

NAUČNI, STRUČNI I INFORMATIVNI ČASOPIS

POŽAR

EKSPLOZIJA

PREVENTIVA

YU ISSN 0351-4714
UDK 614.84 + 614.83 (05)

4

POŽAR-EKSPLOZIJA-PREVENTIVA

4

VIDASIL

GI BRDJANI

DUŽEĆE ZA RUDARSTVO, GEOLOGIJU
DUSTRIJU NEMETALA

Telefoni: 738-026 (centrala)
738-014 (direktor)
738-095 (tehnički direktor)
738-038 (komercijala)

Telefax: 738-014
732-506

DASIL VIDASIL
ERMOSIL TERMOСИЛ

IZDAVAČ:



NAUCNOISTRAŽIVAČKA RADNA
ORGANIZACIJA INSTITUT ZAŠTITE
OD POŽARA I EKSPLOZIJE
SARAJEVO

IZDAVAČKI SAVJET:

Eniz AHMİC
Drago BASIĆ
Jasna BEGANOVİĆ
Ismet DAUTOVIĆ
Svetozar GORGIEVSKI
dr Ivan HUSAR
Kasim KABAHLJA
mr Filip KAUCIĆ
Danko LJUBOJEVIĆ
Hakija MEMETI
Fadil NJEMCEVIĆ
dr Mirsad RAŠIĆ
mr Hajrija REDŽEPOVIĆ
dr Đorđe SIMIĆ
Radomir SPAIĆ
Radivoj TASIĆ
dr Milovan VIDAKOVIĆ
mr Ratko VUJOVIĆ
Bećir ZECIĆ

REDAKCIONI ODBOR:

dr Mile BIJEIĆ
dr Esad HADŽISELIMOVIĆ
Mihailo JEREMIC
mr Vladimir KAPOR
mr Ismet LEPIRICA
mr Amira MAGLAJLIĆ
dr Ferdo PAVLOVIĆ
mr Zoran SRZIC
Peter SIMENKO
Dragiša SIMSIC
dr Dinko TUHTAR
dr Svetislav VESELINOVIĆ
mr Ratko VUJOVIĆ

GLAVNI I ODGOVORNI

UREDNIK:

mr Ratko VUJOVIĆ

UREDNIK IZDANJA:

Mihailo JEREMIC

LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK:

Mirsad HAFIZOVIĆ

Časopis izlazi četiri puta godišnje.

Adresa: Institut zaštite od požara
i eksplozije (za redakciju), 71000
Sarajevo, Romanijska 10, Yugoslavia
Telefoni: (071) 533-888, 451-611,
538-480, 538-355, 452-277
Teleks: 41667 YU INZPEX

STAMPA:

IGTRO »Univerzal« — OOUR
»Graficar« — Tuzla. Za štampariju:
Muris Džampo

NAUČNI, STRUČNI I
INFORMATIVNI ČASOPIS

POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

BROJ

4

S A D R Ź A J

Rainhard Lüttenberg	Pregled sadašnjeg stanja standarda EN 54 i njegove praktične primjene — — — — —	477
Mr Mukrem H. Rešidović	Specifični toplotni kapacitet (molarna masa, molar- na zapremina i univerzalna gasna konstanta) pri- rodnog gasa koji se koristi za toplifikaciju u Sarajevu	489
Jasna Beganović	Otpornost prema požaru armiranobetonskih konstruk- cija (II) — — — — —	505
Miro Draksler	Analiza in ocenjevanje rizika protieksplzijske zaštite	515
Mr Zlatko Fel	Uključivanje zrakovlova privredne avijacije u pro- tupožarnu zaštitu šuma i poljoprivrednih površina	535
Mr Đurđa Belobrajčić	Posebni uvjeti za građenje stambenih objekata i blo- kova sa aspekta zaštite od požara — — — — —	551
	Skupovi — — — — —	557
	Ispitivanja — — — — —	559
	Prikazi — — — — —	561
	Apstrakti — — — — —	563
	Informacije — — — — —	565

**PREGLED SADAŠNJEG STANJA STANDARDA EN 54 I
NJEGOVE PRAKTIČNE PRIMJENE**

U uvodu se daje kratak pregled međunarodne i evropske organizacije za standardizaciju i njihove aktivnosti, nakon čega se objašnjava način izradbe evropskog standarda. Pored toga se podrobnije prikazuje aktuelno stanje pojedinih dijelova standarda EN 54, a na osnovama uporednog testa iz različitih evropskih laboratorija — objašnjava i praktična primjena EN 54 standarda i teškoće u vezi sa istim.

**REVIEW OF THE ACTUAL STATE OF STANDARD EN 54
AND ITS PRACTICAL APPLICATION**

The introduction will give a short survey on international and european organization for standardisation and their activities after that it will be explained in general how a european standard is made. Further details are given about the actual state of the different parts of standard EN 54 and on the basis of a comparison-test among different european laboratories the practical application of the EN 54 as well as the difficulties in this connection will be explained.

UDK 614.84:654.9 (083.7)

Primljeno: 1988-04-25

Pregledni rad

HAINHARD LÜTTENBERG, dipl. inž.

**PREGLED SADAŠNJEG STANJA STANDARDA EN 54 I
NJEGOVE PRAKTIČNE PRIMJENE***

Standardizacija u opštem smislu je mogućnost za načelo ustrojstva koje obezbjeđuje osnove za korisnu koegzistenciju i kooperaciju. Standardizacija obezbjeđuje rješenja za povratna pitanja koja uzimaju u obzir posebno stanje nauke i tehnike i ekonomske uslove.

Tehnička standardizacija stvara povoljnije mogućnosti koje se ne odnose samo na tehniku, već i na ekonomiju, društvo, sigurnost, zaštitu ljudi i materijalnih dobara.

Ubrzo nakon drugog svjetskog rata uvećane evropske i svjetske ekonomske međuveze učinile su jasnijim da je, pored nacionalne standardizacije, sve više i više neophodna sveobuhvatna normativna regulativa.

U svjetskoj standardizaciji je egzistirao IEC (Međunarodni elektro-tehnički komitet od 1906. i ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju) od 1936. godine.

IEC je najstarija međunarodna organizacija za standardizaciju u svijetu. Osnovan je 1906. godine zahvaljujući povelji, donesenoj 1904. od stra-

* Ovaj rad, u vidu referata, prikazan je na jugoslovenskom naučnom skupu (sa međunarodnim učesćem) o temi »Požari i njihovo rano otkrivanje« koji je, u organizaciji Instituta zaštite od požara i eksplozije — Sarajevo, održan 25. 26. i 27. aprila 1988. godine u Sarajevu. (Original na engleskom jeziku objavljen je u ovom časopisu, broj 3/88.)

ne »Sent Luis kongresa o elektrici«. Prvi sastanak IEC-Vijeća održan je 1908. u Londonu. Uredbe prihvaćene na ovoj konferenciji ostale su na snazi do 1949.

Godine 1947. IEC je bio ponovo osnovan i pridružen ISO-u kao elektrotehnička sekcija. Sjedište je premješteno iz Londona u Ženevu.

Danas je IEC finansijski i pravno nezavisna organizacija za standardizaciju sa jednakim pravima kao i ISO. Međutim, obje organizacije bi trebalo da srede sva glavna pitanja standardizacije međusobno i rad po istoj proceduri i principima.

ISO, osnovan 1936. godine ima 74 države članice. ISO-standardi odnose se, u jednu ruku, na zahtjeve za proizvode, uključujući odgovarajuće test-metode pomoću kojih se potvrđuje da li su zahtjevi ispunjeni, i u drugu ruku, na takozvano određivanje kvaliteta. One države koje nemaju nacionalnih standarda ovim će biti pomognute na međunarodnom tržištu.

Od 1976. postoji ISO/IEC sporazum sa namjerom da se izbjegne dupli posao:

»IEC i ISO, kao dvije međunarodne organizacije komplementarne jedna drugoj i koje zajedno formiraju jedinstven sistem za međunarodnu standardizaciju, definisale su međusobne odnose i saradnju sljedećim sporazumom, zamjenjujući sporazum iz 1947. među dvama organizacijama, koji više nije odgovarao stečenom iskustvu.

1. IEC i ISO shvataju značaj bliže kooperacije između dviju organizacija, koje zadržavaju status konstitucionalno nezavisnih tijela i koje dobrovoljno saraduju.

2. Sporazumom između dviju organizacija je regulisano da su sva pitanja koja se odnose na međunarodnu standardizaciju na poljima elektrotehnike i elektronike u nadležnosti IEC, a drugi predmeti su u nadležnosti ISO.

Pripisivanje nadležnosti za predmete međunarodne standardizacije, gdje relativno učešće električnih i neelektričnih tehnologija nije odmah prepoznatljivo, biće riješeno uzajamnim sporazumom između dviju organizacija.

3. U odnosu prema drugim međunarodnim organizacijama, IEC i ISO shvataju značaj koordiniranih aktivnosti i, gdje je primjenljivo, zajedničke akcije.

Ubrzo nakon drugog svjetskog rata, u Evropi razvila se saradnja između SR Njemačke, Velike Britanije i Francuske, koja je nakon osnivanja EZ vodila ka ustrojstvu CEN-a (Evropskog komiteta za standardizaciju).

Nacionalne organizacije za standardizaciju iz navedenih zemalja su članice CEN-a.

U ovom momentu ima 17 evropskih država, uključujući EZ-članice, koje su zastupljene u CEN-u. Sjedište generalnog sekretarijata je u Briselu.

KAKO SE IZRAĐUJE EVROPSKI STANDARD

Svaka zemlja—članica može podnijeti zahtjev za standard generalnom sekretarijatu, ili EZ-komisija može dati narudžbu za izradu standarda za određeno vrijeme. Ovo se dešava većinom u slučajevima gdje je za neku EZ-smjernicu neophodan tehnički propis. U zahtjevu za donošenje standarda navodi se cilj (svrha) njegovog donošenja, a po mogućnosti, prilaže se i radni materijal koji sadrži i prijedlog standarda.

Generalni sekretarijat zahtijeva od zemalja članica da odgovore u određenom periodu vremena da li su zainteresovane za predmet i da li su spremne za učešće.

Ako većina prihvati nacrt standarda, i ako je 10 zemalja spremno na aktivno učešće, rad će biti dat nekom postojećem tehničkom komitetu ili će biti osnovan novi tehnički komitet. Nacionalni komitet za standardizaciju imenuje specijaliste kao članove za tehničke komitete.

Normalno, evropska standardizacija počinje ispitivanjem postojećih nacionalnih standarda. Pregovori su vrlo složeni i dugotrajni zbog često široko disperziranih nacionalnih interesa.

Ako dođe do prihvatanja zahtijeva za novim standardom, generalni sekretarijat šalje evropski nacrt (nacrt EN) na 3 jezika (njemački, engleski, francuski) zemljama članicama u namjeri da se dobiju javna mišljenja.

Period za ovu proceduru, nazvan »CEN-pregled«, normalno je ograničen na šest mjeseci. Nakon što je istekao posljednji rok, primjedbe se razmatraju na tehničkom komitetu. U slučaju prihvatanja prijedloga u potpunom broju glasova (poželjna je jednoglasnost), sekretarijat tehničkog komiteta izrađuje prijedlog za usvajanje. Konačni tekst prijedloga EN mora biti usvojen formalnim glasanjem, koristeći proceduru »vaganog« glasanja. Svi glasovi moraju biti bezuslovni (osim uređivačkih zahtjeva), a svako glas mora biti obrazloženo.

Pored zahtjeva za prostu većinu, glasovi članica su posebno rangirani po »težini«.

Za određivanje rezultata, važeće je sljedeće »vaganje«:

Zemlja članica	»Težina« glasa
SR Njemačka	10
Francuska	10
Italija	10
Velika Britanija	10
Belgija	5
Grčka	5
Holandija	5
Švedska	5
Svajcarska	5
Španija	5
Danska	3
Finska	3
Irska	3
Norveška	3
Austrija	3
Portugalija	3
Luksemburg	2

EN standard se usvaja ako pri glasanju svih članica više članica glasa »ZA« nego »NE« (prosta većina, odsutni se ne broje), ako je najmanje 10 »vaganih« glasova »ZA«, ne više od 15 »vaganih« glasova »NE« i ne više od 3 članice koje ne prihvataju.

Ako jedan od ovih uslova nije ispunjen, glasovi EZ-zemalja se broje odvojeno. Standard se usvaja ako je među EZ-zemljama članicama više onih koje prihvataju nego onih koje odbijaju (prosta većina, odsutni se ne

broje), barem 20 »vaganih« glasova »ZA«, ne više od 15 »vaganih« glasova »NE« i ne više od 2 članice koje odbijaju.

Ako su, pri glasanju svih članova, ispunjeni ovi minimalni zahtjevi, sve članice su u obavezi da preuzmu standard.

Ako su kriteriji za usvajanje ispunjeni odvojenim glasanjem EZ-članica, sve EZ-zemlje članice, kao i one zemlje koje su se složile su obavezane da prihvate standard.

Prihvatanje standarda mora biti provedeno u određenom periodu, ustanovljenom od strane tehničkog sekretarijata, koji normalno traje šest mjeseci nakon što je EN izdat na tri jezika. U nekom datom periodu CEN-članice su u obavezi da ne izdaju novi ili revidovani nacionalni standard, koji neodgovara evropskom standardu ili nacrtima standarda (mora-torij).

