

(sa 7 slika)

Dipl. ing. Stanislav Radosavljević

Osvetljenje rudnika se razvijalo uporedno sa razvitkom rударства, пошто се без осветљења није могло дубље продрети у земљину утробу. Прве светилке коришћене у рудницима биле су са отвореним пламеном. Оне нису представљале проблем у јамама где није постојала експлозивна атмосфера, али се тамо, где то није био случај, морало помиšljati на заштиту од експлозија. Прва сигурносна рударска светилка била је Davy-јева лампа код које се отворен пламен штити бакреном мреžicom, тако да се експлозија не може пренети ван светилке.

Још већи проблеми око заштите од експлозије појавили су се увођењем електричног осветљења у рудничима. Проширењем примене електричног осветљења и електричне енергије у рудничима, развијена је посебна техника заштите електроуредаја, тзв. техника »S« уредаја — сигурносних уредаја.

Досадашња истраживања у области рудничког осветљавања била су углавном оријентисана на конструкцију и експлоатацију преносних рударских светилки. Међутим, данас сеjavља потреба за другачјим решавањем tog pitanja, i opšte je mišljenje da je u toku наредnih godina потребно уложити znatne naprere na usavršavanje jamskog osvetljenja.

Eksperimenti su u proteklom периоду показали да се чovečeje oko dobro adaptira на niski nivo bleska i osvetljenost.

Zbog neminovnih i prilično velikih troškova потребних за usavršavanje jamskog os-

vetljenja, nivo osvetljenosti подземних радилица остaje i dalje испод нивоа осветљености fabričkih prostorija na površini.

Zbog lošeg odbijanja светlosti od rapavih површин, низак ниво осветљености усlovjava адаптацију очију према ниском нивоу бleska i tako ometa максимално искоришћење радне sposobnosti чoveka. Истраживања у циљу побољшања и усавршавања jamskog осветљења су довољно убедљиво показала да добро осветљење пovećava produktivnost rada i сmanjuje broj nesrećnih slučajeva. Побољшање kвалитета električnog осветљења i visine осветлености ogleda se i u побољшању psihičkog i moralnog stanja rudara.

Побољшање видljivosti u рудничима прорачено је смањењем броја nesrećnih slučajeva што највећим делом zavisi od umešnosti i okretnosti radnika, при чему veliki значај има координација вида с покретима чovečjeg tela. Značaj видljivosti ogleda se i u поређењу броја nesrećnih slučajева u јамама, sa бројем smrtnih slučajева по raznim годинама starosti radnika zaposlenih na подземним radovima i na površini. Vid se pogoršava sa годинама starosti, a то pogoršање se delimično nadoknađuje побољшањем осветљености.

Neophodnost побољшања осветљења јама потврђује се i time što највеći број smrtnih slučajeva otpada на radnike poodmaklih godina. Iz objavljenih podataka o statistici nesrećnih slučajeva, чiji је uzrok nedovoljna

vidljivost, vidi se da broj nesrećnih slučajeva raste sa razvijkom mehanizacije.

Novi način za poboljšanje jamskog osvetljenja i vidljivosti u jamama, zasnovan na stvaranju većeg kontrasta kojim se postiže povećanje brzine adaptacije oka, omogućuje bolje rezultate pri minimalnim troškovima, u poređenju sa već postojećim sistemima i uređajima koji su zasnovani samo na povišenju nivoa osvetljenosti kroz povećanje snaće i broja svetiljki.

Metode proračuna osvetljenosti u podzemnim prostorijama

Istraživanja u ovoj oblasti bila su dosada usmerena samo na određivanje nivoa osvetljenosti, dok je određivanje bleska bilo zapostavljeno. Za dobru vidljivost, osvetljenost nema toliki značaj koliko kontrast između bleska objekta i njegove pozadine. Blesak objekta zavisi od osvetljenosti i koeficijenta odbijanja okolnih površina. Poboljšanje vidljivosti u jamskim prostorijama može se postići povećanjem koeficijenta odbijanja okolnih površina (tavanice i bokova hodnika) same.

Međutim, pokazalo se da su takve mere nerentabilne ili nemoguće. Zato se za povećanje vidljivosti koristi povećanje nivoa osvetljenosti. Osim toga svetlost treba da pada na radni predmet pod takvim uglom koji obezbeđuje maksimalnu udobnost pri datim uslovima rada.

Proračun osvetljenosti metodom jačine svetlosti

Osvetljenost u datoj tački na radnoj površini koju daje neka svetiljka, može se izračunati iz krive jačine svetlosti koja je dobijena fotometrijskim merenjem u laboratoriji.

Ako je svetiljka obešena iznad radne površine na visini h/m , tada je osvetljenost $E(\text{lux})$ u datoj tački te površine, pri jačini svetlosti I/cd čiji pravac u toj tački gradi ugao Θ sa vertikalom:

$$E = \frac{I \cos^2 \Theta}{h^2} \quad (1x)$$

Da bismo snimili osvetljenost čitave radne površine po ovoj metodi, izaberemo na

njoj nekoliko određenih tačaka, izračunamo osvetljenje u svakoj tački, od svakog izvora posebno i rezultate sumiramo. Ovom metodom izračunava se samo osvetljenost od direktnog svetlosnog fluksa a ne i osvetljenost od svetlosnog fluksa, odbijenog od tavanice i bokova. U jamama je poraćun osvetljenosti ovom metodom potpuno opravдан. Ako su na primer, svetiljke u jednom izvoznom hodniku obešene o tavanicu, glavni deo svetlosnog fluksa je upravljen nadole, na pod hodnika, te će cela tavanica i znatan deo bokova ostati u tamni. Odbijena svetlost koja pada na radnu površinu biće određena svetlosnim fluksom koji se odbije od poda, a zatim ponovo od tavanice i bokova hodnika.

Taloženje ugljene prašine u jamskim hodnicima biva nekad tako veliko, da za vrlo kratko vreme može da bude izgubljen veliki deo direktnog svetlosnog fluksa.*). Može se smatrati da proračun osvetljenosti metodom jačine svetlosti daje zadovoljavajuće rezultate i u takvim prilikama, a da odbijeni svetlosni fluksi služi za dopunsko osvetljavanje te nadoknađuje gubitak u nataloženoj ugljenoj prašini.

Proračun osvetljenosti metodom sačinitelja iskorišćenja

Ovu metodu je razradio Harrison 1915. god i od tada se široko primenjuje za izračunavanje osvetljenosti zatvorenog prostora. Metoda stepena iskorišćenja zasnovana je na razlaganju krive jačine svetlosti svetiljke, i određivanju procenta svetlosnog fluksa koji pada na radnu ravan od svakog svetlosnog izvora. Taj procenat svetlosnog fluksa nazivamo koeficijentom iskorišćenja za date uslove.

Koristeći ovu metodu mogu se sastaviti tablice stepena iskorišćenja koje su korisne za projektovanje svetlosnih uređaja i koje se baziraju na srednjoj osvetljenosti radne površine. Nedostatak ove metode je što ne pruža mogućnost za određivanje osvetljenosti u pojedinim tačkama radne ravni, a prednost što uzima u obzir efekat odbijanja svetlosti, što nije slučaj kod metode jačine svetlosti.

* Uticaj zaprašivanja svetiljke na smanjenje svetlosnog fluksa se donekle može kompenzirati uvođenjem koeficijenta slabljenja σ u proračun potrebnog svetlosnog fluksa. Izbor ovog koeficijenta zavisi od stepena zaprašenosti u hodniku koji se osvetljava.

Prilikom proračuna osvetljenosti metodom sačinitelja iskorišćenja služimo se sledećom formulom:

$$\varnothing = \frac{ES}{\eta \sigma A_{bs}}$$

gde je:

- \varnothing — svetlosni fluks svih svetiljki (u 1 m)
- E — srednji osvetljaj radne površine (u 1x)
- S — radna površina (u m^2)
- σ — koeficijent iskorišćenja
- η — koeficijent slabljenja
- A_{bs} — koeficijent apsorpcije svetlosti.

Tablice koeficijenta iskorišćenja za standardne tipove svetiljki sračunate su na osnovu podataka o uticaju dimenzija prostorije i koeficijenta odbijanja bokova i tavanice. Ako usvojimo da su uslovi u jamskim hodnicima slični uslovima u salama sa niskim tavanicama male širine (3 — 6 m), a velike dužine u odnosu na širinu, koeficijent iskorišćenja bi bio za fluorescentne svetiljke sa polusfernim reflektorom od 0,53 do 0,44, u zavisnosti od koeficijenta odbijanja zidova. Pri dobrom odbijanju svetlosnog fluksa od stropa i bokova i koeficijent iskorišćenja će biti veći. Tačne vrednosti koeficijenta iskorišćenja za svetiljke jamskog tipa još uvek nisu određene, mada se njihovo dobijanje privodi kraju.

Jedan od važnih činilaca za dobro osvetljenje je i koeficijent slabljenja svetiljki. Postepeno smanjenje svetlosnog fluksa, odnosno pogoršanje osvetljenosti u toku rada može se odstraniti kontrolom i redovnim državanjem svetiljki. Priljavitina i prašina smanjuju prozračnost staklenih zaštitnih zvona i sposobnost odbijanja reflektorske armature. Obično se usvaja da je srednja osvetljenost u podzemnim jamskim prostorijama 50% od nominalne početne osvetljenosti. Znači koeficijent slabljenja je 0,5, pa i manji.

Koeficijent apsorpcije je takođe važan činilac u osvetljenju. On zavisi od raznih isparavanja u atmosferi, od prašine i dima, kao i od razmaka između svetiljki i radnih površina, koje izazivaju apsorpciju i rasipanje svetlosti. Vrednost koeficijenta apsorpcije kreće se oko 0,5.

Engleski naučnik Valder je 1954. god. u proračune osvetljenosti prvi put uveo uticaj višestrukog odbijanja svetlosnog fluksa i primenio rezultate svojih istraživanja na osvetljenje tunela i podzemnih hodnika uopšte.

Ako je blesak zidova hodnika B, a koeficijent odbijanja r s tim da je koeficijent odbijanja od poda zanemarljivo mali, osvetljenost bokova hodnika je $B/r(1x)$. Ova osvetljenost ima dve komponente: E_d -direktna osvetljenost koju daje svetlosni izvor, i E_r -rezultat odbijenog svetlosnog fluksa od bokova hodnika. U običnom hodniku je komponenta E_r manja i biće $k \cdot B$ ($K < 1$). Ako je E_t ukupna osvetljenost u posmatranoj tački, onda je:

$$E_t = E_d + E_r = \frac{B}{r}$$

pa pošto je

$$E_r = k \cdot B,$$

sledi:

$$E_d = \frac{B}{r} - K \cdot B$$

to jest

$$\frac{B}{E_d} = \frac{r}{1 - K \cdot r}$$

K se može odrediti neposredno u hodniku pomoću fotometra i kreće se od 0,33 za površine osvetljene svetilkama ugrađenim u tavanicu, do 0,8 za radove koji se izvode pod direktnim svetlosnim fluksom koji je još i ravnomerno raspoređen. Naravno, odnos B/E_d zavisi i od koeficijenta odbijanja dotične površine, ali on sve sporije opada pri većim položenjima prašine.

Osvetljenje transportnih prostorija

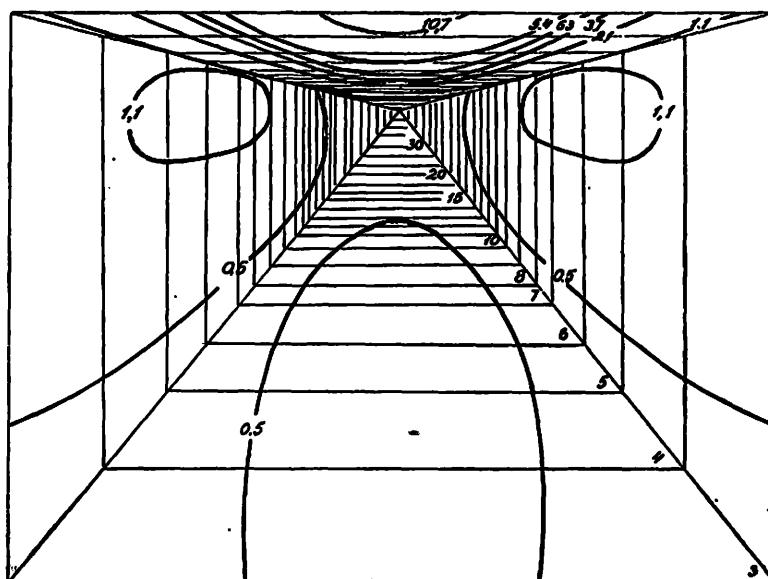
Prema engleskim propisima za stabilno osvetljenje koji su na snazi od 1947. godine, u okнима treba obezbediti opšte osvetljenje svih čvornih mesta podzemnog transporta, kao što su pumpne komore i mesta na kojima se vrši prikačivanje i manevriranje vagoneta. Do 1947. godine stabilno osvetljenje je primenjivano samo za navozišta i prostorije neposredno uz njih. Sada se, međutim, predviđa stabilno osvetljenje i za otkope sa širokim čelom, u skladu sa specijalnim propisima. Engleski propisi predviđaju da maksimalni radni napon u strujnim kolima za o-

svetljenje ne treba da pređe 250 V. Nedavno izrađeni jugoslovenski propisi za osvetljavanje metanskih i nemetanskih jama još uvek su pod udarom oštре stručne kritike i čine temu posebnog članka.

Raspodela električne energije u mrežama za osvetljenje vrši se visokim i srednjim naponom koji se transformiše na radni napon, na mestu upotrebe ili negde u blizini. Za transformaciju se koriste transformatori sna-

koji se napaja iz jednog transformatorskog razvodnika. Svaka grupa svetiljki se osigura va nezavisnim relejom od zemljospoja, a takođe i zaštitom od preopterećenja i kratkog spoja.

Preduzeće »Rade Končar« iz Zagreba proizvodi tzv. »kontrolnice rasvete« za različite napone i vrste jama. Kao zaštita od zemljospoja takođe se često upotrebljava i izolovan zvezdište transformatora.



Sl. 1 — Raspored osvetljenosti u hodniku kapnom lampom.
Fig. 1 — Light distribution in the mine roadway by the cap lamp.

ge 5 do 10 kVA koji se postavljaju po glavnim podzemnim podstanicama blizu navozišta, ili manji transformatori koji se postavljaju dalje od navozišta. Svetiljke su povezane kablom, a uređaj za uključivanje postavljen je u podstanicama za raspodelu energije.