U slučaju negativnog glasanja, tehnički sekretarijat mora donijeti da-lje mjere, kao i mjere za poništenje moratorijuma.

Na međunarodnom planu, određeno je da CEN preuzima i završava rad od ISO/IEC o istom predmetu.

U 1992. godini, kada zajedničko evropsko ekonomsko tržište bude na snazi, EN-standardi će steći dodatni značaj, zbog njihovog doprinosa za uki-danje tržišnih barijera.

TREKUTNO STANJE STANDARDA EN 54

Za standard EN 54 — Komponente automatskih sistema za detekciju požara — trenutno je planirano 11 dijelova koji su djelimično u obradi i djelimično dostupni u važećoj verziji:

- Dio 1 Uvod
- Dio 2 Oprema za upravljanje i indikaciju
- Dio 3 Uređaji za zvučni alarm požara
- Dio 4 Oprema za napajanje
- Dio 5 Detektori osjetljivi na toplotu; Tačkasti detektori koji sa-drže statički element
- Dio 6 Detektori osjetljivi na toplotu; Termomodiferencijalni tač-kasti detektori bez statičkog elementa
- Dio 7 Tačkasti detektori dima; Detektori na principu rasprše-nog svjetla, propuštenog svjetla ili jonizacije
- Dio 8 Termomaksimalni detektori toplote
- Dio 9 Testovi osjetljivosti na požar
- Dio 10 Detektori plamena
- Dio 11 Ručni javljači požara

Dio 1 — Uvod — sadrži opšte napomene koje se odnose na namjenu sistema za automatsku detekciju požara, oblast i polje primjene i defini-cije mogućih komponenti.

Treba uzeti u obzir da je EN 54 važeći samo za komponente auto-matskih sistema za detekciju požara u zgradama. Ovaj dio standarda je na raspolaganju već od 1976. godine u važećoj verziji. U međuvremenu bio je revidovan i sada je kao prednacrt podnesen članicama na javnu ras-pravu.

Dio 2 — Oprema za upravljanje i indikaciju — razrađen je u CEN — WG 7. Ovo je posebna poteškoća, jer ovaj dio standarda bi trebalo da

samijeni nacionalne standarde u različitim zemljama, koji su se razvijali kroz historiju i zato su u primjeni veoma dugo.

Uopšte, nacionalni standardi prezentuju određeno stanje razvoja i pro-vedenja, čak i određen način razmišljanja i filozofije. Pri promjenama ovih razvijanih struktura, pored tehničkih aspekata, moraju biti razmatrani i ko-municirani aspekti. Nadalje se moraju razviti novi zahtjevi i metodologije koje odražavaju novo stanje razvoja i koje uzimaju u obzir po-seban značaj sistema i komponenti »požarno detekcionih sistema nove gene-racije«. Ovo je oprema koja, koristeći novorazvijene elemente kao mikro-procesore i pokazne displeje, ima sasvim novu strukturu obrade signala i konceptu upravljanja i indikacije.

Za ovu programski upravljaju opremu, zahtjevi moraju biti razrađe-ni kako za »hardver«, tako i za »softver«.

Kao što je prikazano u dijelu I ovog materijala — Predmet i oblast primjene — standard će sadržati takve funkcionalne zahtjeve, koji su oba-vezni i moraju postojati u svakoj opremi za upravljanje i signalizaciju i takvi koji mogu postojati i onda moraju biti podložni izvjesnim zahtjevima.

Rezultati prikazani u materijalima WG 7 su u sljedećem stanju: S ob-zirom na strukturu standarda, kako je planirano u nacrtu (vidi dodatak 1), poglavlja: I — Predmet i oblast primjene,

- II — Definicije,
- III — Zahtjevi, dio 1 — opšti i dio 2 — funkcionalni, uključujući tačku 2.6,

su razmatrana i dostupna u pismenoj formi, na osnovu čega neke tačke zah-tjevaju dalju raspravu.

Paragrafi 3 — izgled i 4 — označavanje i natpisi, u poglavlju II kao i poglavlje IV — još nisu obrađeni.

Do sada su naročito razmatrane koncepcije za upravljanje i indika-ciju, što je posljedica upotrebe alfanumeričkih displeja kao uređaja za in-dikaciju na centralama. Uz općenito zahtijevanu zajedničku indikaciju za »alarm«, »kvar«, »van pogona«, sa odvojenim indikatorima biće dovoljan jedan alfanumerički displej sa barem dvije displej linije sa maksimalnim kapacitetom od 16 karaktera svaka, koji je sposoban da indicira prvu zo-nu u alarmu u prvoj liniji, posljednju zonu u alarmu u zadnjoj liniji i ukupan broj zona u alarmu.

Zone u alarmu, koje nisu indicirane, moraju se prikazati na displeju ručno u vremenu od 15 do 30 sekundi. Zbog nekoliko signala različitog ti-pa koji se mogu pojaviti u isto vrijeme (npr. ispad pogona i alarmi), bilo je neophodno odrediti prioritete, pri čemu indikacija signala požarnog alar-ma ima najviši prioritet.

Kako nije moguće navesti sve odluke, primjeri mogućnosti opreme za upravljanje i indikaciju, u skladu sa sadašnjim radnim materijalom WG 7, dati su u prilogu.

Prvi nacrt se može očekivati krajem ove godine.

Dio 3 — Uređaji za zvučnu signalizaciju požara — sadržeće zahtjeve i test-metode za sirene, trube, zvona, itd. koji daju zvučni alarm. Sadašnji nacrt standarda ne specificira posebne tipove ili nivoje izlaznog zvuka iz alarmnih uređaja. Umjesto toga, sadrži specifikacije o zvuku koje daje pro-vedba i testira uređaj, u cilju dokaza da proizvođačke specifikacije mogu biti održane u opsegu uslova okoline kakvi se uglavnom mogu sresti u

praksi. U nastojanju da se ove test-metode mogu realizovati, važno je da metod mjerenja zvučnog izlaza bude dovoljno precizan, i da se sama test-metoda može koristiti u različitim ambijentima. U ovom momentu, u Velikoj Britaniji rade se određene studije. Očekuje se da nacrt može biti razmatran na sljedećem sastanku Tehničkog komiteta u mjesecu maju.

Dio 4 — Oprema za napajanje — postoji u formi nacrt, koji sadrži zahtjeve za kapacitet, konstrukcione karakteristike i funkcionalne testove. Smatra se da, bilo odvojeni uređaji za napajanje, bilo u spoju sa opremom za upravljanje i indikaciju, mogu biti testirani prema standardu.

S obzirom da je oprema za napajanje instalirana u istom mjestu porred ili čak u samom uređaju za upravljanje i indikaciju, bilo je potrebno uskladiti testove na uticaj okoline za opremu za napajanje i opremu za upravljanje i indikaciju. Uz to, zahtjevi koji se odnose na test kompatibilnosti moraju biti obrađeni. Ovaj posao, koji je urađen u jednoj kombinovanoj radnoj grupi, koju sačinjavaju članovi WG2 (testovi na uslove okoline), WG7 (oprema za upravljanje i indikaciju) i WG8 (oprema za napajanje) bliži se kraju. Nacrt može biti upućen članstvu za konačno glasanje.

Sljedeći dijelovi standarda od 5 do 9, koji sadrže zahtjeve i test metode za automatske detektore topline i dima, već su usvojeni od strane CEN-a i dostupni su u važećoj verziji:

Dio 5 — Detektori osjetljivi na toplotu; Tačkasti detektori koji sadrže statički elementi (od 15. oktobra 1976)

Dio 6 — Detektori osjetljivi na toplotu; Termomodiferencijalni detektori bez statičkog elementa

Dio 7 — Tačkasti detektori dima; Detektori koji koriste raspršeno svjetlo, propušteno svjetlo ili jonizaciju

Dio 8 — Detektori visoke temperature

Dio 9 — Testovi osjetljivosti na požar (od 30. jula 1982)

Dok se test detektora topline izvodi u skladu sa nekoliko dijelova standarda, test detektora dima mora biti izveden prema dijelovima 7 (osnovni test) i 9 (test osjetljivosti na požar koji sadrži test metode za određivanje osjetljivosti odziva na različitim tipovima požara). U zavisnosti od prirode njihovog odziva na različite požare, detektori su klasifikovani u 3 klase osjetljivosti.

Upoređujući gore pomenute dijelove standarda, lako je shvatiti da, pored redakcijskih razlika, postoje takođe raznolike i u test-metodama i zahtjevima, posebno u dijelu 5, gdje nije razmatrano nekoliko testova na uticaj okoline, a koji se već zahtijevaju u novijim dijelovima. Svi dijelovi ne sadrže zahtjeve za test elektromagnetne kompatibilnosti, koji danas mora biti zahtijevan kao vrlo važan zbog svoje direktne veze sa pouzdanošću sistema i lažnih alarma. Ovo se ne odnosi samo na detektore, već na sve komponente požarno-detekcionih sistema. Stoga se hitno zahtijeva revizija dijelova standarda u svrhu usklađivanja i proširenja.

Za dio 10, u ovom momentu na javnoj raspravi, koji sadrži zahtjeve i test-metode za osnovne, i test osjetljivosti za detektore plamena, izbor testova na uticaj okoline će biti izveden kao što je već urađeno u skladu sa katalogom za testove okoline, takođe razrađenim u TC 72 (originalno planiran kao EN 54, dio 11). Ovaj katalog sadrži informacije o različitim test-procedurama na uticaj okoline, kao i informacije za izbor nivoa strogoći koji će se primijeniti za testiranje opreme u zavisnosti od uslova okoline

na mjestu eksploatacije. Testovi na uslove okoline, pomenuti u katalogu, useti su iz test-smjernica u suštini IEC publikacije) koje su već usvojene na međunarodnom planu. Na budućoj razradi ili reviziji nekoliko dijelova standarda, katalog će poslužiti kao osnova za testove okoline koje treba prevesti u dijelovima standarda, sa ciljem da se dobiju odgovarajuće test-procedure i zahtjevi. Ni ovaj dio još nije dostupan u CEN-prihvaćenoj verziji.

Dio 11 će sadržati zahtjeve, test metode i karakteristike izvedbi za testove javljače požara. Javljači moraju biti lako uočljivi kao takvi i rukovanje mora biti moguće za svakoga bez prethodnih uputstava. Postoje dva različita tipa prema načinu rukovanja:

— Tip A sa direktnim aktiviranjem. Razbijanjem lako lomljivog elementa (opr. staklo ili plastika) aktivira se alarm;

— Tip B sa indirektnim aktiviranjem. Razbijanjem lako lomljivog elementa otvara se upravljački element, čijom se manipulacijom aktivira alarmni signal.

Zbog toga, unificiran oblik i boja, kao i nepromjenljiv vanjski izgled su od posebnog značaja za lakšu prepoznatljivost i rukovanje. Zahvaljujući velikoj raznolikosti tipova sa različitim oblicima i veličinama u Evropi, standardizacija je vrlo teška. Nove preporuke isključivo zahtijevaju kvadratni oblik za kucište i upravljačku opremu u dvije različite veličine. Kucište bi trebalo biti crveno, upravljački uređaj bijel i upravljački element crn.

ISKUSTVA U PRAKTIČNOJ PRIMJENI STANDARDA

Sa ciljem da se garantuje nivo kvaliteta, koji je dat standardom, različite komponente sistema za detekciju požara se podvrgavaju laboratorijskim testovima pojedinih zemalja. Da bi se steklo pravo uvoza pojedinih proizvoda u različitim zemljama, do sada je potrebno izvršiti testiranje u svakoj zemlji, jer zvanično međusobno priznavanje atesta nije na snazi, premda se djelimično koriste iste test-metode. Sa logičke tačke gledišta, ovo je sigurno teško shvatiti i EZ gleda na ovo kao na prepreku na putu za zajedničko tržište unutar EZ, koje bi trebalo biti realnost u 1993. godini.

Nanaprot ovome, od različitih test-laboratorija se zahtijeva međusobno prihvatanje rezultata testiranja. Važan uslov bi naravno bio da kod atestiranja nekog proizvoda svaka laboratorija mora postići iste rezultate. Bilo bi se pitanje — da li postoji mogućnost da jedan proizvođač, nakon što je atestiran i za njega pribavljen atest od jedne laboratorije, bude ispušten od druge. U ovom slučaju moraju biti istraženi razlozi.

Sa ciljem da se dobije prvi odgovor na ovo pitanje, 1986. godine je izveden jedan komparacioni test u tri evropske test laboratorije, koje su dugo godina vršile atestiranja i takođe učestvovala u razradi standarda i test-metoda. Jonizacioni detektori dima jednog tipa su bili podvrgnuti istim testovima prema evropskom standardu EN 54, dijelovi 7 i 9, iz kojih je bilo odabrano nekoliko testova.

Rezultat testiranja za osnovne testove prema EN 54, dio 7 bio je sljedeći:

Zahtijevani mjerni rezultati držani su u svim laboratorijama i zahtjevi su bili ispunjeni. Poređenje rezultata mjerenja ukazuje na divergenciju koja je veća od dozvoljene tolerancije $\pm 5\%$, no ovdje moraju biti

razmatrane tolerancije test-metoda i test-predmeta. Upotreba različite opreme za proizvodnju test-aerosola, na primjer, ulazi u rezultate mjerenja. Uprkos ovim divergencijama, svi osnovni testovi su imali odgovarajuće rezultate. Stoga, može se izvući zaključak da su test-metode i specifikacije, opisane u standardu dovoljno tačne sa ciljem da omoguću izvođenje ponovljivih testova.

Prema testu osjetljivosti na požar, test-rezultati se znatno razlikuju. Na primjer, za test požar TF2 (tinjajuće drvo) jedna laboratorija nije klasifikovala detektor, a za test požar TF3 (tinjajući pamuk) svaka laboratorija je klasifikovala detektor u različite klase. Međutim, klasifikacija detektora za test požar TF4 (poliuretani) i TF5 (tečni heptan) bila je jedinstvena.

Gore spomenuti rezultati testiranja jasno pokazuju da moramo razlikovati požare sa nižom proizvodnjom topline i požara sa višom proizvodnjom topline. Jedinstvena klasifikacija detektora za test-požare TF4 i TF5 sa visokom proizvodnjom topline pokazuje zadovoljavajuću pouzdanost rezultata testiranja. Ovo se ne odnosi na test-požare sa niskom proizvodnjom toplote.

Razlozi za divergencije test rezultata su poteškoće da se odrede svi granični uslovi za test požare bitni za postojanost i njihovu održivost. Mora se poći od pretposavke da granični uslovi imaju različite posljedice na test-požare. U test-požarima sa niskom proizvodnjom toplote, prenos dima pomoću termičkih strujanja je od velikog značaja. Proširenjem test-sobe, moguća neujednačena raspodjela temperature, kao i smetnje oko raspršenja dima i raspodjele kretanjem zraka, ima veći uticaj nego u test-požarima sa velikom proizvodnjom toplote. Hemijska kombinacija korištenog goriva, paljenje, geometrijska raspodjela detektora i mjerne opreme, ali takođe klimatski uslovi i način izvođenja testova imaju uticaj na rezultate testiranja. Razlike u stepenu povećanja gustine dima ili u neravnomjernoj prostornoj raspodjeli mogu voditi ka različitoj klasifikaciji i čak ka tome da detektor upošte ne može biti klasiran. Prema sadašnjim smjernicama, test požar se smatra reproduktivnim, kada konačne vrijednosti mjerenih požarnih parametara imaju veze jedna sa drugom unutar dozvoljenog opsega tolerancija.

Pošto ukupni vremenski tok požarnih karakteristika ima uticaj na ponašanje odziva detektora, mogućnost unapređenja postojanosti rezultata testa leži u izradi kvalitetnijih preduslova za ponašanje u vremenu. Postavljanje graničnih uslova može — unutar granica — biti ostavljeno laboratorijama sa ciljem da se dostignu data vremenska ponašanja.

Imajući ovo u vidu, trenutno se izvode eksperimentalna ispitivanja unutar ISO, rezultati se već mogu naći u nacrtu smjernica.

Druga mogućnost leži u određivanju graničnih uslova, koji imaju uticaj na rezultate testa dotle, da su različiti test-rezultati pogodni za eliminaciju. Ovo takođe zahtijeva znatne eksperimentalne napore.

Uporedni testovi, koji su već bili realizovani i koji imaju karakter slučajnosti, jasnije ukazuju na potrebu sveobuhvatnijih ispitivanja koja se odnose na postojanost test-metoda i test-rezultata.

Ovo se odnosi kako na testove za opremu prema različitim dijelovima standarda, tako i na testove sistema s obzirom na kompatibilnost različite opreme, za što ne postoje smjernice ni test-metode. Rezultati onda moraju voditi ka preciziranjima ili novim prijedlozima u standardu.

Konačno, neophodna su osnovna saznanja o tehničkom i kadrovskom osposobljenju.

Izkušstvo pokazuje da standardi i test metode nikad ne mogu biti napisani tako jasno i detaljno da su isključene razlike u shvatanjima, a metode i razlike u upotrebi nekoliko tačaka ili paragrafa. Štaviše, standardi napisani danas, vjerovatno sutra neće više biti primjenjivi po svim tačama za izvjesne proizvode, s obzirom na to da je razvoj na polju električne vrlo brz. Ovdje mora biti shvaćeno da standardi i test-procedure ne bi smjeli ometi tehnički razvoj.

Uprkos nastojanju da se izrade standardi i test-metode što je moguće preciznije, uvijek će biti slobodnog prostora koji će biti popunjavan odgovarajućom upotrebom sa inženjerske tačke gledišta, na osnovu čega je upotreba u upotrebi standarda od velikog značaja.

Različite evropske test-laboratorije moraju se približiti u budućnosti, da bi se postigli odgovarajući i komparativni rezultati. Stoga će biti neophodna periodična razmjena iskustava. Drugi efikasan stadij, koji je teško realizovati, treba biti povremena razmjena laboratorijskog kadra.

Rainhard Lüttenberg, dipl. inž.

Verband der Sachversicherer e. V.,

Rukovodilac Laboratorije za sisteme za automatsko otkrivanje požara, Keln, SR Njemačka

(Sa engleskog jezika preveo Fuad Muderizović, dipl. inž. el.)

SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET (MOLARNA MASA, MOLARNA ZAPREMENA I UNIVERZALNA GASNA KONSTANTA) PRIRODNOG GASA KOJI SE KORISTI ZA TOPLIFIKACIJU U SARAJEVU

Radnik sadrži koncizan prikaz istraživanja uticaja hemijskog sastava, odnosa temperature na molarni (maseni i zapreminski) specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku i pri stalnoj zapremini prirodnog gasa. Izračunavanje statističke karakteristike molarnih udjela komponentata prirodnog gasa (SA), kao i molarne mase, gustine i molarne zapremine prirodnog gasa (SA). Odradena je i univerzalna gasna konstanta, a gasna konstanta prirodnog gasa definisana je kao količnik univerzalne gasne konstante i molarne mase.

Statističke vrijednosti molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku određene su u zavisnosti od temperature pomoću polinomom drugog stepena, kao i pomoću linearne jednadžine koju autor predlaže. Komparativnom izračunatih vrijednosti konstatuje se da su njihove razlike neznačajne i zanemarljive, a njihova procentualna odstupanja: $6,57 \cdot 10^{-4}$ do $4,3 \cdot 10^{-6}$.

SPECIFIC HEAT CAPACITY (MOLAR MASS, DENSITY, MOLAR VOLUME AND MOLAR GAS CONSTANT) OF NATURAL GAS USED FOR HEATING IN THE CITY OF SARAJEVO

The paper contains a concise review of the research on chemical composition and temperature effects on molar constant pressure specific heat capacity and molar constant volume specific heat capacity. Also, the paper contains calculated statistic characteristics of mole fractions of natural gas components, as well as molar mass, density and molar volume of natural gas "SA". The molar gas constant is determined, whereas the gas constant of natural gas is defined as a ratio of molar gas constant and molar mass.

Statistical values of constant pressure molar specific heat capacity as a function of temperature have been determined by means of the third power polynomial equation and by means of this author's suggested linear equation. It's confirmed (by comparison of calculated values) that the differences are insignificant and neglected, and that their percentage deviations are $6,57 \cdot 10^{-4}$ to $4,3 \cdot 10^{-6}$!


UDK 614.83:662.76:536.63 Priljeno: 1988-02-11 Originalni naučni rad

DR MUKREM H. REŠIDović, dipl. inž.


SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET (MOLARNA MASA, MOLARNA ZAPREMENA I UNIVERZALNA GASNA KONSTANTA) PRIRODNOG GASA KOJI SE KORISTI ZA TOPLIFIKACIJU U SARAJEVU

U UVOD

Za istraživanje uticaja temperature na molarni (maseni i zapreminski) specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku i pri stalnoj zapremini prirodnog gasa potrebno je prethodno odrediti: molarnu masu, gu-

OPŠTE INDIKACIJE	POKAZIVAČI ZONA	ODVOJENE INDIKACIJE																											
<input type="radio"/> NAPAJANJE UKLJUČENO <input type="radio"/> POŽAR <input type="radio"/> GREŠKA <input type="radio"/> VAN POGONA 	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>P</td><td>O</td><td>Ž</td><td>A</td><td>R</td><td>Z</td><td>O</td><td>N</td><td>A</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>P</td><td>O</td><td>Ž</td><td>A</td><td>R</td><td>Z</td><td>O</td><td>N</td><td>A</td><td>5</td></tr> </table> <p>scroll</p> <p>Zone <table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table></p> <p>van pog. po-gon. re-set</p>	1	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	3	4	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	5	1	2	3	4	5	<input type="radio"/> Greška napajanja <input type="radio"/> Greška sistema <input type="radio"/> Greška uzemljenja SIRENE [C] <input type="radio"/> isključ. greška <input type="radio"/> uključ. greška POŽARNA BRIGADA [E] <input type="radio"/> dojavljeno <input type="radio"/> isključ. greška <input type="radio"/> uključ. greška
1	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	3																			
4	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	5																			
1	2	3	4	5																									

Primjer
C.I.E. EN 54-2 Radni papir 4/88

OPŠTE INDIKACIJE	POKAZIVAČI ZONA	ODVOJENE INDIKACIJE																											
<input type="radio"/> NAPAJANJE UKLJUČENO <input type="radio"/> POŽAR <input type="radio"/> GREŠKA <input type="radio"/> VAN POGONA 	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>P</td><td>O</td><td>Ž</td><td>A</td><td>R</td><td>Z</td><td>O</td><td>N</td><td>A</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>P</td><td>O</td><td>Ž</td><td>A</td><td>R</td><td>Z</td><td>O</td><td>N</td><td>A</td><td>5</td></tr> </table> <p>scroll</p> <p>Zone <table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table></p> <p>van pog. po-gon. re-set</p>	1	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	3	4	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	5	1	2	3	4	5	<input type="radio"/> Greška napajanja <input type="radio"/> Greška sistema <input type="radio"/> Greška uzemljenja SIRENE [C] <input type="radio"/> isključ. greška <input type="radio"/> uključ. greška POŽARNA BRIGADA [E] <input type="radio"/> dojavljeno <input type="radio"/> isključeno greška
1	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	3																			
4	P	O	Ž	A	R	Z	O	N	A	5																			
1	2	3	4	5																									

Primjer
C.I.E. EN 54-2 Radni papir 4/88

stinu (specifičnu zapreminu) i molarnu zapreminu prirodnog gasa. Takođe, potrebno je odrediti univerzalnu gasnu konstantu, kao i gasnu konstantu prirodnog gasa, koja je definisana kao količnik već određenih karakteristika, odnosno kao količnik univerzalne gasne konstante i molarne mase prirodnog gasa. Za određivanje navedenih polaznih karakteristika prirodnog gasa korišten je njegov hemijski sastav u molarnim udjelima, a za određivanje molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta korišten je hemijski sastav u zapreminskim udjelima.

Prirodni gas je realan gas. Međutim, na određenim vrijednostima pritiska ($p \leq 1$ bar) i temperature ($t = 0$ do 100°C) prirodni gas se ponaša kao idealan gas (koeficijent kompresibilnosti je: 0,9997 do 0,9994). Zato, za određivanje numeričkih vrijednosti: molarne mase, gustine (specifične zapremine), univerzalne gasne konstante, gasne konstante i molarnog (masenog i zapreminskog) specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku i pri stalnoj zapremini koriste se jednačine koje važe za smjese idealnih gasova.