Zaštita od zemljospoja se obezbeđuje pri borom koji je montiran na transformatorskom sudu. Sistem zaštite od zemljospoja sastoji se od malog jednofaznog transformatora povezanog sa dvolinčnim prekidačem koji kontroliše svaku odgovarajuću liniju. Transformator je konstruisan da inicira isključenje prekidača u slučaju zemljospoja pri struji od 0,6 A. Uredaj je montiran zajedno sa prekidačem u antieksplozivnu kutiju. Nekoliko takvih kutija pričvršćenih za vrtnjima čine razvodnu zaštitu celog sistema

U pogledu osvetljenja podzemna radilišta se klasificuju na sledeći način:

- Prostorije koje se koriste za prolaz pešaka do otkopa i nazad, u kojima nema nikakvih prevoznih sredstava.
- Prostorije kroz koje se kreću prevozna sredstva, ali koje se koriste i za prolaz pešaka.
- Depo za vuču.

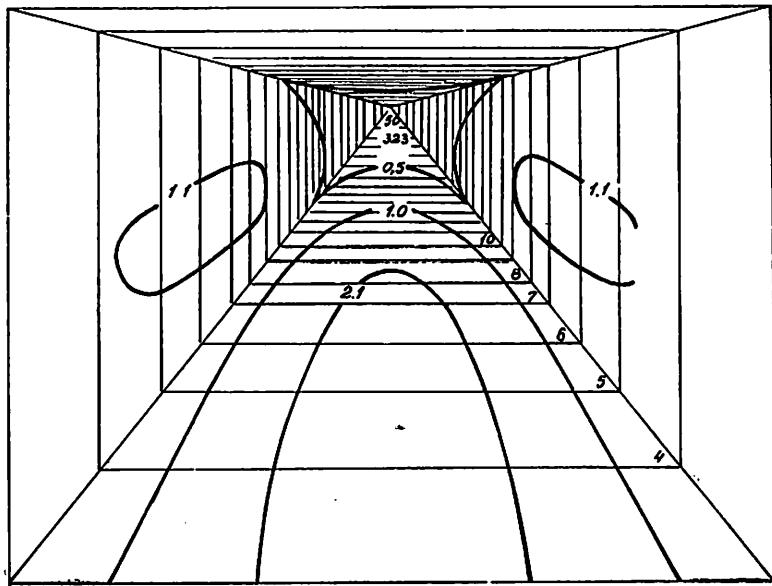
Osvetljenje prostorija za prolaz radnika

Osnovni zahtev u hodnicima za prolaz radnika je omogućavanje brzog i bezopasnog kretanja radnika. Pri tome je karakteristično da većina radnika koristi ove hodnike samo kratko vreme, i to na početku i kraju

smene. Iz ovog razloga je instaliranje stalnog osvetljenja po celoj dužini hodnika koja iznosi do nekoliko kilometara, nerentabilno, naročito kada se uzme u obzir da svaki radnik ima prenosnu svetiljku.

Efikasnost rada i održavanje prenosnih svetiljki u mnogome zavisi od položaja pri nošenju i dimenzija hodnika. Potrebna raspodela osvetljenosti za hodnike širine 2,4 m i visine 1,80 m za dva različita položaja čeonih

ljenih delova hodnika, što zavisi od rasporeda svetiljki duž hodnika. Ako su svetiljke raspoređene duž ose hodnika, siluete se slabije razlikuju nego pri rasporedu duž bočne strane hodnika, jer u prvom slučaju zidovi imaju skoro isti blesak kao i vagoneti, dok su u drugom slučaju zidovi svetlijci te se na njima može videti puna kontura vagoneta koji se približavaju. Raspoznavanje je takođe otežano ako su svetiljke suviše udaljene jed-



Sl. 2 — Raspored osvetljenosti u istom hodniku ručnom lampom.
Fig. 2 — Light distribution in the same mine roadway by the hand lamp.

svetiljki prikazana je na slikama 1 i 2. Raspodela osvetljenosti koju daje kapna lampa, pričvršćena na šlemu rudara na visini oko 1,60 m od poda hodnika, prikazana je na slici 1, a raspored osvetljenosti u istom hodniku, kada se svetiljka nosi u rukama na visini od oko 0,70 m od poda, na slici 2. Po red toga, postoji mogućnost da se svetiljka bolje iskoristi ako se nosi u ruci, pošto postoji mogućnost da se njena svetlost upravi u željenom pravcu.

Vidljivost na radu ogleda se u razlikovanju predmeta na tavanici i podu, kao i ne-ravnina staze. Vučna užad treba da budu vidljiva, kao i vagoneti, točkovi, kočnice i dr. Vrlo je važno da radnik pravovremeno vidi vagonete, da bi se lakše mimošao sa kompozicijom. Vagoneti se lakše razlikuju ako se njihove siluete ocrtavaju na pozadini osvet-

na od druge, pošto se između njih pojavljuju tamni prostori u kojima vagoneti postaju nevidljivi. Bolja vidljivost može se postići povećanjem sjaja vagoneta, ako se oboje belom bojom.

Osvetljenje izvoznih hodnika

Propisi za osvetljenje izvoznih hodnika predviđaju samo opšte osvetljenje koje treba da obezbedi sigurno kretanje i rad bez primene prenosnih svetiljki. Pošto propisi za rad u jami zahtevaju obavezno nošenje individualnih svetiljki, to se osvetljenost sredine u kojoj radnik radi ne može ocenjivati po uslovima u kojima se ne koriste individualne svetiljke. Ako je neophodno da svi rudari nose individualne svetiljke koje svet-

le u toku cele smene, onda sa ekonomске tačke gledišta treba posmatrati ove svetiljke kao nerazdvojni deo sistema podzemnog osvetljenja. Kapne lampe se u tom slučaju primenjuju za osvetljenje neposrednih radova za koje nije dovoljna svetlost stabilnih svestlosnih izvora. Pogodnom izvedbom svetlosnog uređaja može se neposredno na radnom mestu postići dovoljna vidljivost. Međutim, ipak je često potrebno i dopunsko osvetljenje, radi izvođenja pojedinih operacija. Za to su se kao najpraktičnije pokazale individualne svetiljke.

Osvetljenje podzemnih prostorija i radilišta

Da bismo pravilno sagledali ovo pitanje treba da analiziramo put rudara sa površine do njegovog radnog mesta i nazad. Pri spuštanju radnika u okno, može se desiti da radnik naglo prelazi sa dnevног sunčevog svetla u potpun mrak, a pri povratku iz mraka na svetlost dana. Prema tome, spuštanje u jamu se vrlo rđavo odražava na rudaru i psihološki i fiziološki, naročito u prvih nekoliko dana rada. Iako se čovekov organizam vrlo brzo privikava na te nagle promene, oči se nikad ne mogu potpuno privići te je redovno potreban određen period vremena dok se ne adaptiraju na mrak. Prelaz iz svetlosti u mrak nema posledica na organ vida, dok prelaz iz mraka na svetlost može da ima većih posledica. Zato se u nekim zemljama (Engleska, SSSR, Belgija) zadržavaju radnici obično u komori za adaptiranje, pre nego što izadu na dnevnu svetlost, tako da se njihove oči postepeno prilagodjavaju. Ovu praksu bi trebalo primenjivati i u našim rudnicima.

Često se postavljalj pitanje određivanja normi za osvetljavanje raznih delova jame. Pa ipak, i pored mnogobrojnih ispitivanja nisu donete neke definitivne norme. U Velikoj Britaniji, na osnovu raznih opita i ispitivanja, doneta je odluka da neophodan minimum osvetljenosti u otkopima treba da iznosi 4,3 lx. Prema našim propisima, koji se oslanjaju na VDE propise, minimum osvetljenosti 4 — do 6 lx.

Engleski stručnjak D. A. S t r a h a n predložio je sledeće visine osvetljenosti: za navozište 64 — 107 lx, za raskrsnice glavnih podzemnih hodnika, mesto pretovara i stанице za putničke vozove 43 — 64 lx, a za dru-

ge podzemne transportne prostorije 2 do 4 lx.

Kod hodnika sa malom visinom vešanja svetiljki, opšte osvetljenje je često neracionalno, ako su svetiljke proizvoljno raspoređene duž hodnika. Ovakav raspored svetiljki nas podseća na ulično osvetljenje kada je visina vešanja znatno manja nego rastojanje između susednih svetiljki. U tom slučaju se oko svake svetiljke obrazuju svetli kružovi, a u međuprostoru tamna mesta.

Efikasnost primenjenog sistema za osvetljenje ne ceni se po srednjoj osvetljenosti, već po nivou minimalne osvetljenosti površine i veličini odnosa minimalne i maksimalne osvetljenosti radne površine.

Ako radnik prelazi iz jako osvetljene prostorije u manje osvetljenu, vidljivost se pogoršava, dok se oko ne adaptira na novi svestlosni nivo. Trebalo bi da taj prelaz sa većeg nivoa osvetljenosti na manji, bude što brži i kraći. Za ovo postoji nekoliko metoda.

Prva metoda koja se često primenjuje, ali koja se ne preporučuje, sastoји se u povećanju rastojanja među svetiljkama u hodnicima koji vode od navozišta do otkopa sa širokim čelom. Pomoću ove metode se postiže niži srednji nivo osvetljenosti i istovremeno se pojavljuju široki, malo ili nimalo osvetljeni delovi podzemnih radilišta.

Najpogodnija metoda bila bi primena svetiljki male snage, koje treba postaviti na manjim rastojanjima tako da se dobije ravnomerna raspodela svetlosti.

Na razliku u blesku oči reaguju po zakonu Veber-Fehnera koji kaže da jednak povećanja intenzivnosti osvetljenja izazivaju reakcije nerva jednake intenzivnosti. Ako, na primer, hoćemo da snizimo srednji nivo osvetljenosti od 53 na 5,3 lx preko jednog medustepena, nivo te prelazne osvetljenosti mora da bude jednak geometrijskoj sredini između 5,3 i 53, a ne srednjoj aritmetičkoj sredini. Prema tome ta srednja osvetljenost bi bila 17 lx.

Prostorije koje se koriste samo za prevoz materijala i korisne rude, osvetljene su i svestiljkama koje se nalaze na kompoziciji, tj. na lokomotivi, što se smatra dovoljnim. U slučaju inspekcije ili kvara, osvetljenje se obezbeđuje prenosnim svetiljkama. Osvetljenost površine ispred lokomotive, koja se obezbeđuje farovima na lokomotivi je oko 17 lx. Osvetljenje transportnih prostorija stabilnim svetiljkama vrši se samo na mestima

na kojima radnici ulaze i izlaze iz voza, a takođe i na prilazima tim mestima.

Primenom fluorescentnih svetiljki može se obezbediti visok nivo osvetljenosti uz prihvatljive vrednosti koeficijenta neravnomennosti. Nedostatak ovih svetiljki je što izazivaju zaslepljivanje, koje ipak nije tako jako, ako su zidovi okrećeni. Koeficijent neravnomenosti je visok ako su svetiljke suviše daleko jedna od druge.

Svetlosni uređaji sa fluroescentnim svetilkama daju srazmerno visok blesak. Ako svetiljke upravimo na tavanicu i bokove umesto u pod koeficijent odbijanja njihovih površina može znatno bolje da bude iskoriscen. Srednji blesak u ovom slučaju je 0,50 Sb.

Teškoća u osvetljavanju izvoznih jamskih prostorija je u tome što se u njima nalaze razni uređaji koji zaklanjavaju svetiljke odnosno ometaju prostiranje svetlosnog fluksa.

Osvetljenost u transportnim hodnicima nije poželjno uzimati kao jedinstveni kriterijum kvaliteta osvetljenja, bez učešća drugih faktora.

Na slici 3 prikazano je osvetljenje izvoznih hodnika sijalicama postavljenim u nišama na zidovima hodnika. Nivo osvetljenosti na podu radilišta u ovom slučaju je vrlo nizak u poređenju sa osvetljenjem koje se postiže drugim rešenjima, na primer fluorescentnim svetilkama. Vidljivost u tim prostorijama je međutim vrlo dobra, često bolja nego u prostorijama u kojima je obezbeden viši srednji nivo osvetljenja, nekim drugim svetlosnim uređajima.

Jedna od operacija koja zahteva dobru vidljivost pri radu u izvoznom hodniku je otkačivanje i prikačivanje vagoneta. Ti radovi se uglavnom izvode u senci, pa se zato kao dopunsko osvetljenje upotrebljavaju svetiljke na šlemu rudara. Osim toga, krećenje i cementiranja zidova i tavanice znatno doprinosi poboljšanju osvetljenosti. Često se primenjuje delimično krećenje pojedinih delova hodnika, da bi se poboljšala vidljivost na radnom mestu povećanjem koeficijenta refleksije i kontrasta. Ako je potrebno da kontrast između dva objekta bude izražen i pri visokoj i pri niskoj osvetljenosti, kontrast bleska između tih objekata mora biti znatno veći pri niskom nivou osvetljaja nego pri visokom. Prema tome vidljivost se može poboljšati na dva načina:

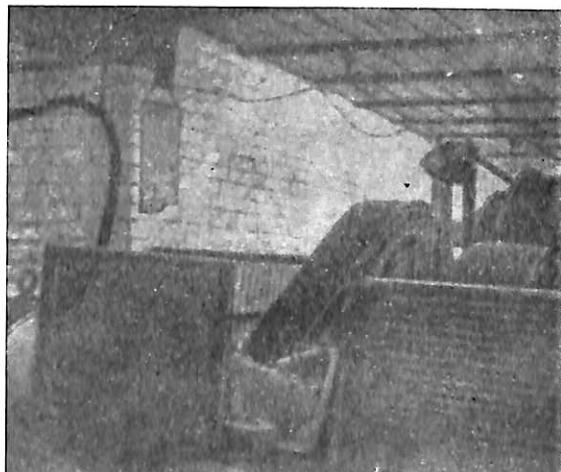
- povećanjem kontrasta bleska, pri postojećoj osvetljenosti, i
- povećanjem osvetljenosti.

Povećanje osvetljenosti često ograničavaju ekonomski razlozi, dok se povećanje kontrasta bleska često zanemaruje.



Sl. 3 — Osvetljenje izvoznih hodnika sijalicama u nišama zidova

Fig. 3 — Light distribution in a haulage roadways by lamps situated in the holes.