2. HEMIJSKI SASTAV PRIRODNOG GASA

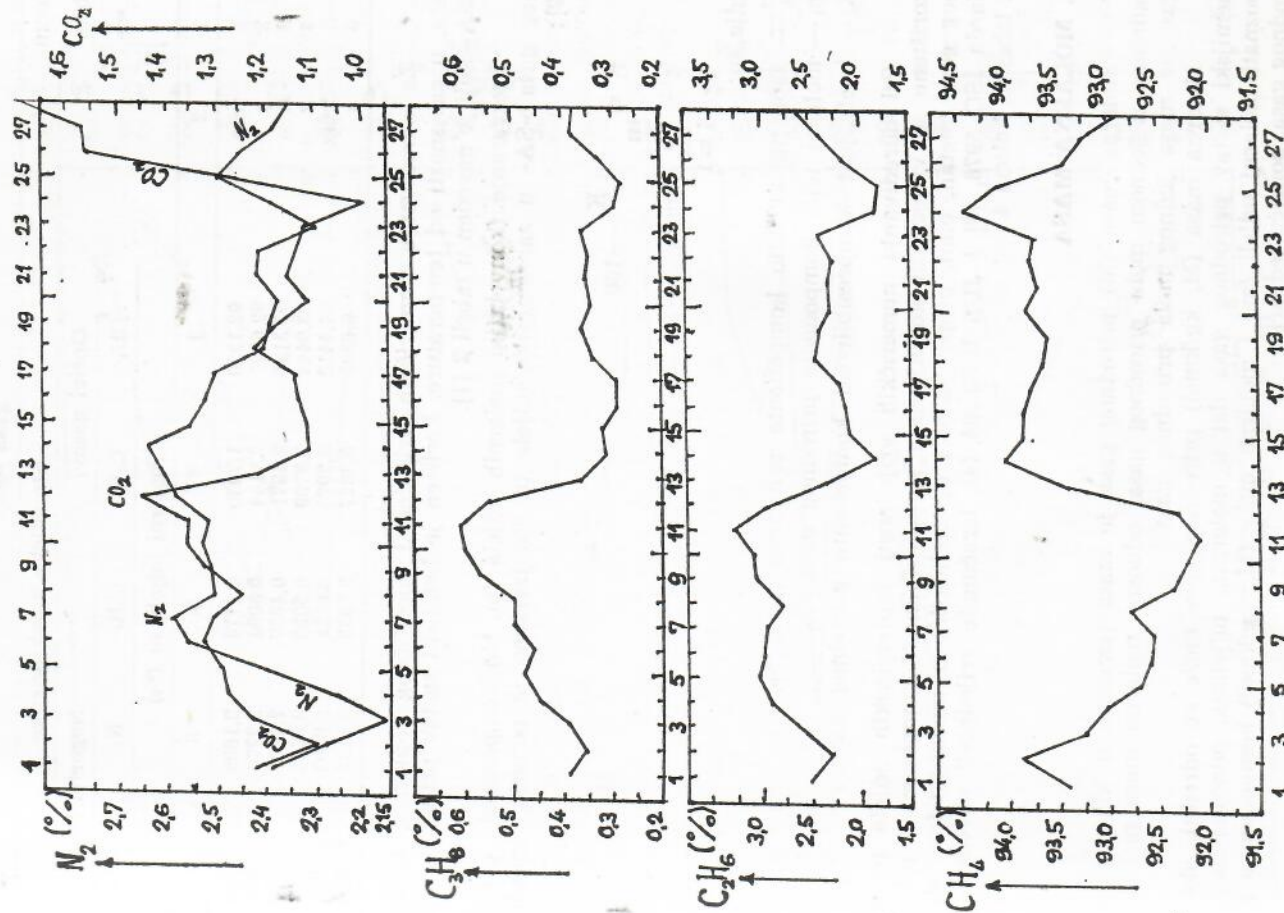
Prirodni (zemni) gas predstavlja smjesu gorivih i negorivih gasova. Osnovni gorivi gasovi prirodnog gasa su zasićeni ili parafinski ugljikovodonici, odnosno alkani: metan (CH_4), etan (C_2H_6) i propan (C_3H_8). Pored navedenih zasićenih ugljikovodonika, prirodni gas može da sadrži: butan (izo i normal, C_4H_{10}) i pentan (izo, normal i neo, C_5H_{12}). Negorivi gasovi u prirodnom gasu su: azot (N_2) i ugljendioksid (CO_2).

Promjene hemijskog sastava komponentata prirodnog gasa »SA«¹⁾ u molarnim udjelima m (%) prikazane su na slici 1. Na apscisi su naneseni dani mjerenja u određenom mjesecu. Izvršeno je pet mjerenja svaki dan (ukupno: 180 mjerenja u mjesecu).

Za navedeni period mjerenja numerička vrijednost molarnog udjela (%) aritmetičke sredine sume gorivih gasova: (izo i normal) butan + (izo i normal) pentan neznatna je (i zanemarljiva) u odnosu na aritmetičke sredine parcijalnih suma osnovnih gorivih gasova (metan + etan + propan) i negorivih gasova (azot + ugljendioksid) [1].

U tabeli 1. date su statističke karakteristike, odnosno numeričke vrijednosti aritmetičke sredine (\bar{x}), standardne devijacije (σ) i intervala rasipanja oko aritmetičke sredine ($\bar{x} \pm \sigma$). Takođe su navedene ekstremne vrijednosti (min. i max.) molarnih udjela gorivih gasova (metan, etan i propan) kao i negorivih gasova (azot i ugljendioksid) prirodnog gasa »SA«.

Distribucija frekvencija molarnih udjela komponentata prirodnog gasa »SA«¹⁾, odnosno poligoni frekvencija molarnih udjela, mol (%)²⁾, osnovnih gorivih gasova: metan (CH_4), etan (C_2H_6) i propan (C_3H_8) prikazani su na slici 2. Slika 2 sadrži i poligone frekvencija molarnih udjela, m (%)³⁾, negorivih gasova: azot (N_2) i ugljendioksid (CO_2).



Slika 1. Hemijski sastav prirodnog gasa »SA« (molarni udjeli, %)

¹⁾ Prirodni gas, koji se upotrebljava od 21. marta 1980. godine kao gorivo za toplifikaciju (u cilju smanjenja aerozagađenja) i za druge termičke i industrijske svrhe u Sarajevu, a u posljednje vrijeme sve više i u drugim gradovima u SRBH, uslovno se označava (u tekstu) kao prirodni gas »SA«.

BELA 1. Statističke karakteristike molarnih udjela komponenata prirodnog gasa »SA«

dni	Statističke karakteristike						
	Gorivi gasovi			Negorivi gasovi			
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	N ₂	CO ₂		
1	92,1230	1,7930	0,2774	2,1609	1,0032		
2	92,6827	2,1144	0,3094	2,3270	1,1082		
3	93,3136	2,4971	0,4057	2,4407	1,2650		
4	93,9444	2,8799	0,5020	2,5544	1,4218		
5	94,4412	3,2975	0,6121	2,6303	1,6978		
6	0,6309	0,3827	0,0963	0,1137	0,1568		
7	molarni udjeli, m (%)						

Za određivanje numeričkih vrijednosti specifičnog toplotnog kapaciteta, u zavisnosti od temperature, korišten je hemijski sastav prirodnog gasa »SA« koji je naveden u tabeli 2 [1].

Pretvaranje (konverzija) molarnih udjela (m, %) komponenata prirodnog gasa »SA« u zapreminske udjele (r, %) izvršeno je pomoću jednačine [1]:

$$r_i = \frac{m_i K_i}{\sum_{i=1}^n m_i K_i} \cdot 100 \quad (1)$$

gdje su:

- zapreminski udio komponente prirodnog gasa, %;
- molarni udio komponente prirodnog gasa, %;
- koeficijent kompresibilnosti komponente prirodnog gasa.

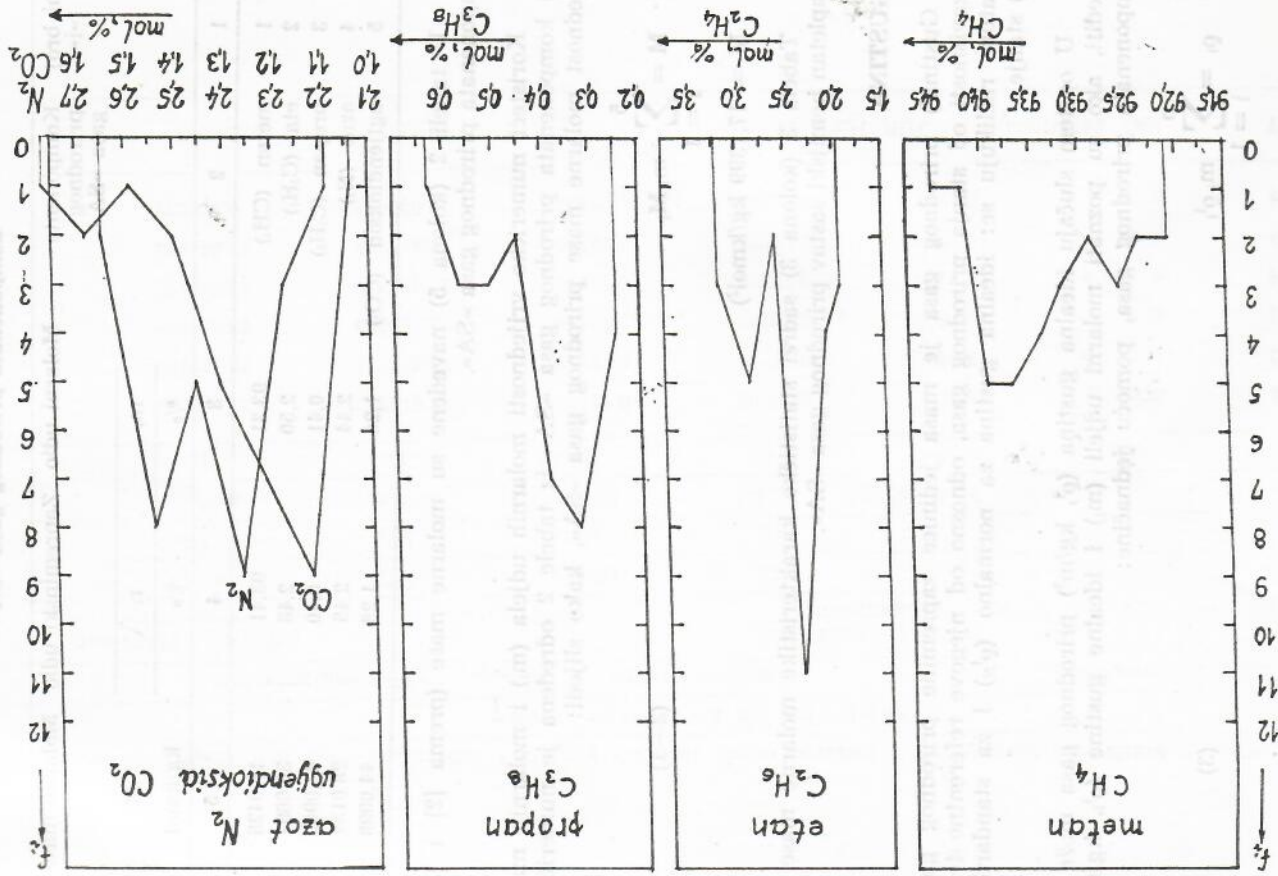
Pri određivanju numeričkih vrijednosti zapreminskih udjela (r_i, %) korištene su vrijednosti koeficijenta kompresibilnosti komponenata prirodnog gasa (metan, etan, propan, azot i ugljendioksid) iz međunarodnog standarda ISO 6976, [3] i JUS H.F.8.304 [4]. Izračunate vrijednosti navedene su u tabeli 2, kolona 4.

MOLARNA MASA

Molarna masa (M) prirodnog gasa je masa (izražena u kilogramima) adržana u jednom molu prirodnog gasa, odnosno molarna masa prirodnog gasa. je masa jednog mola prirodnog gasa.

Molarna masa (M, kg/kmol) prirodnog gasa može se odrediti, ako je hemijski sastav prirodnog gasa dat u molarnim udjelima, odnosno ako su poznati molarni udjeli (m_i) i molarne mase (M_i, kg/kmol) komponenata prirodnog gasa, pomoću jednačine:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i M_i \quad (2)$$



Slika 2. Poligoni frekvencija molarnih udjela komponenata prirodnog gasa »SA«

TABELA 2. Hemijski sastav (molarni i zapreminski udjeli) i molarne mase komponenata prirodnog gasa »SA«

Redni broj »i«	Komponente prirodnog gasa »SA«	Molarni udio		Zapreminski udio		Molarne mase	
		m_i %	r_i %	m_i %	r_i %	M_i kg/kmol	M_i kg/kmol
1	metan (CH ₄)	93,31	93,41			16,0426	
2	eta (C ₂ H ₆)	2,50	2,48			30,0694	
3	propan (C ₃ H ₈)	0,41	0,40			44,0962	
4	azot (N ₂)	2,44	2,45			28,0134	
5	ugljiendioksid (CO ₂)	1,26	1,26			44,0098	

U tabeli 2 (kolona 5) navedene su molarne mase (prema [2] i [3]) komponenata prirodnog gasa »SA«.

Koristeći numeričke vrijednosti molarnih udjela (m_i) i molarnih masa (M_i) komponenata prirodnog gasa »SA« iz tabele 2 određena je numerička vrijednost molarne mase prirodnog gasa »SA«, kako slijedi:

$$M = \sum_{i=1}^5 m_i M_i \quad (2-1)$$

$$M = 17,1399 \text{ kg/kmol}^2$$

Tabela 3 (kolona 3) sadrži statističke karakteristike molarne mase za kompletan hemijski sastav prirodnog gasa »SA«.

4. GUSTINA

Gustina³⁾ prirodnog gasa je masa jedinice zapremine prirodnog gasa. U zavisnosti od stanja prirodnog gasa, odnosno od njegove referentne temperature razlikuju se: idealna gustina za normalno (ρ_i^N) i za standardno (ρ_i^S) stanje.

U opštem slučaju idealna gustina (ρ^i , kg/m³) prirodnog gasa može se odrediti, ako su poznati molarni udjeli (m_i) i idealne gustine (ρ_i^i , kg/m³) komponenata prirodnog gasa, pomoću jednačine:

$$\rho^i = \sum_{i=1}^n m_i \rho_i^i \quad (3)$$

2) 1 kmol = 10³ mol, [2].

3) Gustina (ρ) je recipročna vrijednost specifične zapremine (v), odnosno: $\rho = 1/v$, [9]. Drugi naziv za gustinu je: zapreminska masa.

TABELA 3. Statističke karakteristike molarne mase, idealnih gustina i zapreminskih gustina »SA«

Redni broj	Molarna masa	Idealne gustine		Molarna zapremina		
		pritisak: 1,01325 bar	temperatura	pritisak: 1,01325 bar	temperatura	
1	2	3	4	5	6	7
kg/kmol	M	kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kmol	m ³ /kmol	m ³ /kmol
0°C	0°C	0°C	15°C	0°C	15°C	15°C
1	min	16,9682	0,75700	0,71765	22,414870	23,644077
2	x - 0	17,0276	0,76278	0,72182	22,414951	23,644188
3	x	17,1520	0,76793	0,72676	22,415035	23,644295
4	x + 0	17,2764	0,77308	0,73170	22,415119	23,644402
5	max	17,3997	0,77625	0,73590	22,415203	23,644468
6	0	0,1244	0,00515	0,00494	0,000084	0,000107
7	ISO 6976/1983;	JUS H.F.8.304	22,4136	23,6444		

Za referentna stanja, odnosno za normalno⁴⁾ i standardno⁵⁾ stanje idealna gustina prirodnog gasa određuje se pomoću jednačina:

$$\rho_N^i = \sum_{i=1}^n m_i \rho_{Ni}^i \quad (3-1)$$

$$\rho_s^i = \sum_{i=1}^n m_i \rho_{si}^i \quad (3-2)$$

gdje su:

ρ_N^i — idealna gustina prirodnog gasa za normalno stanje, kg/m³,
 ρ_s^i — idealna gustina prirodnog gasa za standardno stanje, kg/m³,
 m_i — molarni udio komponente prirodnog gasa, %/
 ρ_{Ni}^i — idealna gustina komponente prirodnog gasa za normalno stanje, kg/m³,
 ρ_{si}^i — idealna gustina komponente prirodnog gasa za standardno stanje, kg/m³.

Za određivanje idealnih gustina prirodnog gasa »SA« za normalno i standardno stanje koriste se numeričke vrijednosti molarnih udjela (m_i) iz tabele 2 (kolona 3), i idealnih gustina komponenata prirodnog gasa »SA« za normalno (ρ_{Ni}^i) i standardno (ρ_{si}^i) stanje prema međunarodnom standardu ISO 6976 [3], kako slijedi:

$$\rho_N^i = \sum_{i=1}^5 m_i \rho_{Ni}^i = 0,76461 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s^i = \sum_{i=1}^5 m_i \rho_{si}^i = 0,72491 \text{ kg/m}^3$$

U tabeli 3 (kolona 4 i 5) navedene su statističke karakteristike idealnih gustina za normalno (ρ_N^i) i standardno stanje (ρ_s^i) prirodnog gasa »SA« za njegov kompletan hemijskih sastav.

5. MOLARNA ZAPREMINA

Molarna zapremina⁶⁾ (V_M) prirodnog gasa je zapremina (izražena u m³) koju ima 1 kmol prirodnog gasa, odnosno molarna zapremina prirodnog gasa je zapremina jednog kmola prirodnog gasa.

Ako su poznati molarni udjeli (m_i , %), molarne mase (M_i , kg/kmol) i idealne gustine (ρ_i^i , kg/m³) komponenata prirodnog gasa, tada numerička

⁴⁾ Normalno stanje prirodnog gasa definisano je temperaturom: 0°C (273,15 K) i pritiskom: 1,01325 bar.

⁵⁾ Standardno stanje prirodnog gasa definisano je temperaturom: 15°C (288,15 K) i pritiskom: 1,01325 bar.

⁶⁾ Drugi nazivi za molarnu zapreminu [6], su: zapremina mola [7]; molni volumen (obujam [5]).

vrijednost molarne zapremine prirodnog gasa određuje se pomoću jednačine:

$$V_M = \frac{\sum_{i=1}^n m_i M_i}{\sum_{i=1}^n m_i \rho_i^i} \quad (5)$$

odnosno, u skladu sa jednačinama (2) i (3):

$$V_M = \frac{M}{\rho_i} \quad (6)$$

gdje su:

V_M — molarna zapremina prirodnog gasa, m³/kmol,
 M — molarna masa prirodnog gasa, kg/kmol,
 ρ_i^i — idealna gustina prirodnog gasa, kg/m³.

Za referentna stanja, odnosno za normalno i standardno stanje prirodnog gasa molarna zapremina određuje se pomoću jednačina:

$$V_{MN} = \frac{M}{\rho_N^i} \quad (6-1)$$

$$V_{MS} = \frac{M}{\rho_s^i} \quad (6-2)$$

gdje su:

V_{MN} — molarna zapremina prirodnog gasa za normalno stanje, m³/kmol,
 V_{MS} — molarna zapremina prirodnog gasa za standardno stanje, m³/kmol,
 M — molarna masa prirodnog gasa, kg/kmol,
 ρ_N^i — idealna gustina prirodnog gasa za normalno stanje, kg/m³,
 ρ_s^i — idealna gustina prirodnog gasa za standardno stanje, kg/m³.

Numeričke vrijednosti molarnih zapremina prirodnog gasa za normalno (V_{MN}) i standardno (V_{MS}) stanje određene su pomoću izraza (6-1) i (6-2). Pri tome korištene su vrijednosti: za molarnu masu: $M = 17,1399$ kg/kmol, za idealne gustine: $\rho_N^i = 0,76461$ kg/m³, $\rho_s^i = 0,72491$ kg/m³. Slijedi:

$$V_{MN} = 22,416526 \text{ m}^3/\text{kmol} \quad V_{MS} = 23,644176 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

Izračunata numerička vrijednost molarne zapremine (V_{MN}) za normalno stanje prirodnog gasa »SA« neznatno se razlikuje od vrijednosti navedenih u literaturi: [5], [6], [7] i [9], odnosno:

$$[5] \quad v_m = 22,4 \text{ m}^3/\text{Mol}$$

$$[6] \quad V_M = 22,415 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$[7] \quad Mv = 22,4 \text{ m}^3/\text{mol}$$

$$[3] \quad V (0^\circ\text{C}, 1,01325 \text{ bar}) = 22,4136 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Treba napomenuti da su prisutne različite oznake za jedinicu količine materije (Mol [5], kmol [6], mol [7]), ali sa istim značenjem.

U tabeli 3 (redni broj 7) navedene su numeričke vrijednosti molarne zapremine za normalno (V_{MN}) i standardno (V_{MS}) stanje prema međunarodnom standardu ISO 6976 [3]. Takođe, tabela 3 (kolone 6 i 7) sadrže numeričke vrijednosti statističkih karakteristika molarne zapremine za normalno i standardno stanje za kompletan hemijski sastav prirodnog gasa »SA«.

6. UNIVERZALNA GASNA KONSTANTA

Univerzalna gasna konstanta⁷⁾ (MR) prirodnog gasa definisana je jedinačinom:

$$MR = \frac{P V_M}{T} \quad (7)$$

gdje su:

MR — univerzalna gasna konstanta prirodnog gasa, J/(kmol K),

P — pritisak prirodnog gasa, N/m² (= Pa),

V_M — molarna zapremina prirodnog gasa, m³/kmol,

T — temperatura prirodnog gasa, K.

U literaturi se navode vrijednosti za univerzalnu gasnu konstantu, koje se međusobno neznatno razlikuju. Prisutna je u njima i drukčija oznaka za jedinicu količine materije (Mol [5], kmol [6], mol [7]), ali sa istim značenjem. Tako, prema:

$$[5] MR = 8314 \text{ J/Mol K}$$

$$[6] MR = 8315 \text{ J/K kmol}$$

$$[7] MR = 8315 \text{ J/mol K}$$

$$[8] MR = 8314 \text{ J/mol K}$$

$$[3] MR = 8,31434 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Numeričke vrijednosti univerzalne gasne konstante prirodnog gasa »SA« za referentna stanja, odnosno za normalno (MR_N) i standardno stanje (MR_S) određene su pomoću jednačina:

$$(MR)_N = \frac{P_N V_{MN}}{T_N} \quad (7-1)$$

$$(MR)_S = \frac{P_S V_{MS}}{T_S} \quad (7-2)$$

i izračunatih numeričkih vrijednosti molarnih zapremina. Slijedi, za:

$$P_N = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T_N = 273,15 \text{ K}$$

$$V_{MN} = 22,416526 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$P_S = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T_S = 288,15 \text{ K}$$

$$V_{MS} = 23,644176 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

univerzalne gasne konstante su:

$$(MR)_N = 8315,4109 \text{ J/(kmol K)}$$

$$(MR)_S = 8314,2326 \text{ J/(kmol K)}$$

⁷⁾ Drugi nazivi za univerzalnu gasnu konstantu: opća plinska konstanta [5], molarna gasna konstanta [4].

Ako se koriste numeričke vrijednosti aritmetičke sredine molarnih zapremine V_{MN} i V_{MS} iz tabele 3 (kolone 6 i 7), tada su univerzalne gasne konstante:

$$(MR)_N = 8314,8578 \text{ J/(kmol K)}$$

$$(MR)_S = 8314,2744 \text{ J/(kmol K)}$$

Određene numeričke vrijednosti univerzalne gasne konstante prirodnog gasa »SA« neznatno odstupaju od vrijednosti navedene u međunarodnom standardu: ISO 6976—1983 (E) [3], odnosno u literaturi: [5], [6], [7] i [8].

7. SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET

Specifični toplotni kapacitet⁸⁾ prirodnog gasa je ona količina toplotne energije koju treba dovesti jedinici količine prirodnog gasa da bi temperatura porasla za jedan stepen [5].

Pošto količina prirodnog gasa može biti data u kilogramima (kg) materije⁹⁾, postoje:

— maseni specifični toplotni kapacitet, c ,

— zapreminski specifični toplotni kapacitet, c' ,

— molarni¹⁰⁾ specifični toplotni kapacitet, C .

Tabela 4 sadrži međusobne odnose specifičnih toplotnih kapaciteta [10], odnosno izraze za određivanje odgovarajućih specifičnih toplotnih kapaciteta.

Specifični toplotni kapacitet (maseni, zapreminski i molarni) prirodnog gasa može se mjeriti [7]:

— pri stalnoj zapremini (c_v , c'_v , C_v),

— pri stalnom pritisku (c_p , c'_p , C_p).

TABELA 4. Međusobni odnosi specifičnih toplotnih kapaciteta

c	c'	C	c	c'	C
c	c'	C	c	c'	C
			$c = c'/\rho$	$c' = c \cdot \rho$	$C = C/M$
			$\rho c = c'/v$	$c' = c \cdot v$	$C = C/Mv$
			Mc	$MC/\rho = Mvc'$	I

Značenje oznaka u tabeli 4:

c (c_v ; c_p) — maseni specifični toplotni kapacitet (pri stalnom pritisku, pri stalnoj zapremini),

J/(kg °C), J/(kg K)

kJ/(kg °C), kJ/(kg K)

c' (C_p ; C_v) — zapreminski specifični toplotni kapacitet (pri stalnom pritisku, pri stalnoj zapremini),

J/(m³ °C), J/(m³ K)

kJ/(m³ °C), kJ/(m³ K)

C (C_p ; C_v) — molarni specifični toplotni kapacitet (pri stalnom pritisku, pri stalnoj zapremini),

J/(mol °C), J/(mol K)

kJ/(kmol °C), kJ/(kmol K)

ρ — gustina, kg/m³

v — specifična zapremina, m³/kg

M — molarna masa, kg/mol, kg/kmol

⁸⁾ Drugi naziv za specifični toplotni kapacitet: specifična toplota, specifična toplotina.

⁹⁾ Drugi nazivi za materiju: gradivo, supstanca, tvar [11], [12] i [19].

¹⁰⁾ Drugi naziv za molarni: molski, molni.

Uzajamna povezanost molarnih specifičnih toplotnih kapaciteta pri stalnom pritisku (C_p) i pri stalnoj zapremini (C_v) definisana je Mjerovom inačicom:

$$C_p - C_v = MR \quad (8)$$

akođe, egzistiraju sljedeće uzajamne povezanosti specifičnih toplotnih kapaciteta:

$$\begin{aligned} C_p - C_v &= R & (8-1) \\ C_p - C'_v &= R/v = R \varrho & (8-2) \end{aligned}$$

lje su:

R — univerzalna gasna konstanta prirodnog gasa, $J/(kmol K)$,
 M — gasna konstanta prirodnog gasa, $J/(kg \text{ } ^\circ C)$, $J/(kg K)$, $R = MR/M$ [14],
 ϱ — specifična zapremina prirodnog gasa, m^3/kg ,
 v — gustina prirodnog gasa, kg/m^3 ,
 M — molarna masa prirodnog gasa, $kg/kmol$.

Iz navedenih jednačina slijedi da su specifični toplotni kapaciteti pri stalnom pritisku (maseni c_p , zapreminski c'_p i molarni C_p) veći od specifičnih toplotnih kapaciteta pri stalnoj zapremini (maseni c_v , zapreminski c'_v i molarni C_v), odnosno:

$$c_p > c_v \quad c'_p > c'_v \quad C_p > C_v$$

3. ZAVISNOST SPECIFIČNOG TOPLOTNOG KAPACITETA PRIRODNOG GASA OD TEMPERATURE

3.3.1. MOLARNI SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET, C

Molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku

Molarni specifični toplotni kapacitet prirodnog gasa pri stalnom pritisku zavisi od zapreminskih udjela i molarnih specifičnih toplotnih kapaciteta pri stalnom pritisku komponenata prirodnog gasa, odnosno:

$$C_p = \sum_{i=1}^n r_i C_{pi} \quad (9)$$

gdje su:

C_p — molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku prirodnog gasa, $kJ/(kmol K)$,
 C_{pi} — molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku komponenata prirodnog gasa, $kJ/(kmol K)$,
 r_i — zapreminski udio komponenata prirodnog gasa.

Molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku komponenata prirodnog gasa u zavisnosti od temperature prikazan je interpolacionim polinomom trećeg stepena, odnosno:

$$C_{pi} = A_i + B_i T + C_i T^2 + D_i T^3 \quad (10)$$

Uvrištavanjem izraza (10) u (9) i sredivanjem (grupisanjem odgovarajućih članova) dobije se:

$$C_p = \sum_{i=1}^n r_i A_i + T \sum_{i=1}^n r_i B_i + T^2 \sum_{i=1}^n r_i C_i + T^3 \sum_{i=1}^n r_i D_i \quad (9-1)$$

odnosno:

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \quad (9-2)$$

gdje su:

$$A = \sum_{i=1}^n r_i A_i \quad kJ/(kmol K) \quad (11-1)$$

$$B = \sum_{i=1}^n r_i B_i \quad kJ/(kmol K^2) \quad (11-2)$$

$$C = \sum_{i=1}^n r_i C_i \quad kJ/(kmol K^3) \quad (11-3)$$

$$D = \sum_{i=1}^n r_i D_i \quad kJ/(kmol K^4) \quad (11-4)$$

Numeričke vrijednosti energetskih konstanata: A_i , B_i , C_i i D_i u interpolacionom polinomu za određivanje molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku komponenata prirodnog gasa navedene su u tabeli 5 [16].

U tabeli 5 (vrsta 6) navedene su i numeričke vrijednosti konstanti: A , B , C i D prirodnog gasa »SA« koje su određene pomoću izraza: (11-1) do (11-4). Pri tome su korištene vrijednosti zapreminskih udjela (r_i) iz tabele 2 (kolona 4) i odgovarajuće vrijednosti konstanata: A_i , B_i , C_i i D_i komponenata prirodnog gasa »SA« iz tabele 5.

TABELA 5. Konstante A_i , B_i , C_i i D_i

Redni broj »i«	Komponente	Konstante					
		A_i	$B_i \cdot 10^2$	$C_i \cdot 10^5$	$D_i \cdot 10^9$		
	prirodnog gasa »SA«	$kJ/(kmol K)$	$kJ/(kmol K^2)$	$kJ/(kmol K^3)$	$kJ/(kmol K^4)$		
1	2	3	4	5	6		
1	metan (CH_4)	19,274	5,212	1,1972	—	11,315	
2	etan (C_2H_6)	5,408	17,807	6,936	—	8,711	
3	propan (C_3H_8)	—	4,224	30,621	—	15,861	32,140
4	azot (N_2)	31,1606	1,3563	—	2,67904	—	11,6789
5	ugljiendioksid (CO_2)	19,791	7,342	—	5,601	—	17,150
6	prirodni gas »SA«	19,109	5,558	—	0,8779	—	9,722

Za prirodni gas »SA« numeričke vrijednosti energetskih konstanti su:

$$A = 19,109 \text{ kJ/(kmol K)}$$

$$B = 5,558 \cdot 10^{-2} \text{ kJ/(kmol K}^2\text{)}$$

$$C = 0,8779 \cdot 10^{-5} \text{ kJ/(kmol K}^3\text{)}$$

$$D = -9,722 \cdot 10^{-9} \text{ kJ/(kmol K}^4\text{)}$$

Numeričke vrijednosti molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku prirodnog gasa »SA«, određene pomoću jednačine:

$$C_p = 19,109 + 5,558 \cdot 10^{-2} T + 0,8779 \cdot 10^{-5} T^2 - 9,722 \cdot 10^{-9} T^3 \quad (9-3)$$

temperature: $273,15 \leq T \leq 373,15$ K, odnosno: $0^\circ C \leq t \leq 100^\circ C$, navedene u tabeli 6 (kolona 4).

Za određivanje numeričkih vrijednosti molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku prirodnog gasa »SA« autor predlaže sljedeće earne jednačine:

$$a) \quad 0^\circ C \leq t \leq 100^\circ C, \text{ odnosno } 273,15 \leq T \leq 373,15 \text{ K}$$

$$C_p^a = 0,05818388 t + 34,747552 \quad (12)$$

$$C_p^a = 0,05818388 T + 18,854647 \quad (12-1)$$

ABELA 6. Specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku prirodnog gasa »SA«

Redni broj	Temperatura		Specifični toplotni kapacitet	
	t	T	C _p	C _p ^a
»i«	°C	K	kJ/(kmol K)	kJ/(kmol K)
1	2	3	4	5
1	0	273,15	34,747552	34,747552
2	10	283,15	35,329622	35,329390
3	15	288,15	35,620701	35,620308
4	20	293,15	35,911797	35,911228
5	30	303,15	36,494017	36,493066
6	40	313,15	37,076224	37,074904
7	50	323,15	37,658361	37,656742
8	60	333,15	38,240368	38,238580
9	70	343,15	38,822189	38,920418
10	80	353,15	39,403763	39,402256
11	90	363,15	39,985033	39,984094
12	100	373,15	40,565940	40,565932

$$b) \quad 0^\circ C \leq t \leq 250^\circ C, \text{ odnosno: } 273,15 \text{ K} \leq T \leq 523,15 \text{ K}$$

$$C_p^a = 0,0577953 t + 34,747552 \quad (13)$$

$$C_p^a = 0,0577953 T + 18,961765 \quad (13-1)$$

U tabeli 6 (kolona 5) navedene su izračunate vrijednosti specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku prirodnog gasa »SA«. Korištena je autorova jednačina (12).

Kompariranjem izračunatih vrijednosti pomoću jednačina (9-3) i (12), konstatuje se da su njihove razlike neznatne i zanemarljive, a njihova procentualna odstupanja su reda: $6,57 \cdot 10^{-4}$ do $4,3 \cdot 10^{-3} \%$!

Molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnoj zapremini

Molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnoj zapremini (C_v), u zavisnosti od temperature, može se odrediti iz Majerove jednačine, odnosno:

$$C_v = C_p - MR \quad (14)$$

Prema međunarodnom standardu ISO 6976 [3], numerička vrijednost univerzalne gasne konstante je:

$$MR = 8314,34 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kmol}^{-1}$$

odnosno:

$$MR = 8,31434 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kmol}^{-1}$$

Molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku C_p u zavisnosti od temperature prirodnog gasa »SA«, određen je pomoću jednačine (9-3).

8.2. MASENI SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET, c

Maseni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku (c_p) određuje se pomoću izraza:

$$c_p = C_p/M \quad (15)$$

$$c_v = C_v/M \quad (16)$$

Evidentno je da se maseni, specifični toplotni kapacitet pri stalnoj zapremini može odrediti i iz jednačine (8-1), odnosno:

$$c_v = c_p - R \quad (17)$$

$$c_v = c_p - MR/M \quad (17-1)$$

8.3. ZAPREMINSKI SPECIFIČNI TOPLOTNI KAPACITET, c'

Zapreminski specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku (c'_p) definisan je izrazom:

$$c'_p = \rho C_p/M \quad (18)$$

$$c'_v = \rho C_v/M \quad (19)$$

I zapreminski specifični toplotni kapacitet pri stalnoj zapremini može se odrediti iz jednačine (8-2), odnosno:

$$c'_v = c'_p - R \rho \quad (20)$$

$$c'_v = c'_p - (MR/M) \rho \quad (20-1)$$

9. ZAKLJUČCI

a) Rezultat izvršenog istraživanja ponašanja molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku prirodnog gasa, koji se koristi za toplotifikaciju (u cilju smanjenja aerzagadenja) u Sarajevu, u zavisnosti od temperature, predstavljen je jednačinom (9-3):

$$C_p = 19,109 + 5,558 \cdot 10^{-2} T + 0,8779 \cdot 10^{-5} T^2 - 9,722 \cdot 10^{-9} T^3$$

Slijedi, sa porastom temperature raste molarni specifični toplotni kapacitet pri stalnom pritisku.

Navedeni zaključak odnosi se i na ostale specifične toplotne kapacitete (maseni i zapreminski) pri stalnom pritisku i pri stalnoj zapremini.

b) Numeričke vrijednosti molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku za temperature: $273,15 \text{ K} \leq T \leq 373,15 \text{ K}$ su: $34,7475 \leq C_p \leq 40,5659 \text{ kJ/(kmol K)}$. Numeričke vrijednosti molarnog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku izračunate pomoću autorove linearne jednačine:

$$C_p^a = 581,8388 \cdot 10^{-3} T + 18,854647$$

neznatno se razlikuju od vrijednosti dobijenih pomoću polinoma trećeg stepena. Međusobno procentualno odstupanje je: $6,57 \cdot 10^{-4}$ do $4,3 \cdot 10^{-3} \%$! Zato

tor predlaže linearnu jednačinu za određivanje numeričkih vrijednosti mnogog specifičnog toplotnog kapaciteta pri stalnom pritisku za temperature: $3,15 \leq T \leq 373,15$ K.

Mr. **Mulcrem H. Rešidović**, dipl. inž.
Skupština grada Sarajeva — Sarajevo
Zavod za izgradnju grada — Sarajevo

OTPORNOST PREMA POŽARU ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA (II)

U prvom, ranije objavljenom radu o ovoj tematici prezentovano je šire uvidno razmatranje o požarnim opasnostima, razvoju požara, otpornosti na požar, građevinskoj protipožarnoj preventivi i sl. Posebno je opširno obrađena problematika ponašanja betona kod visokih temperatura (struktura betona, ponašanje pri zagrijavanju cementnog kamena, betona, termičke deformacije agregata i cementnog kamena, mehaničke osobine betona, uticajni parametri na mehaničke osobine betona). U drugom iz ove serije radova, koji ovdje objavljujemo, autorica razmatra karakteristike čelika za armirani beton, prema I ravnilniku o tehničkim normativima za beton i armirani beton, polerovni sloj armature, kritičnu temperaturu čelika prema DIN-u 4102, uticaj visokih temperatura na karakteristike betonskog čelika i čelika za prednaprezanje.

FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS (II)

In the first paper on this subject published earlier, a broad review on fire hazards, fire development, fire resistance, building fire prevention etc. was given. Especial attention had been paid to the behavior of concrete at high temperatures, such as the change in concrete structure, mechanical characteristics, etc. In the second part of this paper, the authoress discusses the characteristics of steel used for making reinforced concrete according to the German standard DIN 4102.

UDK 614.84:693.55.002

Primljeno: 1988-12-12

Pregledni rad

JASNA BEGANOVIĆ, dipl. inž. grad.

OTPORNOST PREMA POŽARU ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA (II)*

I. UVOD

Prilikom određivanja vatrootpornosti konstruktivnih elemenata od armiranog betona bitan uticaj, pored ostalih parametara, ima vrsta čelika za armiranje. U svijetu se koriste različite vrste armaturnih čelika koji, zavise od svog sastava, imaju različite osobine. S obzirom na to, da je u našoj zemlji malo rađeno na ispitivanjima ponašanja naših čelika na visokim temperaturama, vrlo korisno mogu poslužiti iskustva iz svjetskih laboratorija ako se ona odnose na čelik sličnog sastava i mehaničkih osobina.

2. ČELICI ZA ARMIRANJE PREMA PRAVILNIKU O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA BETON I ARMIRANI BETON

U našoj zemlji se za armiranje konstrukcija i elemenata od betona koriste žice ($\varnothing \leq 12$ mm) ili šipke ($\varnothing > 12$ mm) od glatkog čelika (GA), visokovrijednih prirodno tvrdih rebrastih čelika (RA), hladno vučene glatke i orebljene žice — mrežaste armature (MAG, MAR) i Bi armature (B i A).

* Prvi iz serije radova o problematici otpornosti na požar armiranobetonskih konstrukcija iste autorice objavljen je u časopisu **Požar — eksplozija — preventiva** [VII (1), 1986, str. 75—86].