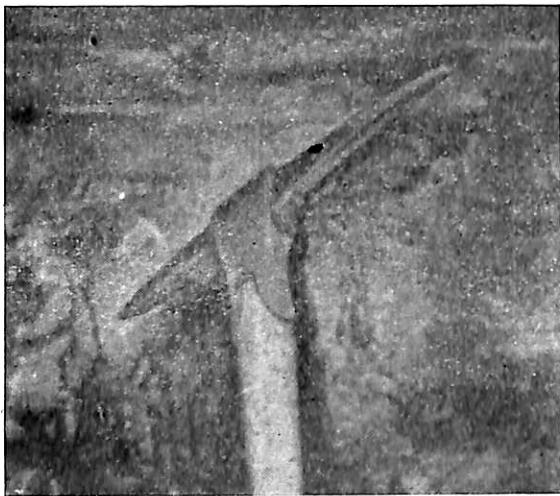


Sl. 4 — Osvetljena komora za dizalicu

Fig. 4 — Light in the hoist room.

Na slici 4 prikazana je osvetljena komora za dizalicu. Rad mašiniste obuhvata nadzor električnih i mehaničkih uređaja, nadzor pravilnog namotavanja i odmotavanja užeta, kao i nadzor kretanja dizalice. Sve ove operacije treba da su vidljive. Tavan i

zidovi komore su sveže okrećeni te dobro odbijaju svetlost. Jedna svetiljka sa sijalicom (na sredini fotografije) daje osvetljenost od oko 21,5 lx. Druga svetiljka postavljena na drugoj strani komore čini da se doboš dizalice odražava sa nekoliko silueta na svetloj pozadini zida. Uže na dobošu je vidljivo sa malim kontrastom. Opšta vidljivost ipak nije dobra, iako je tipična za ovakve uslove. Kontrast između upravljačkih poluga je vrlo nizak. Uslovi vidljivosti bi se poboljšali ako bi se poluge obojile belo, ali se uže kao ni površina doboša ne mogu obojiti belo. Drugo rešenje za vidljivost bubenja bilo bi povećanje osvetljenosti u prostoriji,



Sl. 5 — Odvaljivanje uglja kilavicom, snimljeno fotokamerom koja se nalazi pored samih očiju rudara

Fig. 5 — Coal got by the miner's pick. Photograph taken with camera in the miner's eyes level.

ali tako da se izbegne blesak koji ometa mašinistu da vidi okolni prostor. Da bi se poboljšala vidljivost, obično se postavlja jedna svetiljka uz mašinistu, tako da je svetlost upravlјena od njega prema dobošu i dizalici. Kontrasti su uopšte vrlo pogodni za poboljšanje vidljivosti u svetloj sredini.

Osvetljenje navozišta

Osvetljenje samog okna na navozištu je često nedovoljno. Postavljanjem svetiljki sa usmerenim svetlosnim fluksom olakšava se rad oko izvoženja korpe, utovara i istovara, kao i nadzor pribora, zato što svetlost pada direktno na potrebno mesto. Na spoju okna

sa navozištem treba da bude obezbeđeno samo osvetljenje navozišta. Osvetljenje rudničkog okna na raskrsnicama vrši se pneumatskim električnim turbo-svetiljkama ili svetiljkama koje se napajaju iz električne mreže. Turbo-svetiljke su obično mlaznog tipa. Vešaju se na takvoj visini koja obezbeđuje slobodan rad rudaru, naročito pri otkopavanju rude, i to na 6 m od otkopa. Obično se postavljaju po dve svetiljke dijametralno raspoređene na suprotnim stranama radilišta.

Ako se svetlosni izvori napajaju iz električne mreže, obično se upotrebljavaju svetiljke koje se vešaju na čelično uže. Sijalice treba da imaju jačinu 1.500 do 2.000 W. Ako u jami postoji opasnost od metana, svetlosna armatura mora da bude antieksplozivna. Kabl za napajanje svetiljki je obično dvožiljni sa povratnim vodom, obložen olovom, a izolovan vulkaniziranim gumom i platnenim opletom. Kabl je obložen dvostrukim žičanjim opletom, čija je otpornost na eksploziju i do 50 tona.

Osvetljenje otkopa prenosnim svetiljkama. — U zadnje vreme kapne lampe dobivaju sve veću primenu i postepeno istiskuju ručne prenosne svetiljke. Prenosne svetiljke su vrlo pogodne za osvetljenje radne površine, normalne na osu svetlosnog snopa svetiljke. Međutim predmet rada se retko nalazi u toj ravni, osim kod operacija bušenja ili punjenja minskih rupa. Osnovni proizvodni procesi u jami su vezani za perspektivu, odnosno dubinsko osvetljavanje.

Vidljivost na otkopu. — U otkopu postoji bliža i dalja perspektiva. Da bismo objasnili ove pojmove posmatraćemo rad rudara pri utovaru uglja na transporter (po kretnu traku). Posmatrajmo jedan otkop pri osvetljenju individualnim kapnim lampama, koje poseduje svaki rudar. Ža utovar uglja radnik se u otkopu koristi lopatom i kilavicom. On takođe postavlja podgradu. Ovi radovi obavljaju se u tzv. bližoj perspektivi. Vidljivost duž otkopnog čela daje nam dalju perspektivu. Na jednoj strani otkopa su otkopne brazde, a na drugoj je pokretna traka. Blesak se obično menja od 0,05 — 8,5 sb. Prepostavimo da se pri odsustvu zasenjavanja nivo adaptacije očiju određuje srednjim bleskom vidnog polja. U tom slučaju blesak adaptacije treba da je 0,10 sb, a opseg vidljivosti nalazi se u granicama od 0,0034 do 34,3 sb.

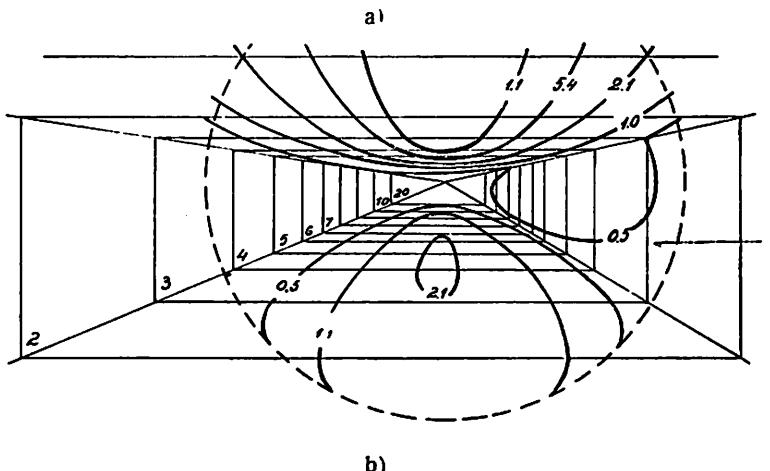
Na slici 5 prikazano je odvaljivanje ugla kilavicom, snimljeno fotokamerom koja se nalazi pored samih očiju rudara. Vidi se da je centralni deo vidnog polja dobro osvetljen te upravljanje kilavicom nije teško.

Zahvaljujući nejednakom odbijanju od površine slojeva uglja, vidljivost pri radu se znatno poboljšava, a naročito usled kontrasta bleska različitih slojeva uglja koji mo-

spektiva između površine otkopa i radnog prostora. Efekat osvetljenja kapne lampe nanet je na perspektivu u vidu krivih jednakog osvetljaja, koje predstavljaju osvetljaj radne površine normalne na vidnu liniju. Otkop ima ukupnu širinu 3,66 m i razdeljen je srednjim redom stupaca. Radi lakšeg prikaza osvetljaja na slici 6b data je perspektiva samo desne strane otkopa. Preporučeni minimum

Sl. 6 — Perspektiva između površine otkopa i radnog prostora

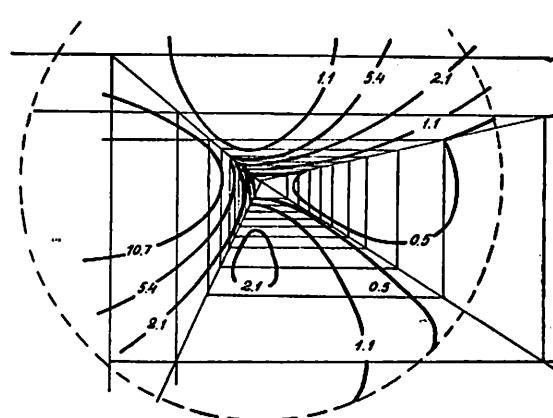
Fig. 6 — General view of the coal face working space.



gu biti tamniji ili svetlij. Pri postavljanju podgrade mora biti vidljiv klin po kome se udara čekićem. Objekt koji se posmatra, nalazi se na odstojanju od oko 60 — 75 cm od svetiljke, i dobro je osvetljen centralnim delom svetlosnog snopa. Sve ove operacije lako razlikujemo (pri dovoljnom kontrastu) uz blesak od 0.686 — 0.343 sb.

Međutim, osvetljenje dalje perspektive nije moguće obezbediti kapnim lampama. Razlikovanje predmeta u perspektivi zavisi od položaja radnika prema podgradnim stubovima, postavljenim u otkopu. Kontrast između stubova i njihove pozadine je mali, te je moguće poboljšati opštu vidljivost krećenjem stubova.

Odnos između svetlosnog i vidnog polja u otkopu. — Osvetljavanje perspektive možemo lakše sagledati ako uporedimo raspodelu svetlosnog fluksa kapne lampe i vidno polje posmatrača. Na slici 6a i 6b, šematski je prikazana perspektiva koju čine dve trake širine 1,83 m, duž otkopa visine 1,22, a širine 3,66 m. Pretpostavlja se, da se oči posmatrača nalaze na visini 0,91 m. Na slici 6a prikazana je per-



od 4,3 lx određen je na pretpostavci da srednji koeficijent rasipnog odbijanja u otkopu iznosi 8%. Ispitivanja su pokazala da je i to dosta velika vrednost, te se često preporučuje vrednost od 5%. Ako uzmememo ovu vrednost, jačina svetlosti u granicama srednjeg dela svetlosnog snopa će biti veća od potrebnog minimuma za radove na bliskom rastojanju. Znači viđenje pomoći čepića mrežnjače je nemoguće u granicama vidnog polja. Pošto za sigurnost na radu veći značaj ima periferna vidljivost, to svetlosno polje mora

biti veće od vidnog polja. Na slici 6 vidimo da pri posmatranju dalje perspektive, veći deo vidnog polja izgleda manje osvetljen nego potrebbni minimum za dobro viđenje.

Cinjenica da se svakodnevni radovi pod zemljom, uprkos svih iznetih problema, ipak uspešno obavljaju, objašnjava se sposobnošću očiju da se adaptiraju prema različitim nivoima bleska okoline. Ispitivanja vidnog polja vršili su Man i Šarplej u Velikoj Britaniji i došli do zaključka, da radnici koji rade pod zemljom imaju veći prag osvetljivosti oka pomoću štapića, nego radnici koji rade na površini, pri čemu se taj prag povišava sa godinama starosti. Ova istraživanja odnose se samo na uslove pri viđenju pomoću štapića, mada je, na većini mesta pod zemljom pri radu na malim rastojanjima, nivo adaptacije takav da se pri gledanju koriste i čepići i štapići.

Većina kapnih lampi, koje se danas koriste, daju raspodelu svetlosti koja može da obezbedi osvetljaj od 4 lx na površini kružne ploče prečnika 1,8 m, na rastojanju od 1,2 m od svetiljke. To svetlosno polje zнатно je manje nego vidno polje. Rudar koji radi mašinom često gleda objekte na rastojanju većem od 1,2 m, u veoma prašnjavoj atmosferi. Za te uslove predloženo je da se upotrebljavaju svetiljke sa poliranim reflektorom koje koncentrišu svetlosni fluks u obliku uzanog svetlosnog snopa. U ovom slučaju se vidno polje još više smanjuje, iako se omogućava viđenje na većim rastojanjima.

Kapne lampe ne mogu samo da obezbede dovoljno osvetljenje za sve ciljeve, već je potrebno razmotriti puteve i sredstva osvetljenja pozadine i cele sredine u kojoj se nalazi objekat koji treba osvetliti pri radu.

Stalno osvetljenje ugljenokopa

Sa primenom stalnog osvetljenja u otkopima počelo se još 1881. godine kada je električno osvetljenje prvi put uvedeno pod zemljom. Do danas je bilo više raznih inte-

resantnih pokušaja i ispitivanja u tom pravcu. Jedna jama u Južnom Velsu imala je 20 svetiljki tipa »SVAN« koje su napajane strujom napona 50 V iz Gramove dinamomašine, koja se stavlja u pokret komprimiranim vazduhom i nalazila se u samom otkopu. 1911. godine donet je u Velikoj Britaniji zakon o industriji uglja, koji je uslovio da se stalno osvetljenje u otkopu može primeniti samo u rudnicima bez metana. U nekim rudnicima, kao na primer u rudniku »Berč Kopis«, 1927. godine je bio primenjen sistem osvetljenja naponom od 25 V lampama ispunjenim gasom, snage 25 W. U drugim rudnicima bile su upotrebљene lamppe ispunjene gasom napona 125 V i snage 60 W, ali su se sa ovim instalacijama pojavele teškoće zbog brzog pregorevanja lampi.

Treći pokušaj da se reše problemi osvetljenja otkopa učinjen je 1930. godine, kada je bio primenjen princip elektromagnetne indukcije sa transformatorima 125/25 V, bez velikog pada napona u mreži. Međutim, gromaznost i velika težina aparature doveli su do prekida ispitivanja u tom pravcu.

Otkop sa širokim čelom rudnika uglja »NUNERI« bio je osvetljen 1932. godine svetiljkama napona 125 V i snage 60 W. Otkop je bio dug 128 m, a svetiljke postavljene na rastojanju od 4,27 m. Svetiljke su imale priključne sprovodnike dužine 2,74 m. U to vreme počelo se sa primenom hermetičkih pristora sa visokim unutrašnjim pritiskom, naročito u Nemačkoj. Provodnici su bili smešteni u cevi u kojima se, kao i u svetiljkama, održavao pritisak od oko dve atmosfere. Automatski prekidač je prekidao dovod električne struje u slučaju ma kakvog kvara.

U Velikoj Britaniji je konstruisana svetiljka čija je lampa bila smeštena u oklop ispunjen ugljendioksidom pod pritiskom. I ovi uređaji su se pokazali kao nepodesni i u toku desetak godina (1935 — 1945) samo električne turbosvetiljke su se pokazale kao pogodna dopuna rudarskoj individualnoj svetiljki.

U međuvremenu, dok je trajao prekid eksperimenata sa stalnim mrežnim osvetljenjem, pojavile su se i počele dobijati sve širi primenu fluorescentne svetiljke. Njihove osobine su odmah privukle pažnju stručnjaka za jamsko osvetljenje. U Engleskoj je 1946. godine bilo konstruisano nekoliko eksperimentalnih instalacija. Ispitivanja su vršena sa dva tipa svetiljki, jedne su se sastojale iz dve cevi dužine 451,2 mm, snage 15 ili 30 W svaka, a druge su imale fluorescentne cevi dužine 609,6 mm, snage 40 W.