LITERATURA

- [1] M. H. Rešidović: Uticaj hemijskog sastava na koeficijent kompresibilnosti, toplotne moći, gustinu i relativnu gustinu prirodnog gasa koji se koristi za toplifikaciju u Sarajevu, **Požar, ekspl. prevent.**, 1986, (3—4), str. 255—273.
- [2] **Basisgegevens ardgassen**, N. V. Netherlandse Gasunie, 1980.
- [3] International Standard ISO: **Natural gas—Calculation of calorific value, density and relative density**, Ref. № ISO 6976—1983 (E).
- [4] Savezni zavod za standardizaciju: **JUS HF8.304/1988**: Prirodni gas: Izračunavanje toplotne vrijednosti, gustine i relativne gustine, Beograd, 1988. (u pripremi).
- [5] F. Bošnjaković: **Nauka o toplini** (I dio), »Tehnička knjiga«, Zagreb, 1962.
- [6] T. Gregorić: **Termodinamika** (I dio), Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, 1963.
- [7] D. Malić: **Termodinamika i termotehnika**, »Građevinska knjiga«, Beograd, 1975.
- [8] V. Strelec: **Plinarski priručnik**, »Nafta«, Zagreb, 1982.
- [9] M. H. Rešidović: Studija termofizičkih karakteristika prirodnog gasa koji se koristi za smanjenje aerozagađenja u Sarajevu (I), **Požar, ekspl. prevent.**, 1985, (1), str. 47—63.
- [10] M. H. Rešidović: Studija termofizičkih karakteristika prirodnog gasa koji se koristi za smanjenje aerozagađenja u Sarajevu (II), **Požar, ekspl. prevent.**, 1985, (2), str. 25—36.
- [11] M. H. Rešidović: Zakonske mjerne jedinice u gasnoj tehnici, **Požar, ekspl. prevent.**, 1987, (4), str. 443—450.
- [12] D. Prokić: O jedinici količine supstance (mol), **Tehnika — Opšti dio**, 42 (1987), 10, str. 887—889.
- [13] M. H. Rešidović: Fizičko-hemijske karakteristike prirodnog gasa koji se koristi za toplifikaciju u Sarajevu, **Termotehnika**, 1987, (2), str. 177—183.
- [14] M. H. Rešidović: Toplotne moći, koeficijent kompresibilnosti, gustina i relativna gustina prirodnog gasa koji se upotrebljava u Sarajevu, **Kemija u industriji**, 1986, (8), str. 445—450.
- [15] R. Paunović, M. Đurić: Procjenjivanje toplotne moći prirodnog gasa, **Nafta**, 1986, (12), str. 627—634.
- [16] I. Pavlič: **Statistička teorija i primjena**, »Tehnička knjiga«, Zagreb, 1971.
- [17] **Praktičar** (I. dio), str. 132—136, »Školska knjiga«, Zagreb, 1971.
- [18] Zakon o mjernim jedinicama i mjerilima, **Službeni list SFRJ**, broj 9/84, str. 353—366.

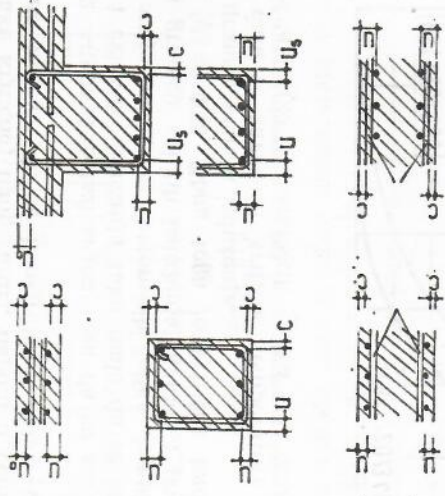
U tabeli 1. date su karakteristike čelika za armirani beton prema Pravilniku o tehničkim normativima za beton i armirani beton (PBAB).

3. POKROVNI SLOJ ARMATURE

Osovinski razmak armature je rastojanje između uzdužne osovine šipke armature i površine betonskog elementa izloženog plamenu. Prema položaju armature, razlikuje se:

- u_s — ubočno,
- u_o — nagore,
- C — pokrovni sloj armature.

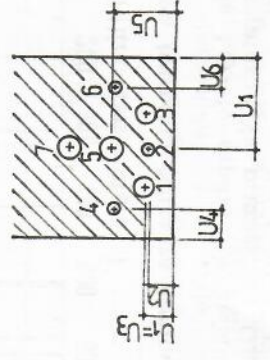
Pokrovni sloj armature C je rastojanje površine šipke armature i površine izložene betonske površine. Na slici 2 data su rastojanja osovina u , u_o i u_s , kao i pokrovni sloj.



Slika 2. Rastojanja osovina u , u_o i u_s i pokrovni sloj armature

Kod jednostruko armiranih greda sa različitim prečnicima šipki ili kod višeslojno armiranih greda, prema podacima sa slike 3, umjesto rastojanja osovina u primjenjuje se srednje rastojanje osovina u_m prema jednačini:

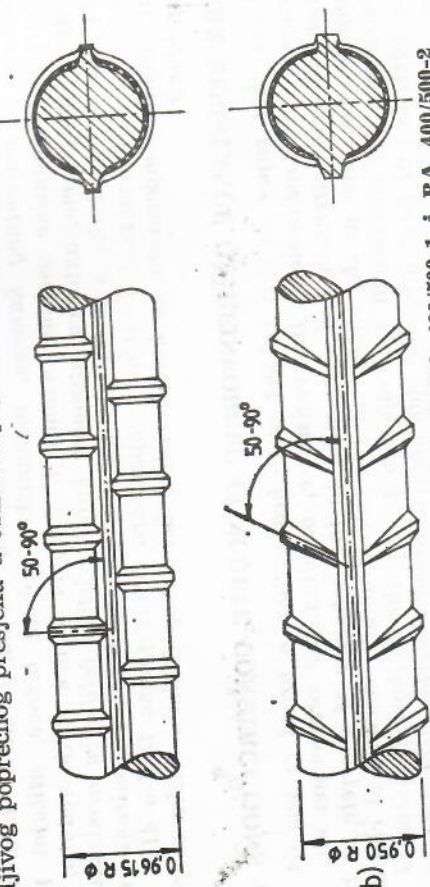
$$u_m = \frac{A_1 u_1 + A_2 u_2 + \dots + A_n u_n}{A_1 + \dots + A_n}$$



Slika 3. Srednje rastojanje osovina u_m

Ono se izračunava iz površine A_1 do A_n i najmanjeg rastojanja osovina u_1 do u_n svih pojedinačnih šipki armature.

Glatka armatura GA od mekog betonskog čelika je kvaliteta 240/360. Rebrasta armatura RA od visokovrijednog prirodno tvrdog čelika je kvaliteta 400/500. Šipke rebraste armature imaju podužna i poprečna rebra međusobno zaklapaju različite uglove, a oblik, veličine i međusobni razmak rebra moraju biti takvi da obezbijede potrebnu duktilnost čelika i otpornost na koroziju. Šipke rebraste armature moraju biti takvi da obezbijede potrebnu duktilnost čelika i otpornost na koroziju. Šipke rebraste armature RA 400/500-1 imaju poprečna rebra nepromjenljivog presjeka, a rebraste armature RA 400/500-2 poprečna rebra promjenljivog presjeka u obliku srpa, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Oblik šipke rebraste armature RA 400/500-1 i RA 400/500-2

Zavarene armature mreže od hladno vučene žice izrađuju se od glatkog čelika (MAG 500/560) i orebljenog čelika (MAR 500/560). Mreže se sastoje od pravih, međusobno okomitih zavarenih žica.

Bi armatura Bia 680/800 je specijalno oblikovana armatura od hladno vučene žice sastavljena od dviju podužnih žica međusobno spojenih prečkama. Osovine žice su okrugle hladno vučene žice kvaliteta čelika 680/800, a prečke su od čelika kvaliteta 240/360.

TABELA 1.

Oznaka	Oznaka arm.-meh. karakteristika	Poblizi naziv armature	Nazivni prečnik	Karakter. gran. razvlač. VK odn. gran. 02 fak.	Karakter. čvrst. pri zatezanju fak.	Karakter. (MPa)	Karakter. (MPa)
0200	GA 240/360	Glatka armatura od mekog beton. čelika		5 do 36	240	360	
0503	RA 400/500-1 RA 400/500-2	Rebrasta armatura od visokovrijednog prirodnog tvrdog čelika		6 do 14 6 do 40	400	500	
	MAG 500/560 MAR 500/560	Zavarene armatur. mreže od hladno vučene glatke ili orebljene žice		4 do 12	500	560	
	Bia 680/800	Armature specijalnog oblika, od hladno vučene žice		3,1 do 11,3	680	800	

Određivanje debljine zaštitnog sloja betona vrši se prema kvalitetu čelika korištenog za armaturu, odnosno na osnovu njegove kritične temperature T_{kr} .

Da bi se mogli koristiti podaci iz DIN standarda, neophodno je izvršiti korekcije mehaničkih karakteristika, iz čega proizilazi da:

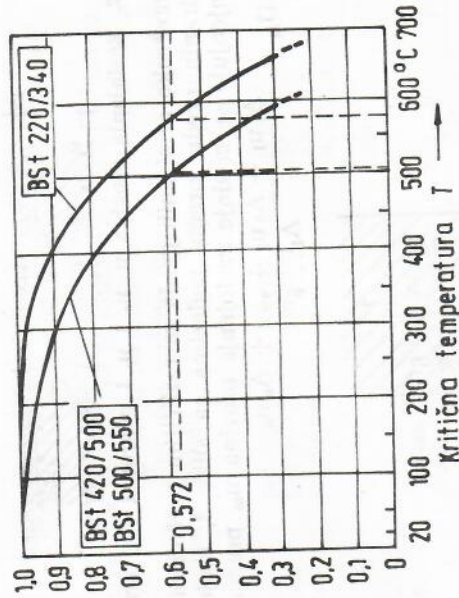
- BS 220/340 odgovara GA 240/360,
- BS 420/500 odgovara RA 400/500,
- BS 500/550 odgovara MA 500/560.

KRITIČNA TEMPERATURA ČELIKA PREMA DIN 4102

Prema DIN 4102, kritična temperatura čelika je temperatura kod koje granica velikih izduženja čelika $\beta_s(T)$ smanji na usponu $e\sigma$ koji nastaju u stanju eksploatacije. Prema tome, ako je temperatura čelika u stanju eksploatacije jednake kritičnoj temperaturi, naponi u čeliku su jednaki čvrstoći čelika, pa zato kažemo da se konstrukcija nalazi u graničnom stanju vosti.

U DIN 4102 — dio 4 polazi se od toga da su razlike između granice velikih izduženja i čvrstoće zatezanja tako male da se za obje veličine mogu uzeti jednake vrijednosti. Kod betonskih čelika dopuštene naponi dop. σ izjamo tako da granicu velikih izduženja $\beta_s(20^\circ\text{C})$ podijelimo sa koeficijentom sigurnosti $\gamma = 1,75$. Zbog toga je kritična temperatura betonskih čelika zavisna od granice velikih izduženja.

Na slici 4. data je zavisnost kritične temperature od odnosa $\beta_s(T)/\beta_s(20^\circ\text{C})$, odnosno $e\sigma/\beta_s(20^\circ\text{C})$ betonskih čelika BS 220/340, BS 420/500 i 500/550.

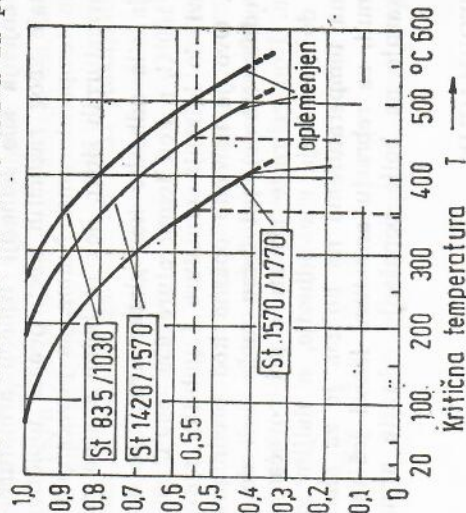


Slika 4. Kritična temperatura betonskih čelika za armiranobetonske konstrukcije

Prema tome, za $e\sigma$ i vrstu čelika BS, dobijamo iz dijagrama odgovarajuću kritičnu temperaturu. Na primjer, za GA 240/360 i dop. $\sigma = \beta_s/1,75 = 0,572 \beta_s$ iz dijagrama na slici 4 slijedi da je $T_{kr} = 570^\circ\text{C}$. Analogno tome, iz dijagrama dobijemo da je za RA 400/500, dop. $\sigma = \beta_s/1,75 = 0,572 \beta_s$, kritična temperatura $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$. Ukoliko se kod dimenzioniranja, iz razloga zaštite od požara, odabere manji napon od dopuštenog,

na primjer za GA 240/360 $e\sigma = 0,34 \beta_s$, $\sigma < \text{dop. } \sigma = 0,572 \beta_s$, dobije se $T_{kr} = 650^\circ\text{C}$, a za RA 400/500 $e\sigma = 0,44 \beta_s$, $\sigma < \text{dop. } \sigma$ dobije se $T_{kr} = 550^\circ\text{C}$.

Kod čelika za prednapregnuti beton dozvoljeni naponi se određuju u odnosu na čvrstoću zatezanja β_s , dop. $\sigma = 0,55 \beta_s$. Analogno prethodnom slučaju, može se pomoću dijagrama na slici 5 odrediti za $e\sigma \leq \text{dop. } \sigma = 0,55 \beta_s$ kritična temperatura u zavisnosti od vrste čelika za prednaprežanje.



Slika 5. Kritična temperatura čelika za prednapregnuti beton

U tabeli 2. su takođe date kritične temperature u zavisnosti od vrste betonskog čelika i čelika za prednaprežanje.

TABELA 2.

Tip	Vrsta čelika	Klasa čvrstoće	T_{kr} °C	U mm
1	Betonski čelik	2	3	4
1.	Betonski čelik	Prema DIN 1045	500	0
2.	Prednapregnuti čelik valjan u toplom stanju, istegnut	St 835/1030 St 885/1080	500	0
3.	Prednapregnuti čelik, poboljšane žice	St 1080/1230 St 1325/1470 St 1420/1570	450	+5
4.	Prednapregnuti čelik, hladno vučene žice	St 1375/1570 St 1470/1670 St 1570/1770	350	+15

Iz tabele slijedi da je kod primjene BS 420/500, BS 500/550, kao i kod primjene toplovaljanog čelika za prednaprežanje St 835/1030, St 885/1080, kritična temperatura čelika $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$. Sve tabele u DIN 4102, pomoću kojih se određuje minimalni osovinski razmak u armaturnih šipki, baziraju se na kritičnoj temperaturi $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$.