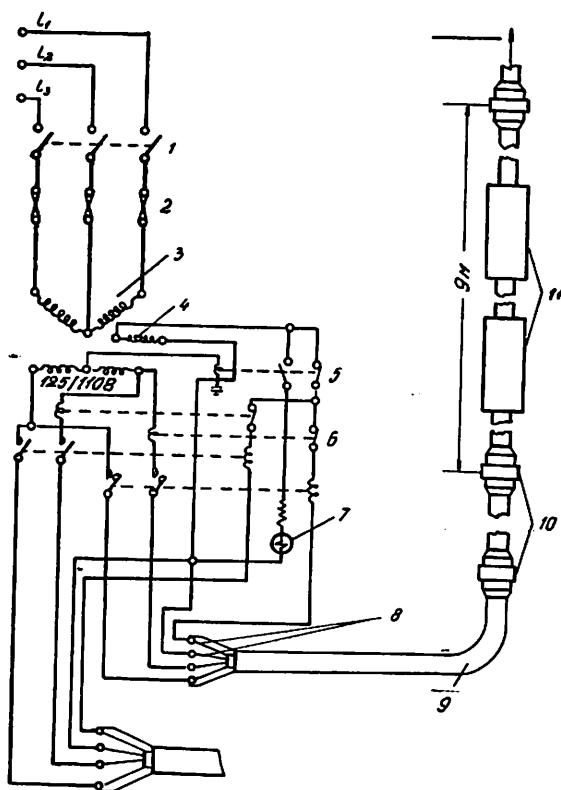
Snabdevanje otkopa elektronom za osvetljenje. — Engleski propisi ograničavaju napon za mrežno osvetljenje otkopa na 125 V. Kabl za osvetljenje je elastičan i oklopljen, a sastoji se od četiri žice, dve za dovod energije, jedna za uzemljenje i jedna kontrolna. Kroz kontrolni provodnik prolazi mala struja za kontakte na razvodnoj tabli koji prekidaju električno kolo u slučaju kvara (sl. 7).

Ispitivanja fluorescentnih svetiljki u otkopima sa širokim čelom pokazala su, da jedno od najvećih preimicstava fluorescentnih lampi, njihov vek trajanja, nije bilo dovoljno iskorišćeno. 1949. godine Krafor je dao podatke da 14% fluorescentnih lampi ima vek trajanja manji od 100 h, 18% od 100 do 500 h, 20% od 500 — 1.000 h 31% od 1.000 do 2.000 h, a 17% od 2.000 — 3.000 h. Srednji vek trajanja može se produžiti tako da iznosi 1.750 — 2.000 h. Međutim, vek trajanja sličnih lampi pri upotrebi na površini verovatno bi bio oko 5.000 h. Zbog ovoga je naročita pažnja bila posvećena projektovanju savremenijih fluorescentnih svetiljki. Cilj ovih konstrukcija je da se smanji zasenjivanje, pa i blesak njihovih površina, primenom opalnog ili mlečnog rasipnog stakla ili usmeravanjem svetlosnog fluksa. Ponekad se primenjuju svetiljke sa inkadesencetnom sijalicom (jer su fluorescentne svetiljke glomazne), pri čemu je svaka svetiljka snabdevana jednim kablom koji omogućava da se može po želji menjati rastojanje svetiljke od glavnog dovodnog kabla.

Tablica 1

Osvetljenosti radnih površina u oknu*

Mesto	Osvetljenost u - lx
Navozište	64,56 — 107,60
Mesto otkopa, utovarni punktovi i stanice za osobne vozove	43,04 — 64,56
Ostali podzemni transportni hodnici	2,15 — 4,30



Sl. 7 — Razvodna tabla koja prekida električno kolo u slučaju kvara.

- | | |
|------------------------|---|
| 1 — Prekidač | 7 — Lampa indikator |
| 2 — Osigurač | 8 — Kontrolna žila i žila za uzemljenje |
| 3 — Transformator | 9 — Četvorozilni kabel |
| 4 — Sekundarni namotaj | 10 — Antieksplozivni oklop |
| 5 — Rele | 11 — Svetiljke |
| 6 — Maksimalni rele | |

Fig. 7 — Distribution panel for breaking the electrical circuit in the case of drawbacks.

*) Prema standardima Velike Britanije. Dopunsko osvetljenje od prenosnih lampi nije uzeto u obzir.

Tablica 2

Osvetljenošć tipičnih radnih površina u transportnim hodnicima prema podacima iz Velike Britanije

M e s t o	Tip svetiljke	Karakteristike površine	Osvetljenost (lx)			Koef. neravnomernosti			
			Širina hodnika (m)	Visina vješanja svetiljke (m)	Dužina intervala između svet. (m)				
Navozište	Luminescentne. Dve lampe po 80 W u otvorenim reflekt.	Zidovi od cigle. Krovina obojena belo Profil pravougaoni	4,88	2,74	4,88	107,6	10,76	41,96	10:1
	Luminescentne. Svetiljke po 80 W u prozračnoj armati.	Zidovi od cigle, krovina obojena belo. Pravougaoni profil	3,66	2,13	4,57	107,6	10,76	41,96	10:1
Glavni transportni hodnik prema navozištu	Luminescentne. Lampe po 60 W u armantari zašćitnoj od prašine uvučene u plafon	Zidovi od cigle, krovina obojena belo. Pravougaoni profil	5,49	2,44	9,14	53,80	2,15	17,21	25:1
	Lampe sa usijanim vlaknom 60 W u prozračnoj staklenoj armaturi	Zidovi od cigle. Krovina obojena belo. Pravougaoni profil	3,05	2,13	9,14	32,28	1,07	9,68	30:1
Ostali transportni hodnici	Lampe sa usijanim vlaknom 100 W zatvorene paneljima mlečne boje u nišama u zidu	Profil u obliku svoda. Gladalk beton. Krovina obojena belo	3,66	2,28	2,28	4,30	1,07	3,23	4:1
	Lampe sa usijanim vlaknom snage 60 W u prizmatičnoj armaturi	Profil u obliku svoda. Krovina obojena belo samo do visine 1,2 m.	3,66	2,13	2,08	1,29	0,43	1,18	3:1

Osvetljenje otkopa pri mehanizovanom radu i vrste svetiljki. — Ako se svetiljke nalaze u sklopu rudarskih mašina — onda njihova težina nije važna. Neke mašine, naročito pokretne, dugo su imale samo obične farove. Svetlosni fluks ovih farova srazmerno je mali, i vremenom opada zbog nasлага prašine na staklenom zaklonu. Pri kontinualnom sistemu rada, svetiljke se mogu montirati na pokretnoj traci, na jakim i elastičnim konzolama sa strane trake okrenute prema radnom prostoru.

Pneumatske, turbo-svetiljke primenjuju se na mestima gde je upotreba električne energije zabranjena, da ne bi došlo do eksplozije usled varničenja, te je u mnogim rudnicima osnovni izvor energije komprimirani vazduh. Pod ovakvim uslovima koriste se turbo-svetiljke, kod kojih svaka lampa ima svoj turbo-generator. Ipak, efektivnost sabijenog vazduha, kao izvora energije, je znatno manja u poređenju sa elektricitetom kao izvorom energije.

Kada bi svaka svetiljka imala svoj izvor energije, mnoge teškoće bi otpale. Zato se primenjuju grupne akumulatorske svetiljke koje se napajaju iz jednog akumulatora. Međutim, u otkopima sa širokim čelom one još nisu dobine širu primenu te za sada i nemaju perspektive.

Osvetljenje u otkopu sa širokim čelom. — Sistem stabilnog osvetljenja u otkopu sa širokim čelom obezbeđuje osvetljenju pozadinu u okviru svetlosnog polja koje daje kapna lampa. Ispitivanja osvetljenosti otkopa visine 1,29 m pomoću turbo-električnih svetiljki sa dve fluorescentne lampe snage 15 W, obešene na rastojanju 4,57 m, na visini 84 cm od poda,

pokazala su, da se u toku smene srednji osvetljaj u vertikalnoj ravni smanjuje od 5,81 na 2,15 lx, dok je srednja osvetljenost poda iznosila 3,66 lx.

Uzimajući u obzir da se ravnometernost osvetljenosti pri svakom tipu stabilnog osvetljenja narušava prisustvom mašina u otkopu, stupcima, gomilama uglja i radnika koji zakanjuju svetlost, neophodno je, da individualne svetiljke obezbeđuju radnika dovoljnom svetlošću, čak i u slučaju kvara na mreži. Na jednom primeru je ustanovljeno da je osvetljenost vertikalne ravni na odstojanju od 0,9 m od svetiljke iznosila 20 lx, a opseg je bio u granicama između 64,56 i 2,37 lx, te je koeficijent neravnometernosti 27/1. Na rastojanju 27 m od svetiljke srednji osvetljaj je iznosio 3,55 lx, a odgovarajuće granice su bile 43 — 1 lx, uz koeficijent neravnometnosti 40/1.

Osvetljenje prolaznih otkopa koji imaju malu širinu, lakše se ostvaruje nego osvetljenje otkopa sa širokim čelom. Pri prolazu kroz meke naslage svetiljke se obično vešaju na stubove za podgradu. Ako su slojevi tvrdi, svetiljke se vešaju o čelične klinove zabijene u stenu, pri čemu je gubitak u visini vešanja minimalan. Osvetljenje na kopu obezbeđuje se svetiljkama reflektorskog tipa postavljenim na pokretnu bušilicu ili na tender. Sav taj pribor se uklanja iz otkopa za vreme pucanja, i zato je za vreme otkopavanja rude neophodno obezbediti neku drugu vrstu osvetljenja. Vidljivost je tada najniža, jer za vreme rada mašine mogu podići guste oblake prašine kroz koje se svetlost vrlo slabo probija. Međutim, ovaj problem je skoro nerešiv i donekle se ublažava upotrebom grupnih akumulatorskih svetiljki.

SUMMARY

Electric Illumination of Underground Spaces in Mines

Stanislav Radosavljević, eng.*)

Excluding few highly developed countries, a very small attention has been payed to the problem of electric illumination in coal and iron mines. Development of electric illumination technic in mines in most of the countries is far behind the development of mining technology and equipment. On the other hand, illumination of underground

*) Dipl. ing. Stanislav Radosavljević, Elektroserbia — Beograd.

spaces in mines requires full attention, having in mind its influence on the number of production, psychological and social problems. Article presents some problems and suggests their solutions based on contemporary technic of underground mines illumination.

L iteratura

- B redikhin, A. N., 1956: Elektrifikacija gor-
nyh razrabotok. — Ugletehizdat, Moskva.
R oberts, A., 1962: Underground Lighting. —
The Technical Press Ltd.
S tephen son, H. F., 1955: The Lighting of Un-
derground Roadways in Collieries.
- V olocko j, N. V. i dr., 1964 Električeskoe
osvesčenie. — »Energija«, Moskva, Le-
njingrad.
IES Lighting Handbook. — III izdanje, 1959.
Illuminating Engineering Society, New York.

Upotreba sigurnosnih električnih milisekundnih upaljača u jamama sa metanom i opasnom ugljenom prašinom

(sa 2 slike)

Jože Colarič

Upotreba trenutnih električnih upaljača za opšte potrebe sa fulminatskim detonatorom (TEU-FD) u jamama sa metanom i opasnom ugljenom prašinom

Zapazio sam, da je kod nekih rudarskih stručnjaka u našoj zemlji u priličnoj meri rašireno mišljenje, da su trenutni električni upaljači za opšte potrebe sa fulminatskim (bakarnim) detonatorom (u daljem tekstu TEU-FD) koje proizvodi preduzeće »Pobeda« iz Goražda, potpuno sigurni za električno paljenje minskih punjenja na radilištima sa pojavom metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, tj. da isti prilikom miniranja ne mogu upaliti metan ili opasnu ugljenu prašinu. Zbog toga se u nekim ugljenokopima ovi upaljači masovno upotrebljavaju za miniranje na pomenutim radilištima.

Ovim upaljačima je do nedavno vršeno i zvanično ispitivanje sigurnosnih metanskih eksploziva metankamnikita I i metanvitezita 5, protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. Ispitivanja su vršena u zvaničnim probnim hodnicima za ispitivanje metansko sigurnosnih eksplozivnih materija u Vitezu i Kamniku. Pri tome se u ove upaljače toliko verovalo, da su u slučaju zapaljenja metana krivicu za to pripisivali samo metanskom eksplozivu, a nikada TEU-FD.

Razlog ovakvog shvatanja svakako leži u tome što do sada u našoj zemlji nije zabeleženo, bar ne prema zvaničnim nalazima is-

tražnih organa, da je do zapaljenja metana ili opasne ugljene prašine u nekom rudniku, došlo krivicom slabog kvaliteta električnog upaljača ili metanskog eksploziva. Izuzetak od toga je eksplozija metana koja se dogodila za vreme miniranja 11. III 1961. godine u Rudniku mrkog uglja Zagorje, kojom prilikom je poginulo 13 rudara. Međutim, prema nalazu komisije Saveznog sekretarijata za industriju od 21. VII 1962. godine, do eksplozije metana nije došlo krivicom električnog upaljača ili metanskog eksploziva, već zato što je miniranje izvodilo lice bez minerskog ispita i ovlašćenja za miniranje, i što je u istoj jami, pored metanskog eksploziva metankamnikita I, upotrebljavan običan eksploziv kamniktit II, koji je pronađen na radilištu, od strane istražnih organa, posle nesreće. Ali to ne mora da znači da TEU-FD ne može prouzrokovati zapaljenje metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine, kao ni to, da eksploziju metana, u pomenutom rudniku, nije prouzrokovao baš TEU-FD. Jer, kao što je poznato, eksplozija metana ili ugljene prašine obično ne ostavlja za sobom žive svedoke koji bi mogli objasniti šta je prouzrokovalo eksploziju. Isto tako, zbog razornog dejstva eksplozije metana ili ugljene prašine, obično bivaju uništeni svi tragovi koji bi mogli istražne organe navesti na pravilan zaključak, šta je bio neposredni uzročnik eksplozije. Zbog toga se izveštaji o uzroku eksplozije najčešće ba-

ziraju na indicijama i pretpostavkama, a ređe na stvarno utvrđenim činjenicama.

Najnovija ispitivanja koja su vršena u opitnoj komori proizvođača električnih upaljača — preduzeću »Pobeda« u Goraždu i zvaničnim probnim hodnicima za ispitivanje metansko-sigurnosnih eksplozivnih materija u Kamniku i Vitezu, pokazali su, da TEU-FD za opšte potrebe, nisu u tolikoj meri sigurni, protiv zapaljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, koliko se to do sada smatralo. Proizvođač ovih upaljača tvrdi, a to se može videti i iz dnevnika opitne stanice, da je kod redovne kontrole proizvodnje TEU-FD u njihovom probnom hodniku kod nekih serija dolazilo u 20% slučajeva do zapaljenja metana. Međutim, kod metanskih milisekundnih električnih upaljača uopšte nije dolazilo do zapaljenja metana, ili se zapaljenje metana kretalo u dozvoljenim granicama od 4%. Pri tome treba napomenuti, da se opiti koji se vrše u probnoj komori za ispitivanje metanskih električnih upaljača preduzeća »Pobeda« Goražde, ne priznaju kao zvanična ispitivanja, jer njihova probna komora ima malu zapreminu, svega 1 m^3 , dok zvanični probni hodnici u Vitezu i Kamniku imaju zapreminu od $11,5\text{ m}^3$. Naime, u probnoj komori male zapremine dolazi češće do zapaljenja metana nego u probnom hodniku normalne zapremine, jer u maloj zapremini dolazi do intenzivnijeg povećanja temperature, a i drugi činioci utiču da eksplozija metana u takvim probnim hodnicima bude češća. Međutim, ova ispitivanja ipak mogu da posluže za upoređenje, koji su upaljači manje, a koji više sigurni protiv paljenja metana.

Upotreba TEU-FD za opšte potrebe u metanskim jamama se do 1964. god. mogla donekle tolerisati, jer se u našoj zemlji nisu preizvodili metansko-sigurnosni trenutni električni upaljači, niti smo ih uvozili. U poređenju sa ostalim električnim upaljačima za opšte potrebe isti su ipak bili najpogodniji i najsigurniji za upotrebu u metanskim jama i jamama sa eksplozivno opasnom ugljenom prašinom. Međutim, sredinom 1964. godine rešenjem Saveznog sekretarijata za unutrašnje poslove stavljen je u promet, pored ostalih brojeva metanskih milisekundnih električnih upaljača i milisekundni električni upaljač označen brojem »O«, koji dejstvuje trenutno kao i svaki drugi trenutni električni upaljač, sa tom razlikom, što je

isti snabdeven specijalnim osiguračem, kao i svi ostali metanski milisekundni električni upaljači.

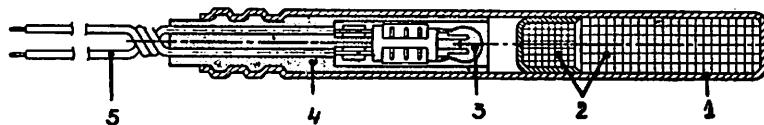
Članom 136. stav 2. Propisa o zaštitnim merama pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu (»Službeni list FNRJ«, br. 9/67) regulisano je, da se na radilištima sa pojavom metana i opasne ugljene prašine minska punjenja smeju politi samo trenutnim i milisekundnim električnim upaljačima izrađenim za metanske jame. Pošto naši domaći TEU-FD nisu izrađeni za paljenje minskih punjenja u metanskim jama niti su za to atestirani, već su proizvedeni i atestirani za paljenje minskih punjenja na radilištima na kojima se ne pojavljuje metan ili opasna ugljena prašina, to njihova upotreba na radilištima sa pojmom metana i opasne ugljene prašine nije ni dozvoljena. Međutim, uprkos tome isti se u mnogim našim metanskim rudnicima i dalje masovno upotrebljavaju. Time se svesno ugrožavaju životi zaposlenih radnika na ovim radilištima. Zbog toga smatram da bi trebalo odmah zabraniti dalju upotrebu TEU-FD za opšte potrebe na svim radilištima koja su okvalifikovana kao opasna od metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine. Umesto ovih upaljača ubuduće treba na radilištima sa pojmom metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine upotrebljavati samo metansko-sigurnosne električne upaljače, o kojima će u daljem izlaganju biti posebno više reči.

Zvanično ispitivanje TEU-FD za opšte potrebe, u cilju utvrđivanja njihove sigurnosti protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine u probnom hodniku nije vršeno, jer su oni namenjeni za miniranje samo na radilištima gde se ne pojavljuje metan ili opasna ugljena prašina. Međutim, proizvođači metanskih eksploziva metankamnkita I i metanivitezita 5 su za svoje potrebe, vršili opite u zvaničnim probnim hodnicima, u cilju utvrđivanja koliko su TEU-FD za opšte potrebe sigurni protiv paljenja metana. Pri tome je u više navrata konstatovano, da TEU-FD za opšte potrebe nisu dovoljno sigurni protiv paljenja metana jer lako mogu da upale metan, a teže ugljenu prašinu. Zbog toga je došlo do polemike zašto se ispituju metanski eksplozivi na sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, kada se inicijacija eksploziva pri tome ispitivanju vrši električnim upaljačima koji nisu si-

gurni protiv paljenja metana. Niame, tvrdilo se i to, da proizvođač metanskog eksploziva neće snositi krivicu za eksploziju metana u nekom rudniku, jer je u više navrata konstatovano da je metanski eksploziv sigurniji protiv paljenja metana od električnih upaljača, tj. da eksploziju metana može da prouzrokuje TEU-FD, a ne metanski eksploziv. Međutim, činjenica je da se opasnost od zapaljenja metana električnim upaljačem znatno smanjuje ukoliko isti dejstvuje zajedno sa metanskim eksplozivom, pošto se štetni sastojci detonacije električnog upaljača koji mogu upaliti metan, pomešaju sa produktima detonacije metanskog eksploziva, čime se smanjuje mogućnost da isti dođu u dodir sa smešom metana i vazduha i da ga zapale.

Autor ovog članka je 21. II 1964. godine sam izvršio opit u zvaničnom probnom hodniku sa TEU-FD, u cilju da se lično uveri koliko su isti sigurni protiv paljenja metana. Od 20 ispitanih upaljača u 3 slučaja je došlo do eksplozije smeše metana i vazduha (koncentracija metana u vazduhu 8,8—9,4% vol). Time sam se lično uverio u istinitost

šinu ukoliko su isti pravilno smešteni u udarnu patronu. Mesto udarne patronе je na dnu minske rupe ili druge po redu od dna. Električni upaljač mora biti ceo zagnjuren u udarnu patronu, kako bi pri detonaciji patronе eksploziva bio ceo uništen zajedno sa zapaljivom glavicom i ostalim delovima. Međutim, u drugom slučaju, kada se električni upaljač nalazi u drugoj patroni po redu od dna, on će i ako nije ceo zagnjuren u patronu eksploziva biti uništen jer se nalazi između dve patronе. Na taj način se ostaci zapaljive glavice i usporačke smese potpuno smrve i pomešaju sa produktima detonacije metanskog eksploziva, tako da ne predstavljaju opasnost za zapaljenje metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine. Ali ako električni upaljač nije pravilno smešten i dobro zagnjuren u udarnu patronu koja je odmah iza čepa, i ako minsko bušotina nije dobro začepljena, gornji deo električnog upaljača sa čepom i zapaljivom glavicom ostane neuništen, a baš taj deo može da prouzrokuje zapaljenje metana ili eksplozivne ugljene prašine (slika 1).



Sl. 1 — Trenutni električni upaljač za opšte potrebe (TEU-FD).

1 — čaurica; 2 — primarno i sekundarno eksplozivno punjenje detonatora; 3 — zapaljiva glavica; 4 — čep; 5 — električni sprovodnici.

Abb. 1 — Elektrischer Momentzünder für allgemeinen Gebrauch (TEU-FD).

1 — Zündenderhülse; Primär- und Sekundärladung des Detonators; 3 — Zündsatz; 4 — der Stopfen; 5 — elektrischer Leiter.

tvrđenja proizvođača metanskih eksploziva da TEU-FD nisu sigurni protiv paljenja metana. Takvo stanje je svakako ubrzalo rad preduzeća »Pobeda« iz Goražda na usvajanju sigurnosnih metanskih električnih upaljača koji bi zamenili TEU-FD pri miniranju u metanskim jamama i jamama sa eksplozivno opasnom ugljenom prašinom, tj. usvojen je milisekundni metanski električni upaljač označen brojem »0« sa trenutnim dejstvom.

Kada govorimo o opasnosti od eksplozije metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine pri paljenju minskih punjenja TEU-FD za opšte potrebe, treba imati u vidu, da TEU-FD mogu teže prouzrokovati zapaljenje metana ili eksplozivno opasnu ugljenu prašinu

Detonatorska kapsula TEU-FD ista je po sastavu kao i kod metanskih električnih upaljača, a to je dokaz da detonatorska kapsula kod TEU-FD nije uzročnik eksplozije metana ili ugljene prašine, već zapaljenje metana prouzrokuje zapaljiva glavica kod trenutnih ili prenosna usporačka smeša kod vremenских i milisekundnih električnih upaljača. Zbog toga se kod metansko sigurnosnih električnih upaljača ispod zapaljive glavice kod broja »0«, odnosno ispod usporačke cevčice kod ostalih brojeva, stavlja prsten osigurač sa osiguravajućom kuglicom (slika 2), što kod TEU-FD nije slučaj (slika 1).

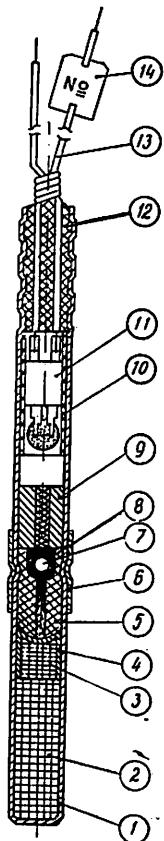
Do zapaljenja metana ili opasne ugljene prašine kod upotrebe TEU-FD dolazi zato,

što zapaljiva glavica, za razliku od eksplozivnog punjenja detonatorske kapsle može duže da gori, tj. goreњe zapaljive glavice može da traje i posle detonacije detonatorske kapsle. Mada u najčešćem slučaju pri detonaciji detonatorske kapsle bude potpuno uništena i zapaljiva glavica zajedno sa zapaljivom smešom, to se pri detonaciji TEU-FD u slobodnoj atmosferi ili nedovoljno zagnjurenog u udarnu patronu ne dešava redovno, tako da zapaljiva smeša glavice tinja i posle

pošto je detonacija završena. Pri tome se razvija visoka temperatura koja može lako da zapali metan, a teže eksplozivno opasnu ugljenu prašinu. Naročitu opasnost predstavljaju sitne zapaljive čestice koje se odvajaju od zapaljive glavice i sporačke smeše i lete kroz vazduh poput malih meteora. Do zapaljenja metana će još brže doći ukoliko u istom ima primesa drugih zapaljivih gasova, kao na primer, vodonika, etana, butana i drugih.

Da bi sprečili zapaljenje metana ili opasne ugljene prašine pri miniranju, moraju se preduzeti i druge manje-više poznate mere bezbednosti od kojih ćemo ovde navesti samo nekoliko. U prvom redu minskе bušotine moraju biti pravilno usmerene i dovoljno duboke, kako bi eksplozivno punjenje izvršilo maksimalni rad pre no što produkti detonacije dođu u atmosferu. Vršeći rad produkti detonacije ohlade se do tog stepena da kada dođu u dodir sa eksplozivnom smešom metana i vazduha ili eksplozivno opasne ugljene prašine, više ne mogu zapaliti tu smešu. Da bi eksplozivno punjenje izvršilo maksimalan rad, minsku bušotinu treba dobro začepiti dovoljno dugačkim i kvalitetnim čepom. U protivnom čep može biti izbačen iz bušotine pre no što dođe do rušenja uglja. Pri tome će najveći deo vrelih gasova u vidu plamena prodreti u atmosferu kroz otvor minskе bušotine, odmah iza čepa. Ovi gasovi, pošto su izvršili mali mehanički rad nisu ohlađeni i predstavljaju opasnost od zapaljenja metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine.

Posebnu opasnost za eksploziju metana ili eksplozivno opasne ugljene prašine predstavljaju neispravni metanski eksplozivi. Eksploziv kome je prešao rok upotrebljivosti, stvrđnuti ili ovlaženi eksploziv može pri inicijaciji ispravnim električnim upaljačem da ne detonira, već samo da deflagrira (sagori) odnosno da, kako to rudari obično kažu »iskuva«. Deflagraciju minskog punjenja može da prouzrokuje i defektan električni upaljač u slučaju kada detonatorska kapsla električnog upaljača ne daje dovoljno jak početni impuls, potreban da minsko punjenje prihvati detonaciju. Pri tome plamen sagorevanja eksploziva u minskoj bušotini prođe u atmosferu pod pritiskom uz karakteristično šištanje, kao kod raketnog motora. Ovaj plamen može vrlo lako da upali metan ili opasnu ugljenu prašinu. Pored toga, ga-



Sl. 2 — Metanski milisekundni električni upaljač M. 65 (MMEUM-M.65).

1 — čaurica; 2 — brizantno (sekundarno) punjenje; 3 — inicijalno (primarno) punjenje; 4 — pokrивка; 5 — prenosna mesingana cevčica; 6 — prsten osigurač; 7 — osiguravajuća kuglica; 8 — prenosna zapaljiva smeša; 9 — usporac; 10 — navlaka od gume; 11 — zapaljiva glavica; 12 — čep od plastične mase ili gume; 13 — električni provodnik; 14 — oznaka — markica.

Abb. 2 — Elektrischer Millisekundenzünder M. 65 (MMEUM-65) für schlagwettergefährdet Betriebspunkte.

1 — Zünderkapsel; 2 — brisante (Sekundär-) Ladung; Inital-(primär.) Ladung; 4 — Innenhütchen; 5 — Messingröhren; 6 — Ringsicherung; 7 — Kugelsicherung; 8 — Übertragungszündsatz; 9 — Verzögerungsrohrchen; 10 — Gummüberzug; 11 — Zündpille; 12 — Kunststoff- oder Gummistopfen; 13 — elektrischer Öleiter; 14 — Benennungs-Marke

sovi koji se oslobađaju pri deflagraciji minskog punjenja jako su otrovni, znatno otrovniji od ugljen monoksida.

Upotreba metanskih trenutnih i milisekundnih električnih upaljača (MMEU)

U 1962. preduzeće »Pobeda« iz Goražda usvojilo je proizvodnju metanskih milisekundnih električnih upaljača (MMEU) oznake broja 1—10. Ovi upaljači su imali ugrađenu zapaljivu glavicu firme Schaffler iz Austrije. Međutim, već 1964. godine preduzeće »Pobeda« iz Goražda osvojilo je i proizvodnju zapaljivih glavica tako da se MMEU od 1964. g., kao i ostali električni upaljači, proizvode isključivo od domaćih sirovina. Konstrukcija MMEU se pri tome nije izmenila. Kao novina, u promet je pušten i MMEU, oznake broja 0 sa trenutnim dejstvom, radi zamene sa TEU-FD koji se do tada upotrebljavao, o čemu je već bilo reči. Time je prestala potreba da se na radilištima sa pojmom metana i eksplozivno opasne ugljene prašine dalje upotrebljava TEU-FD.

Ovi MMEU su pri ispitivanju na sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine dali zadovoljavajuće rezultate, izuzev upaljača oznake broja 9 i 10 koji nisu ispunili uslove ispitivanja, pa je zbog toga izdato rešenje za puštanje u promet samo MMEU od broja 0—8. Među-

tim, na tome se nije stalo. I dalje su činjeni napor, da se poboljšanjem konstrukcije MMEU, poveća sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. Tako je već naredne godine, 1965. usvojen novi tip MMEU oznake broja 0—10, od kojih br. 0 dejstvuje kao trenutni, a vremenska zadrška između narednih brojeva iznosi 34 m/sek sa tolerancijom ± 15 m/sek. Da bi se isti razlikovali od MMEU koji su stavljeni u promet 1962. i 1964. godine, novi MMEU nazvani su: Metanski milisekundni električni upaljači M.65 (MMEU M.65).

Zahvaljujući izmenjenoj konstrukciji MMEU M.65, u odnosu na MMEU koji su bili u prometu do 1965. godine, pri ispitivanju istih u probnom hodniku za ispitivanje metanskih eksplozivnih materija u Goraždu i Kamniku jula i oktobra 1965, konstatovano je, da su MMEU znatno sigurniji protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. Od ukupno 675 ispitanih MMEU M.65 na sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine samo u jednom slučaju je došlo do zapaljenja metana (kod broja 7) i jednom do zapaljenja ugljene prašine (kod broja 2). Do zapaljenja metana, odnosno ugljene prašine, došlo je zbog tehničkog nedostatka upaljača kod oba slučaja, tj. došlo je do izbijanja čepa od plastične mase unazad, tako da je plamen od

Pregled rezultata ispitivanja MMEU na sigurnost protiv paljenja metana

Tablica 1

Oznaka broja MMEU	MMEU pušteni u promet 1962. god.			MMEU pušteni u promet 1964. god.			MMEU M.65 pušteni u promet 1965. god.		
	Količina ispitanih MMEU	Upalilo CH ₄		Količina ispitanih MMEU	Upalilo CH ₄		Količina ispitanih MMEU	Upalilo CH ₄	
		jeste	nije		jeste	nije		jeste	nije
0	—	—	—	50	—	50	50	—	50
1	50	—	50	50	—	50	50	—	50
2	50	—	50	50	—	50	50	—	50
3	50	—	50	150	1	149	50	—	50
4	50	—	50	50	—	50	50	—	50
5	95	1	94	50	—	50	50	—	50
6	95	1	94	50	1	49	50	—	50
7	50	—	50	50	—	50	100	1	99
8	95	1	94	50	1	49	50	—	50
9	31	2	29	—	—	—	50	—	50
10	11	2	9	—	—	—	50	—	50

zapaljive glavice i usporačke smeše izbio direktno u eksplozivnu komoru. Do izbijanja čepa je došlo zato što isti nije bio dovoljno pritegnut (pertlovan), što se kod ispravnih upaljača ne sme dogoditi. Zbog toga je proizvođač ovih upaljača upozoren na taj nedostatak, kako bi se pri daljoj proizvodnji isti otklonio.

Rezultati zvaničnog ispitivanja MMEU na sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine izvršenih 1962., 1964. i 1965. godine prikazani su u tabl. 1 i 2.

Slični rezultati postignuti su pri ispitivanju MMEU na sigurnost protiv paljenja eksplozivno opasne ugljene prašine.

Iz tablice 1 i 2 jasno se vidi da je prilikom ispitivanja dolazilo do zapaljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. To znači da ni metanski električni upaljači nisu apsolutno sigurni protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. Apsolutno sigurne metanske električne upaljače do sada još niko u svetu nije proizveo, pa normalno ne možemo ih proizvesti ni mi. Zbog toga se pri miniranju na radilištima sa pojavom metana i eksplozivno opasne ugljene prašine preuzimaju i druge mere zaštite, koje su određene Propisima o zaštitnim merama pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu (»Služ-

beni list FNRJ«, br. 9/67). Međutim, treba napomenuti da je pri ispitivanju procenat paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine bio u dozvoljenim granicama određenim Tehničkim uslovima za prijem metanskih milisekundnih električnih upaljača koje proizvodi preduzeće »Pobeda« iz Goražda. Pomenute Tehničke uslove za prijem MMEU izradila je zajedno sa predstvincima preduzeća »Pobeda« iz Goražda posebna stručna komisija koju je obrazovao Savezni sekretarijat za unutrašnje poslove. Pri tome je posvećena posebna pažnja merama zaštite od eksplozije metana i eksplozivno opasne ugljene prašine. Tako je, na primer, članom 19. stav 2. i 3. pomenutih Tehničkih uslova određeno:

»... Za ispitivanje ovih upaljača iz svake prijavljene serije uzima se po 50 komada. Opaljenje ovih upaljača se vrši pojedinačno u eksplozivnoj komori pri temperaturi od $+20^{\circ}\text{C}$ do $+30^{\circ}\text{C}$, a sadržina metana u smeši sa vazduhom mora iznositi od 8,5—9,5%.

Procenat paljenja eksplozivne smeše vazduh i metan ne sme biti veći od 4%. Ukoliko se dobije veći procenat od 4% opaljenja, opit se ponavlja sa 100 komada upaljača, a da pri tome ne sme biti veći procenat paljenja od 4%. Ukoliko se dobija veći proce-

Pregled rezultata ispitivanja MMEU na sigurnost protiv paljenja eksplozivno opasne ugljene prašine

Oznaka broja MMEU	MMEU pušteni u promet 1962. god.			MMEU pušteni u promet 1964. god.			MMEU M 65. pušteni u promet 1965. god.		
	Količina ispitanih MMEU	Upalilo ugljenu prašinu		Količina ispitanih MMEU	Upalilo ugljenu prašinu		Količina ispitanih MMEU	Upalilo ugljenu prašinu	
		jeste	nije		jeste	nije		jeste	nije
0	—	—	—	5	—	5	5	—	5
1	5	—	5	5	—	5	5	—	5
2	5	—	5	5	—	5	25	1	24
3	5	—	5	5	—	5	5	—	5
4	5	—	5	5	—	5	5	—	5
5	5	—	5	5	—	5	5	—	5
6	5	—	5	5	—	5	5	—	5
7	5	—	5	25	1	24	5	—	5
8	5	—	5	5	—	5	5	—	5
9	—	—	—	—	—	—	5	—	5
10	—	—	—	—	—	—	5	—	5

Tablica 2

nat paljenja smeše metan—vazduh (8,8 do 9,5%) upaljači te serije se odbijaju...“

Na sličan način se ispituju metanski električni upaljači na sigurnost prema metanu u nekim drugim zemljama. Na primer, Ministarstvo ekonomskih poslova Kraljevine Belgije u cirkularu broj 127 od 28. oktobra 1960. godine propisalo je uslove za prijem metansko sigurnosnih električnih upaljača. Prema ovim uslovima opit se vrši sa najmanje 50 komada trenutnih električnih upaljača ili sa 50 komada od svakog broja, ukoliko se radi o milisekundnim električnim upaljačima. Električni upaljači koji se ispituju opaljuju se pojedinačno obešeni u središtu eksplozivne komore opitne stanice. Pri tome ne sme nastati više od 4% zapaljenja gasne smeše vazduha sa 9% metana. To znači da su naši Tehnički uslovi za prijem MMEU u pogledu sigurnosti prema metanu gotovo identični sa belgijskim. Razlika je samo u tome što se kod nas opiti vrše u eksplozivnoj smeši vazduha i metana sa 8,5—9,5% metana u vazduhu, a u Belgiji je to tačno definisano na 9%.

Pored navedenih opita, upaljači se ispituju na sigurnost protiv paljenja eksplozivno opasne ugljene prašine, pri čemu se takođe dozvoljava mogućnost da za vreme opita dođe do zapaljenja ugljene prašine. Tako je, na primer, članom 20. pomenutih Tehničkih uslova za prijem MMEU određeno: »Za ovaj opit uzima se 5 komada ovih upaljača od svakog broja međusobno povezanih u lanac i obešenih da slobodno vise u probnoj komori. Opaljenje se vrši u smeši ugljene prašine sa vazduhom pri čemu sadržina ugljene prašine "mora biti u granicama od 400—600 g/m³ vazduha. Pri tom ne sme doći do paljenja ove smeše. Ukoliko dođe do jednog paljenja ove smeše opit se mora ponoviti 4 puta sa po 5 upaljača u lancu od tog broja. Ukoliko dođe do ponovnog paljenja taj broj se odbija.“

Pošto u navedenom načinu ispitivanja Tehnički uslovi za prijem MMEU dozvoljavaju da dođe do paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, MMEU se podvrgavaju još jednom opitu, pri čemu ne sme niukom slučaju doći do paljenja metana ni eksplozivno opasne ugljene prašine. Ispitivanje se sastoji u tome što se ovim upaljačima vrši opaljenje 300 g metanskog eksploziva u merzeru probnog hodnika za ispitivanje metanskih eksplozivnih materija. Ispitivanje se

vrši na isti način kao i kod prijema ili redovne kontrole proizvodnje metanskih eksploziva. Od pet opita od svakog broja MMEU ni u jednom slučaju ne sme doći do zapaljenja smeše vazduha sa 8,5—9,5% metana, niti ugljene prašine od 400—600 g/m³ vazduha u komori. Pošto je probni hodnik zapremine 11,5 m³ to se na jedno ispitivanje sa ugljenom prašinom u probnom hodniku uskovitla od 5 do 6 kg odgovarajuće ugljene prašine.

Vredno je napomenuti da su uslovi ispitivanja MMEU u probnom hodniku za ispitivanje metanskih eksplozivnih materija mnogostruko strožiji od uslova koji vladaju na radilištima gde se isti upotrebljavaju. U prvom redu ispitivanje se vrši direktno u eksplozivnoj smeši metana i vazduha, odnosno eksplozivno opasne ugljene prašine i vazduha, što na radnom mestu nije slučaj, jer je svaki MMEU smešten u udarnu patronu koja se nalazi duboko u minskoj rupi koja se minira i nema metana. Pored toga, ispitivanje u probnom hodniku vrši se u najeksplozivnijoj smeši vazduha i metana (8,5 do 9,5% metana u vazduhu), odnosno ugljene prašine (od 400—600 g/m³ vazduha) koja se na radilištu praktično ne može pojaviti, jer je miniranje zabranjeno već pri sadržaju metana u vazduhu preko 1,5%, dok se za ispitivanje koristi najfinija i najeksplozivnija ugljena prašina.

Kod MMEU M.65 povećana je sigurnost protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine time što je izmenjena njihova konstrukcija. Naimē, kod ovih upaljača je u prenosnu cevčicu smeštena čelična kuglica $\phi 18$ ". Sama kuglica je sa svim strana obavijena prenosnom zapaljivom smešom, tako da ista omogućava nesmetan prenos plamena sa zapaljive glavice i usporačke cevčice na inicijalno punjenje detonatorske kapsle. Posle završene detonacije detonatorske kapsle, pod pritiskom detonacije kuglica biva potisнутa unazad, pri čemu se sprečava da produkti sagorevanja zapaljive glavice i usporačke smeše prodrnu u atmosferu u vidu plamena, užarene šljake i sl., što kod stare konstrukcije MMEU nije bio slučaj. Prema tome, osiguravajuća kuglica služi kao ventil koji zatvara prolaz produktima sagorevanja zapaljive glavice i usporačke cevčice, posle završene detonacije detonatorske kapsle. Time je postignuta maksimalna moguća zaštita protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, mada, kao što

je već napred rečeno, 100% sigurnih MMEU protiv zapaljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine nema.

Kod MMEU M.65 br. 0 prenosna cevčica sa osiguravajućom kuglicom nalazi se ispod zapaljive glavice, tj. između zapaljive glavice i primarnog (inicijalnog) eksplozivnog punjenja detonatorske kapsle. Time je omogućeno da isti dejstvuje kao trenutni električni upaljač jer nije snabdeven usporačkom cevčicom. Zbog toga se njime mogu izvoditi sva miniranja na isti način kao i sa TEU. Kod nabavke od proizvođača ili trgovачke mreže može se poručiti neograničena količina samo MMEU br. 0, bez obaveze da se

istovremeno nabavljuju MMEU ostalih brojeva. Zbog toga nema potrebe da se u metanskim jarmama i jamama sa eksplozivno opasnom ugljenom prašinom i dalje izvodi miniranje sa TEU-FD. Mada su MMEU M.65 br. 0 nešto skuplji od TEU-FD njihova upotreba je rentabilna jer pružaju maksimalnu moguću zaštitu pri miniranju.

Zbog veće sigurnosti MMEU M.65 protiv paljenja metana i eksplozivno opasne ugljene prašine, u odnosu na MMEU koji su pušteni u promet 1962. i 1964. godine, u našoj zemlji je zabranjena dalja proizvodnja i promet starih modela MMEU, tj. proizvode se samo MMEU M.65 od broja 0 do broja 10.

ZUSAMMENFASSUNG

Anwendung von schlagwettersicheren Millisekundenzündern in Gruben mit Methan und gefährlichen Kohlenstaub

J. Colarič*)

In unserem Lande wurden bis zum Jahre 1964 keine schlagwettersicheren elektrischen Momentzünder erzeugt. In diesem Jahre wurden die ersten schlagwettersicheren elektrischen Millisekundenzünder No. 0 d.h. die ohne Zeitverschleppung wirken, für das Schiessen im Grubenbetrieb freigegeben. Im Jahre 1965 wurden neue Typen der schlagwettersicheren elektrischen Millisekundenzünder von Nr. 0 bis Nr. 10 entwickelt. Diese Zünder unterscheiden sich ihrem Aufbau nach von MMEU, die in den Jahren 1962—1965 verwendet wurden, weil in das Übertragungsrohrchen, welches sich zwischen der Zündpille und Detonatorkapsel bei Moment-, bzw. zwischen Verzögerungsrohrchen und Detonatorkapsel befindet, bei elektrischen Millisekundenzündern eine Stahlkugel von 18" Ø eingebaut wurde. Diese Kugel dient als Sicherheitsventil. Diese Kugel soll nämlich verhindern, dass nach der abgelaufenen Detonation in die umgebende Atmosphäre glühende Verbrennungsreste des Zündsatzes und des Verzögerungsgemisches herausschleudert werden. Diese Kugel verhindert aber nicht, dass die Flamme von dem Zündsatz und Verzögerungsgemisch auf die Detonatorkapsel übertragen wird, weil die Kugel selbst von diesem Zündgemisch umgeben ist. Dadurch ist eine viel grössere Sicherheit gegen Schlagwetter- und Kohlenstaubzündung erreicht worden, was auch offiziell bestätigt wurde.

In unserem Lande werden jetzt, neben anderen nichtschlagwettersicheren elektrischen Zündern nur elektrische schlagwettersichere Millisekundenzünder M.65 verwendet, da sie bedeutend sicherer als jene sind, die bis 1965 hergestellt wurden.

Literatura

Tehnički uslovi za prijem metanskih milisekundnih električnih upaljača proizvod preduzeće »Pobeda« iz Goražda.

Zapisnici o komisijskom ispitivanju metanskih milisekundnih električnih upaljača proizvod preduzeća »Pobeda« iz Goražda izvrsenih 1963., 1964. i 1965. godine.

Tehnički uslovi za prijem trenutnih električnih upaljača za opšte potrebe proizvod preduzeće »Pobeda« iz Goražda.

*) Jože Colarič, Savezna uprava za civilnu zaštitu, Beograd.

Iz istorije rudarstva Srbije

Dr Vasa Simić

Rudarska nesreća na planini Jagodnji u Podrinju 1836. godine

U novijoj istoriji rudarstva Srbije ima veoma malo podataka o rudarskim nezgodama ili nesrećama. Teško je danas utvrditi da li ih nije bilo, ili o njima nije pisano. U dosta dobro dokumentovanom rudarstvu olova u Podrinju, iz prve polovine 19. veka, našao sam samo jedan slučaj, da je kopač rude nastradao u jami.

Olovne rude na planini Jagodnji otkopavane su od pamtiveka oknima. Ovakav način rudarskoga rada bio je uslovjen konfiguracijom terena, jer su se rudišta nalazila na visoravni, a ležala su plitko. U toku vekovnog načina rudarskoga rada na Jagodnji, okna kojima se "silazilo do rude bila su toliko tipizirana, da su čak i među obrazovanim rudarima smatrana kao osobiti način podzemnog rudarskog rada u Srbiji. Govorilo se o »jagodnjanskem sposobu« istraživanja rude, što znači istraživanju pomoću okana, kakva se kopaju na Jagodnji. Kako su izgledala ova okna saznajemo iz jednog pisma iz 1864. godine.

»Ova vrsta okana je okrugla, imaju četiri stope u prečniku, pa iako nisu povoljna za otkopavanje, veoma su pogodna za brzo istraživanje korisnih ležišta«. (Iz izveštaja Roberta Viksmana o istražnim radovima u selu Tolisavcu. Državni arhiv Srbije, P. O. k. 125, br. 150.)

Ne zna se pouzdano koliko su prosečno bila duboka jagodnjanska okna. Po Herderu

ona su bila veoma plitka, do 20 lakata, što je nemoguće. Herder je ovo zabeležio po kazivanju, jer kad je on bio na Jagodnji, u jesen 1835. godine, na njoj se još nije radilo. Na drugom mestu opet čitamo, da neka okna mogu biti duboka i do 100 pedi. U selu Postenju, nedaleko od Jagodnje, neka rudarska okna dostizala su dubinu i od 50 metara. Jedno okno u Postenju, zvano Tadijina jama, bilo je duboko 19,5 m. Herder je zabeležio, da su jagodnjanski rudari pratili rudu iz okna vrlo malo, pa je rad napušten i kopano je novo okno.

U uskim jagodnjanskim okнима rudari su bili dobro obezbeđeni. Galerije iz okana bile su kratke, pa je i to išlo u prilog sigurnijem otkopavanju ruda. No i pored svega toga u zimu 1836. godine došlo je do zarušavanja na radilištu, pri čemu je nastradao jedan rudar. O tome je izvešten i knez Miloš.

Njegovoj Svetlosti

milostivejšemu Gospodaru Knjazu Srbskomu
Milošu Teodoroviću Obrenoviću

Vojene Komande Podrinsko Savske
vsepodanejši Raport

Azbukovački kapetan Božko Tadić Rapor tom svojim od 31 Dekembrija pr. g. No 660 primljenim tek. 10 o. m. da je mi izvestije o Vasi Markoviću iz Rujevca voverenog mu sreza, da je isti uči Božića prošlog otišao u Majdan Jagodnjanski olovo kopati, gde se po nesreći njegovoj odvali strana jedna i poklopi ga svega,

*da je jedva ostala družina od onolikog tereta
jele živa izvadila ga, kom je rame jedno od-
bijeno i lice sasvim nagrđeno, da ne može živ-
ostati. Izvestije ovog zločastnog dalo je meni
predmet vsepodanejši Raport ovi Svetlosti Va-
šoj podneti.*

No 32
11 Januarija 1837 Polkovnik
u Šabcu Lazar Teodorović
D. A. K. K. XXXVII br. 1595.

Iako teško povređen i lečen u uslovima siromašne seoske porodice, Vasa Marković je izgleda preboleo povredu, jer ga nalazimo u spisku seljaka rudara, koji su uletio 1837. godine predali državi olovu u Krupnju. Iz spiska se vidi da je on predao 80 oka olova i za njega primio 200 groša čaršijskih. Oovo je prodao po 100 para čaršijskih za oku.

Rđav vazduh u jami ili male zarade?

Početkom prošloga veka rudarstvo olova u Podrinju svelo se na izrazitu domaću radinost. Vađenje i prerada olovne rude bila je sezonska i meštani su se bavili rudarstvom, kad nisu imali šta drugo da rade. Kada je državna vlast, tridesetih godina prošloga veka, pokušala da privoli seljake-rudare na neprekidan rad u proizvodnji olova, ovi su se izgovarali, da se pod zemljom, zbog sigurnosti, može raditi samo zimi:

»... što je vozduh u zemlji studen, i nečist, čoveku dijati i sveći goreti neda u jami, bez koje se biti nemože, jerboje u jami mrak i nebi majdandžija visto, jeli već do gletve došo ili nije? i dosad nisu mogli leti

olovo kopati, a radi bi bili oni, da i u leto u kopanju olova provedu«.

Okružni načelnik u Podrinju, koji je nadgledao rudarstvo, znao je tačno zbog čega Podrinjci kopaju rudu samo zimi, a ne leti i o tome piše Sovetu (1846. godine):

»... jer isti olova kopatelji nezanimaju se neisključitno samo sa kopanjem olova, no takovo zanimanje samo u mesecu Novemvru, Dekemvru, Januaru i Februaru, pa i to ne u svake dane, no samo onda, kad drugo šta raditi nemaju, provode, a kako im se domaći ili zemaljski poslovi ukažu, to od olova kopanja i u sama navedena četiri meseca predstanu, bez da u proći osam meseci budi kakovo sa olovom zanimanje provode«.

Podrinjski rudari nisu se bavili rudarstvom preko cele godine prosto zato, što je ono donosilo malo koristi. Proizvodnja olova je zbog načina istraživanja, otkopavanja, prepiranja i topljenja bila skupa. Osim toga rudišta olova bila su ne samo siromašna, već i krajnje neravnomerno oruđnjena, tako da se uvek radilo sa rizikom. Herder je o tome zabeležio 1835. godine:

»Oni rade obično samo u zimu. Ali imaju tako malo dobiti i zarade, jer njihova istražna okna kopaju često sasvim uzaludno, dobijena olovna ruda je siromašna i jedva ima 20% olova, a cena olova je tako niska, da ovo rudarstvo olova sve više propada. Njegova je vrednost više istorijska, jer je ono u kritičnim danima srpskih oslobođilačkih ratova proizvodilo potreban ratni materijal, iako po skupe novce«.

Kongresi i savetovanja

Uz godišnjicu rada stalne konferencije o zaštiti na radu u rudnicima SR BiH

Početak rada konferencije pada u 1965. godinu prilikom održavanja sastanka predstavnika rudnika SR BiH (»probne konferencije«) u Brezi. Konferencija o zaštiti na radu u rudnicima SR BiH je zvanično osnovana usvajanjem Poslovnika i izborom Predsedništva na prvoj konferenciji koja je održana 25. II 1966. godine.

Aktivnost Konferencije i njenih organa odvijala se u 1966. godini u skladu sa Poslovnikom koji određuje ciljeve Konferencije, reguliše učlanjenje, prava i dužnosti članova, te nadležnost pojedinih organa. Poslovnik je istovremeno i jedini najviši normativni akt Konferencije, što približno odgovara Statutu radne organizacije.

Zadaci Konferencije određeni Poslovnikom, su organizovanje i stalno podsticanje razmijene iskustava i drugih oblika međusobne saradnje rudnika i saradnja sa drugim stručnim i društveno-političkim organima i organizacijama na polju zaštite na radu.

Konferencija prati i predlaže mјere za obuku kadrova zaposlenih u odgovarajućim službama, proučava i organizuje diskusije o aktuelnim problemima u cilju iznalaženja što savremenijih i što efikasnijih rješenja koja odgovaraju potrebama rudnika i unapređenju službe zaštite na radu, a u skladu sa dostignućima rudarske tehnike i tehnologije. Prikuplja i objedinjuje predloge rudnika za izmjenu ili donošenje propisa. Osim toga, ona učestvuje u razmatranju kako se sprovode propisi i mјere koje proizilaze iz Zakona o rудarstvu, Zakona o zaštiti na radu i propisa donesenih na osnovu ovih zakona, u cilju njihovog što efikasnijeg sprovođenja u život. Vrši razmjenu iskustava u normativnoj djelatnosti u odnosu na oblast unapređenja zaštite, izdaje informacije i druge publikacije radi obaveštavanja rudnika, državnih organa i društveno-političkih i drugih organizacija o važnijim pitanjima iz oblasti zaštite na radu.

Konferencija zasniva svoju aktivnost na dobrovoljnosti članstva, ravnopravnosti i samostalnom odlučivanju o primjenjivanju njenih zaključaka i stavova. Član Konferencije može biti svako rudarsko preduzeće a o članstvu u Konferenciji odlučuje radnički savjet rudnika.

Premda se u toku godine nije insistiralo na rješavanju organizacionih pitanja vezanih za funkcionalisanje Konferencije tj., na pristupanju većeg broja rudarskih preduzeća u članstvo Konferencije, ipak treba konstatovati da je 25 radničkih savjeta iz rudarskih preduzeća BiH u periodu april — decembar 1966. godine donijelo odluku o stupanju u članstvo Konferencije u skladu sa čl. 8 Poslovnika Stalne konferencije o zaštiti na radu u rudnicima SR BiH. To je nesumnjivo najbolji dokaz nužnosti ovak-

vog oblika međusobne saradnje u rудarstvu SR BiH.

U toku 1966. godine održane su tri sjednice Predsjedništva na kojima je uglavnom raspravljanje o izvršenju zaključaka Konferencije i izvršene pripreme za sastanak Konferencije. Posebna aktivnost Konferencije vršena je kroz povremene komisije koje su u periodu avgust — novembar 1966. godine na nekoliko svojih sastanaka (u užem ili širem sastavu) dale u ime Konferencije primjedbe na nacrte četiri pravilnika. Napominje se, da je u rudnicima (a posebno u službama zaštite) vladao veliki interes za davanje mišljenja, primjedbi i prijedloga i da je ovaj obimni posao uspješno okončan. Na skupove na kojima su date primjedbe na nacrte pravilnika kao i na rasprave o pojedinim problemima upućivani su, od strane velikih i srednjih rudnika, po dva pa čak tri i četiri stručnjaka, koji su učestvovali u radu do konačnog formušivanja primjedbi na nacrte pojedinih pravilnika.

Prema dobivenim informacijama, najveći broj prijedloga i primjedbi je usvojen od strane komisija Saveznog organa uprave koje su radile na pravilnicima. Osim toga usvojen je i niz zahtjeva koji su dolazili iz rudnika SR BiH, jer se zapisnici (stenogrami) sa sastanaka Konferencije dostavljaju nadležnim organima. Uvedena je praksa da se zaključci sa Konferencije dostavljaju rudnicima i to službi zaštite na radu, sindikalnoj organizaciji, direktoru i pogonima u većim i srednjim rudnicima, što je doprinijelo efikasnijem djelovanju i radu većeg broja kadrova na rešavanju pitanja zaštite na radu.

Svakog kvartala redovno je svim rudnicima i nadležnim organima dostavljana informacija koja sadrži smrtnе i teže povrede na radu. Ova informacija samo registrira događaje (ne ulazi dublje u uzroke povređivanja), ali joj je osnovna namjera da skreće pažnju na intenzitet povređivanja. Istimо da je vrlo dobro ostvarena saradnja sa Sekretarijatom za industriju i trgovinu SR BiH, a naročito sa Republičkim rudarskim inspektoratom i sa grupom za rудarstvo u okviru pomenutog Sekretarijata. S obzirom na to, da su Republički rudarski inspektorat i grupa za rудarstvo popunjeni rudarskim stručnjacima, stvoreni su uslovi da se mnogobrojna pitanja, iz oblasti za koje je zainteresovana Konferencija, blagovremeno i stručno rešavaju u zajednici sa ovim organima.

U januaru mjesecu ove godine Predsjedništvo je donijelo plan rada za I kvartal, s tim, da se u martu održi konferencija na kojoj će se pretresati:

- zaštita na radu u uslovima privređivanja u 1967. g,
- primjena Zakona o invalidskom osiguranju, i
- izmjene propisa u rудarstvu.

Alija Šehović
direktor poslovnog udruženja
»Rudarstvo« — Sarajevo

Prikazi iz literature

Hodges, D.J., Acheree, B: Mikrokalorimetrička studija uticaja vlage na samozagrevanje uglja (A microcalorimetric study of the influence of moisture on the spontaneous heating of coal). — The Mining Engineer, 126(1966) 11, str. 121—131, 8 dijag., 3 tabl., 48 bibl. pod.

U svom članku autori opisuju niz laboratorijskih opita koje su izvodili s ciljem, da se utvrdi uticaj uglja na samozagrevanje i to na kvantitativnoj osnovi. Kod temperature od 30°C merili su, pomoću specijalnog kalorimetra koji su konstruisali baš za ova merenja, topлоту koja se stvara oksidacijom u suvom i vlažnom uglju.

Uticaj vlage na samozagrevanje podeljen je, prema svom dejstvu, na mehaničko, fizičko i hemijsko stvaranje toplotne. Svako dejstvo je posebno analizirano, ali se pokazao daleko najvećim uticaj hemijskog dejstva. Pri tome su uzete u obzir četiri vrste uglja iz različitih rudnika i svaka je vrsta ispitivana u sledećim uslovima:

- suv ugalj u suvom vazduhu,
- suv ugalj u zasićenom vazduhu,
- vlažan ugalj u suvom vazduhu
- vlažan ugalj u zasićenom vazduhu.

Svi rezultati su pažljivo uneti u dijagramu, u zavisnosti od vremena. Pored toga su proučavane pojave samozagrevanja i količine stvorene toplotne u primeru kada se postepeno menja vlažnost vazduha. Na osnovu ovih opsežnih ispitivanja stvoren su sledeći zaključci:

- vlažnost uglja ubrzava stvaranje toplotne kod samozagrevanja uglja. Međutim, pošto ugalj u jami uvek sadrži manje ili veće količine vlage, to se na ovaj način ne može uticati na sprečavanje samozapaljenja;
- ako je pritisak pare u vazduhu veći nego u uglju, onda se para zgušnjava na uglju i oslobođa se toplota. U obrnutom primeru voda se isparava i hladni ugalj. Zbog toga je potrebno voditi računa da se u jami ne isparava više vode nego što je neophodno;
- takođe se u nagomilanom uglju, na spoljnjim deponijama, pokazuju uticaj relativne vlažnosti vazduha. Ako je vlažnost visoka, onda se ugalj ne hlađi i to su momenti kada može doći do samozapaljenja. Kada je vlažnost vazduha visoka, treba češće nego obično kontrolisati temperaturu u unutrašnjosti nagomilanog uglja.

Autori smatraju za potrebno da se ova studija nastavi. Naročito bi bilo interesantno da se na isti način obrade i srede rezultati kod povišenih temperatura, npr. kod 80°C. Kod ove temperature su približno jednake toplota koja

se stvara oksidacijom i toplota odvedena zbog isparavanja. Time se i može objasniti zašto nagomilani ugalj koji se počeo zagrevati, često ostaje dugo baš na ovoj temperaturi.

Dipl. ing. A. K.

Svetlakov, S. Ju: Ispitivanje isticanja gasova iz ugljenog masiva u uticajnoj zoni jamskih radova (Issledovanie gazopronicaemososti uglejnogo massiva v zone vlijanija gornyh vyrobok). — Ugol' (1966) 4.

Celishodnost i efikasnost degazacije gasosnog ugljenog sloja nenarušenog jamskim pritiskom, buštinama ili jamskim prostorijama zavisna je od gasopropustljivosti ugljenog sloja. U zoni čela radilišta gde je sloj delimično poremećen od jamskog pritiska, ugalj poseduje povisenu gasopropustljivost.

Da bi se ustanovile promene tih svojstava ugljenog sloja u zoni uticaja jamskih prostorija, izvršena su laboratorijska i jamska ispitivanja.

Ta ispitivanja su pokazala da se u zoni maksimalnog pritiska, 4 m od čela radilišta, gasopropustljivost smanjuje, dok se u neposrednoj zoni radilišta naglo povećava.

Da bi se odredio uticaj prostorija po padu na gasopropustljivost ugljenog masiva, izvršena su ispitivanja buštinama dužine 30 m i ϕ 40 mm. Ispitivanja su pokazala da u buštinama koje su bliže otkopu pritisak opada, a gasopropustljivost raste. Takođe se sa povećanjem vremena opterećenja sloja i degazacije, gasopropustljivost povećava.

Na osnovu analiza jamskih i laboratorijskih ispitivanja zaključci su sledeći:

- gasopropustljivost ugljenog masiva oko prostorije menja se u zavisnosti od rastojanja. U samoj blizini prostorije gasopropustljivost je mala, a sa povećanjem u dubinu masiva, ona se smanjuje 15 do 20 puta, a zatim povećava do prirodne veličine;
- gasopropustljivost ugljenog masiva vremenom se povećava i do 200 puta za 100 dana, što svakako utiče na povećanje zone dreniranja, kao i povećanje efekta degazacije sloja pripremnim prostorijama.

Dipl. ing. V. E.

Freytag, H. H: Priručnik o eksplozijama u prostorijama (Handbuch der Raumexplosionen). — I izdanje. Chernie GmbH — Wienheim, 1965, XXXI, str. 664, 97 tabl., 194 sl.

Pojedina poglavija ovog priručnika, koji su obradili istaknuti poznavaci materije, daju odličan pregled najnovijih saznanja na polju zaštite od eksplozije.

U knjizi su obrađeni pojmovi sagorevanja, eksplozije i detonacije, mogućnosti samozapaljivosti, paljenje vatrom, paljenje toplotom, kao i pojam temperature paljenja i njenog utvrđi-

vanja. Obradene su osobine sagorivih gasova, para, prašina i magli. Pri tome je naročito posvećena pažnja sigurnosno-tehničkim pokazateljima, kao što su: koeficijent isparavanja, granica upale, tačka rasplamsavanja, topota sagorevanja i pritisak kod eksplozije. Posebna pažnja je obraćena pogonima, koji rade sa čistim kiseonikom, gde je naročito važan uticaj kiseonika na eksplozije u prostorijama i na pomeranje granica zapaljivosti.

U jednom delu ove knjige se obrađuju izvori upale i navode mogućnosti zaštite protiv upale eksplozivnih smeša gasova, para i smeše prašina-vazduha. Pri tome je naročita pažnja posvećena opisu sigurnosne zaštite. Kao mogući izvori upale prikazana su i obradena razvodna postrojenja, motori, transformatori, uređaji za grejanje pa čak i telefonska postrojenja, kao i sijalice i lampe sa svetlećom materijom. Isto tako je naglašena opasnost od izravnavajućih struja, koje nastaju usled razlika u potencijalu ili kod elektrohemijских elemenata. Š tim u vezi su iznete zaštitne mere kao: multa linija, zaštitni rastavljači, zaštitna izolacija, mini-napon, sistemi zaštitnih vodova, itd. Jedno vrlo interesantno poglavlje govori o elektrostatičkim pungenjima kao izvoru upale, ukazuje na mogućnost nastajanja elektrostatičkog elektriciteta kod čvrstih, tečnih i praškastih materija, i na kraju, navode se zaštitne mere kako bi se izbeglo nastajanje statičkog elektriciteta i njegovo bezopasno odvođenje. Jedno poglavlje je posvećeno izvorima upale varnicama usled trenja i udara, čemu se u praksi često posvećuje mala pažnja.

U knjizi se pored mnogih tablica, grafičkih predstava i fotografija u svim poglavljima, opisuju još i slučajevi eksplozija. Posle utvrđivanja uzroka i grešaka data su uputstva za zaštitu.

Dipl. ing. G. N.

Jackson, D. J.: Savladavanje prašine i srušivanje buke (Dust control and sound abatement). — Coal Age, (1966)11, str. 66—79.

Autor opisuje mere koje je preduzelo rukovodstvo separacijskog postrojenja br. 3 Bird kompanije za ugalj i koks, u cilju smanjivanja zaprašenosti okolnog vazduha. Paralelno s ovim merama hteli su srušiti boku koju su širila separacijska postrojenja. Ove mere su bile potrebne pošto se nisu uklapali u opšte propise o čistoći vazduha i zbog žalbi okolnog stanovništva na preteranu boku mašina. U pomoć su pozvali posebni stručno-savetodavni biro, da utvrdi izvore zaprašivanja i buke, te da predloži mere za njihovo otklanjanje.

Uzrok zaprašenosti vazduha nisu bile čvrste čestice koje su iznosili dimni gasovi, kao što se prvobitno mislilo, jer se u njima nalazio samo 0,03% prašine, dok zakon dozvoljava 0,05%. Veći deo prašine su uskovitlavala ostala postrojenja separacije. U cilju sprečavanja zaprašenosti i smanjenja buke preduzete su sledeće mere:

- pokrivanje trakastih transporterata,
- uvođenje mokrog sortiranja i prosejavanja rovnog uglja,

- flotiranje najsitnijih frakcija uglja,
- uvođenje posebnih uređaja kojima se ugalj suši tek u bunkeru, i
- instalisanje uređaja za hvatanje prašine.

Nakon sprovođenja navedenih mera, analize vazduha su pokazale, da se postrojenje u celini uklapa u propisane standarde, a takođe su prestale žalbe stanovništva na boku. Ukupne instalacije su koštale oko 300.000 US dolara.

Dipl. ing. A. K.

Fahlgren, J. E. J: Može li kontrola troškova ugrožavati bezbednost rada — činjenica ili pretpostavka? (Can cost controls sabotage safety — fact or fancy?). — Canadian Mining Journal, Quebec 87(1966)9, str. 67—68.

Kako bi se otklonili svi nepotrebni troškovi, potrebna je njihova stalna kontrola. Međutim, sama kontrola nije dovoljna, već je potrebno iz kontrole izvući dosledne zaključke, nakon pažljive interpretacije. Naročito dobre rezultate obično daje analiza razlika između planiranih i stvarnih troškova. Stalni cilj svih kontrola i analiza jeste smanjivanje troškova proizvodnje.

Postepeno je industrija proučavala »stvarne troškove povreda i nesrećnih slučajeva i utvrdila da oni obuhvataju:

- rastuće premije za osiguranje,
- premije za profesionalne bolesti,
- izgubljene nadnice koje se plaćaju povredenim,
- troškove za lakši posao za prezdravele,
- troškove oštećene opreme,
- troškove za prekovremen rad prouzrokovani otklanjanjem nesreće,
- smanjenje učinka kao psihološka posledica nesreće;
- smanjeni učinak povređenog radnika, nakon povratka,
- troškove priučavanja novoprimaljenog radnika,
- teško ocenjive troškove zbog gubitka reputacije preduzeća u kome se desilo više nesreća, i
- loše javne odnose.

Prema iskustvima rudnika zlata Cochenour Willausa, gubitak 3 prsta na desnoj ruci prouzrokuje direktnie troškove u iznosu od 35.000 \$, a povreda na nozi, sa posledicom da koleno ostaje ukočeno, košta 27.000 \$. Godišnji plan za bezbednost predviđao je utrošak od 7.480 \$ ili 7,5 centa po toni koncentrata. Osiguravajuće društvo je priznalo popust u osiguranju, zbog niskog dugogodišnjeg proseka povreda, u iznosu od 4350 \$, tako da su stvarni troškovi za bezbednost iznosili 3.130 \$ ili 3,1 centa po toni koncentrata.

Prema navedenom, kontrola i smanjivanje troškova proizvodnje ne može ugrožavati sredstva potrebna za bezbednost rada.

Dipl. ing. A. K.

»ZAŠTITA RADA«

list za pitanja organizacije zaštite na radu

Redakcija »ZASTITE RADA« iz Beograda izdaje, pored ostalih publikacija, i dva specijalizovana stručna lista i to »ZAŠTITU RADA«, koji se isključivo bavi problemima zaštite na radu i »PREPOROD«, koji tretira problematiku rehabilitacije invalida rada. List »ZAŠTITA RADA« na stručan ali pristupačan način obrađuje celokupnu i složenu problematiku organizacije i sprovođenja zaštite na radu. U prilogima svojih saradnika, eminentnih stručnjaka za ovu problematiku, kao i kroz iskustva stručnjača raznih profila (inženjera sigurnosti, tehničara, tehnologa, psihologa, lekara medicine rada i opšte prakse, socijalnih radnika, pravnika, ekonomista, poslovođa i inspektora rada), tretira aktuelna teoretska i praktična pitanja iz oblasti zaštite na radu i omogućava poslenicima zaštite i svim organizatorima proizvodnje upoznavanje s najnovijim naučnim otkrićima i korisnim iskustvima svetske i naše prakse u ovoj oblasti. List je, zbog popularnog načina pisanja, oblik stalnog seminara preko koga ne posredni proizvođači stiču osnovna i viša znanja iz oblasti zaštite na radu.

»ZAŠTITU RADA« uređuje redakcijski kolegijum na čelu s direktorom i odgovornim urednikom Katarinom Todorović, a u redakcionom odboru nalaze se: glavni savezni inspektor rada Živko Simonovski, direktor Saveznog instituta za rehabilitaciju prim. dr Miroslav Zотовић, poznati stručnjak inž. Milutin Vukadinović, urednik Radio-televizije Beograd Boško Komnenović i dr. Redakcija se nalazi u Beogradu, Ulica sv. Save broj 30, tel. br. 49-690. List se prodaje samo u pretplati po godišnjoj ceni od 4.000 st. dinara, žiro račun 604-3-202.

**STRUČNE PUBLIKACIJE SAVEZNOG CENTRA ZA OBRAZOVANJE
KADROVA U RUDARSTVU — TUZLA**

UPUTSTVA MLADOM RUDARU

(priručnik rudaru u jami)

Priručnik ima 80 stranica.

Cena: 5 novih dinara.

PRIRUČNIK RUDARU NA POVRŠINSKOM KOPU

Priručnik ima 83 stranice.

Cena: 10 novih dinara

PRIRUČNIK IZ SIGURNOSTI NA RADU RUDARU KOPAČU

Priručnik ima 160 stranica.

Cena: 5 novih dinara.

PROVJETRAVANJE JAME

Priručnik ima 116 stranica.

Cena: 12 novih dinara.

Ovi priručnici mogu se nabaviti u Saveznom centru za obrazovanje kadrova u rudarstvu — Tuzla, Irčeva 81.

PRETPLATITE SE NA PUBLIKACIJE RUDARSKOG INSTITUTA

Individualna pretplata:

»Rudarski glasnik« — 4 × godišnje 32.— N. din.

»Sigurnost u rudnicima« — 4 × godišnje 24.— N. din.

»Informacija B« — 10 × godišnje 35.— N. din.

»Informacija C« — 10 × godišnje 25.— N. din.

»Informacija D« — 12 × godišnje 42 — N. din.

»Izveštaj o radu Rudarskih
instituta« (Beograd, Tuzla,
Zagreb, Ljubljana) — 4 × godišnje 8.— N. din.

Svaki preplatnik na sve publikacije uživa popust od 20% te prema
tome godišnja pretplata iznosi svega 132,80.— N. idin.

Pošaljite zahtev na Redakciju publikacija: Rudarski institut,
Biro VII, Zemun, Batajnički put br. 2.

Errata

U br. 1/66 časopisa »Sigurnost u rudnicima« treba izvršiti sledeće ispravke:

Na str. 17, prva kolona, sedmi red »16« — treba 61

Na stra. 21 zamenjene su slike 9 i 10

Na str. 23 zamenjeni su dijagrami 14 i 15.