Kod primjene termički poboljšanih čelika je kritična temperatura 450°C , pa je potrebno minimalni osovinski razmak povećati za $\Delta u = 5$ mm, a kod primjene hladno vučenih žica je $T_{kr} = 350^\circ\text{C}$, a $\Delta u = 15$ mm.

Određivanje debljine zaštitnog sloja betona vrši se prema kvalitetu čelika korištenog za armaturu, odnosno na osnovu njegove kritične temperature T_{kr} .

Da bi se mogli koristiti podaci iz DIN standarda, neophodno je izvršiti poređenje mehaničkih karakteristika, iz čega proizilazi da:

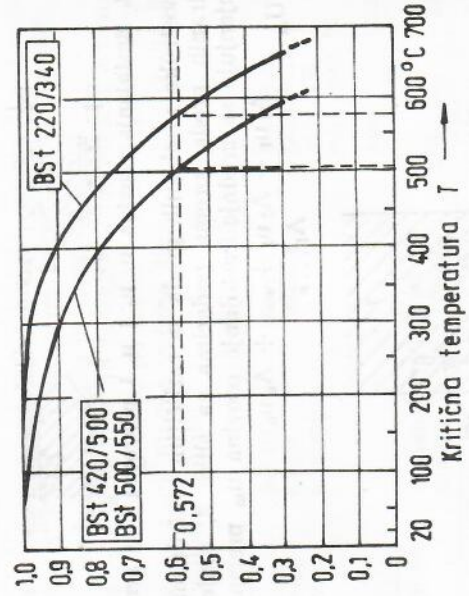
- BSt 220/340 odgovara GA 240/360,
- BSt 420/500 odgovara RA 400/500,
- BSt 500/550 odgovara MA 500/560.

4. KRITIČNA TEMPERATURA ČELIKA PREMA DIN 4102

Prema DIN 4102, kritična temperatura čelika je temperatura kod koje se granica velikih izduženja čelika $\beta_k(T)$ smanji na uspone $\epsilon\sigma$ koji nastaju u stanju eksploatacije. Prema tome, ako je temperatura čelika u stanju eksploatacije jednake kritičnoj temperaturi, naponi u čeliku su jednaki čvrstoći čelika, pa zato kažemo da se konstrukcija nalazi u graničnom stanju nosivosti.

U DIN 4102 — dio 4 polazi se od toga da su razlike između granice velikih izduženja i čvrstoće zatezanja tako male da se za obje veličine mogu uzeti jednake vrijednosti. Kod betonskih čelika dopuštene napone dop. σ dobijamo tako da granicu velikih izduženja β_s (20°C) podijelimo sa koeficijentom sigurnosti $\gamma = 1,75$. Zbog toga je kritična temperatura betonskih čelika zavisna od granice velikih izduženja.

Na slici 4. data je zavisnost kritične temperature od odnosa $\beta_s(T)/\beta_s(20^\circ\text{C})$, odnosno $\epsilon\sigma/\beta_s$ (20°C) betonskih čelika BSt 220/340, BSt 420/500 i BSt 500/550.

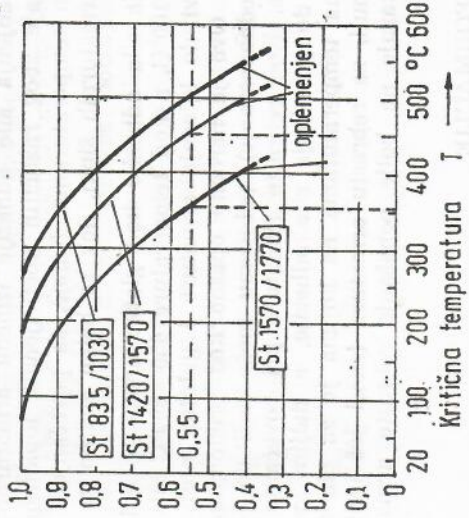


Slika 4. Kritična temperatura betonskih čelika za armiranobetonske konstrukcije

Prema tome, za $\epsilon\sigma$ i vrstu čelika BSt, dobijamo iz dijagrama odgovarajuću kritičnu temperaturu. Na primjer, za GA 240/360 i dop. $\sigma = \beta_s/1,75 = 0,572 \beta_s$ iz dijagrama na slici 4 slijedi da je $T_{kr} = 570^\circ\text{C}$. Analogno tome, iz dijagrama dobijemo da je za RA 400/500, dop. $\sigma = \beta_s/1,75 = 0,572 \beta_s$, kritične temperature $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$. Ukoliko se kod dimenzioniranja, iz razloga zaštite od požara, odabere manji napon od dopuštenog,

na primjer za GA 240/360 $\epsilon\sigma = 0,34 \beta_s < \text{dop. } \sigma = 0,572 \beta_s$, dobije se $T_{kr} = 650^\circ\text{C}$, a za RA 400/500 $\epsilon\sigma = 0,44 \beta_s < \text{dop. } \sigma$ dobije se $T_{kr} = 550^\circ\text{C}$.

Kod čelika za prednapregnuti beton dozvoljeni naponi se određuju u odnosu na čvrstoću zatezanja β_s , dop. $\sigma = 0,55 \beta_s$. Analogno prethodnom slučaju, može se pomoću dijagrama na slici 5 odrediti za $\epsilon\sigma \leq \text{dop. } \sigma = 0,55 \beta_s$ kritična temperatura u zavisnosti od vrste čelika za prednaprezanje.



Slika 5. Kritična temperatura čelika za prednapregnuti beton

U tabeli 2. su takođe date kritične temperature u zavisnosti od vrste betonskog čelika i čelika za prednaprezanje.

TABELA 2.

Tip	Vrsta čelika	Klasa čvrstoće	T_{kr} °C	U mm
1	Betonski čelik	2	3	4
2	Prednapregnuti čelik valjan u toplom stanju, istegnuto	Prema DIN 1045	500	0
		St 835/1030		
		St 885/1080	500	0
3	Prednapregnuti čelik, poboljšane žice	St 1080/1230		
		St 1325/1470		
		St 1420/1570	450	+5
4	Prednapregnuti čelik, hladno vučene žice	St 1375/1570		
		St 1470/1670		
		St 1570/1770	350	+15

Iz tabele slijedi da je kod primjene BSt 420/500, BSt 500/550, kao i kod primjene toplovaljanog čelika za prednaprezanje St 835/1030, St 885/1080, kritična temperatura čelika $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$. Sve tabele u DIN 4102, pomoću kojih se određuje minimalni osovinski razmak u armaturnih šipki, baziraju se na kritičnoj temperaturi $T_{kr} = 500^\circ\text{C}$.

Kod primjene termički poboljšanih čelika je kritična temperatura 450°C , pa je potrebno minimalni osovinski razmak povećati za $\Delta u = 5 \text{ mm}$, a kod primjene hladno vučenih žica je $T_{kr} = 350^\circ\text{C}$, a $\Delta u = 15 \text{ mm}$.

5. UTICAJ VISOKIH TEMPERATURA NA KARAKTERISTIKE BETONSKOG ČELIKA I ČELIKA ZA PREDNAPREZANJE

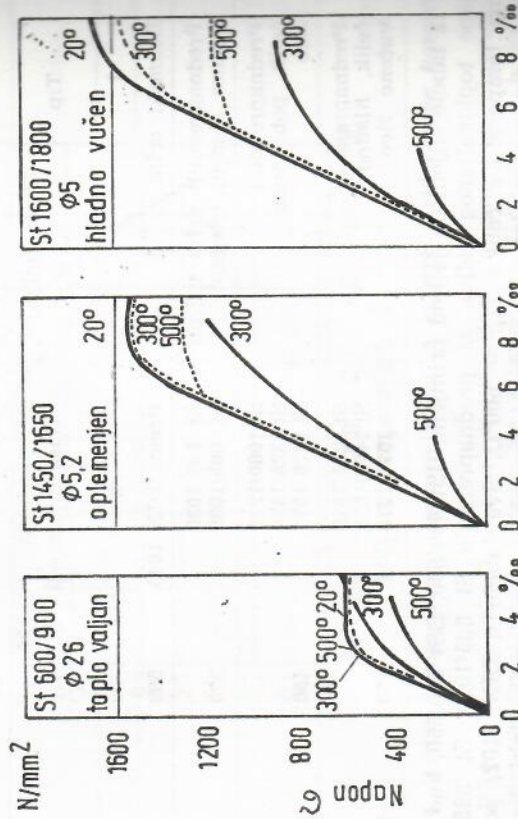
5.1. ADHEZIJA

Do gubitka nosivosti armiranobetonskog konstruktivnog elementa može doći usljed smanjenja sile adhezije između armaturne šipke i betona. Ovaj gubitak nastaje zbog različitih koeficijenata toplotnog širenja betona i čelika na visokim temperaturama. Naime, sa povećanjem temperature dolazi do istezanja armaturnih šipki, dok se beton znatno manje širi.

Do smanjenja sile adhezije kod glatke armature dolazi već na temperaturama preko 100°C, a kod temperature 450—500°C sile adhezije je jednaka nuli te dolazi do klizanja armature i gubitka nosivosti armiranobetonskih elemenata. Ovo je naročito opasno kod prednapregnutih konstrukcija (adheziono prednaprezanje), pri čemu može doći do potpunog gubitka sile prednaprezanja. Kod rebraste armature pri povećanju temperature do oko 300°C dolazi do povećanja sile adhezije, a daljim zagrijavanjem ona opada. Međutim, na temperaturama na kojima je za glatku armaturu sile adhezije jednaka nuli, za rebrastu armaturu iznosi još uvijek 70% početne vrijednosti, što ukazuje na bolje ponašanje rebraste armature na visokim temperaturama.

5.2. NAPONI I DEFORMACIJE

Na slici 6 prikazano je, punim linijama, nekoliko dijagrama $\sigma-\epsilon$, različitih vrsta čelika za prednaprezanje za slučaj temperature 20°, 300° i 500°, a crtkanim linijama dijagrami $\sigma-\epsilon$ epruveta koje su poslije držanja od 60 min, na temperaturi 300° i 500°C ohlađene ponovo na 20°C.



Deformacija ϵ

Slika 6. $\sigma-\epsilon$ dijagrami čelika za prednaprezanje nakon hlađenja

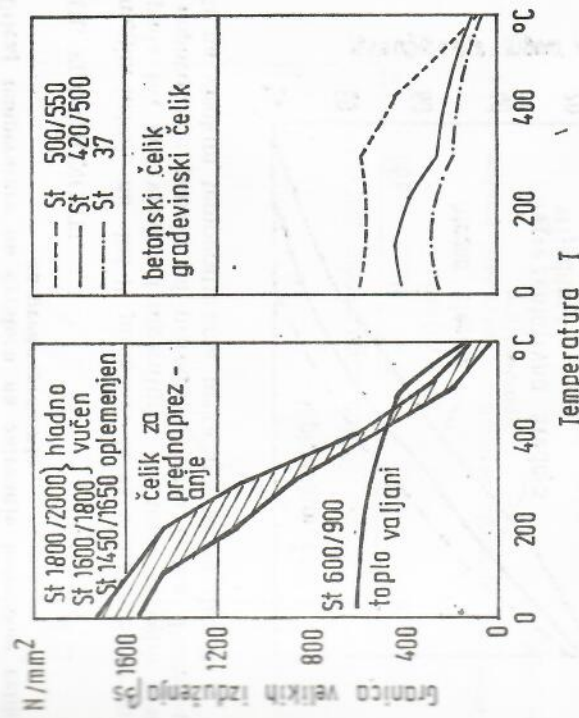
Rezultati istraživanja, prikazani dijagramima na slici 6, omogućavaju da se izvedu zaključci o ponašanju požarom oštećenih konstrukcija nakon hlađenja, s obzirom na njihovu nosivost.

Prirodno čvrst prednapregnuti i betonski čelik dostiže nakon hlađenja svoju prvobitnu čvrstoću. Takođe, termički poboljšani čelici, koji su bili zagrijani na 300°C, dostižu poslije hlađenja svoju prvobitnu čvrstoću, dok isti čelici na 500°C pokazuju trajne gubitke čvrstoće nakon hlađenja. Vučene žice, nakon jednosatnog zagrijavanja na 300°C, pokazuju poslije hlađenja trajne gubitke čvrstoće.

Ovo proizilazi iz podatka da kod termički poboljšanih čelika, i hladno vučenih žica prilikom zagrijavanja i ponovnog hlađenja, dolazi do preobličenja kristala, koji se prilikom zagrijavanja na 300°C, odnosno 500°C, ne vraćaju u prvobitno stanje. Prema izloženom, temperirani i vučeni čelici pokazuju trajne gubitke čvrstoće kad se zagriju iznad 400°C, odnosno 500°C. Ponovna primjena armiranobetonskih i prednapregnutih konstrukcija kod kojih nije došlo do loma prilikom požara zavisi od temperatura u čeliku koje su nastale za vrijeme požara.

5.3. GRANICA VELIKIH IZDUŽENJA

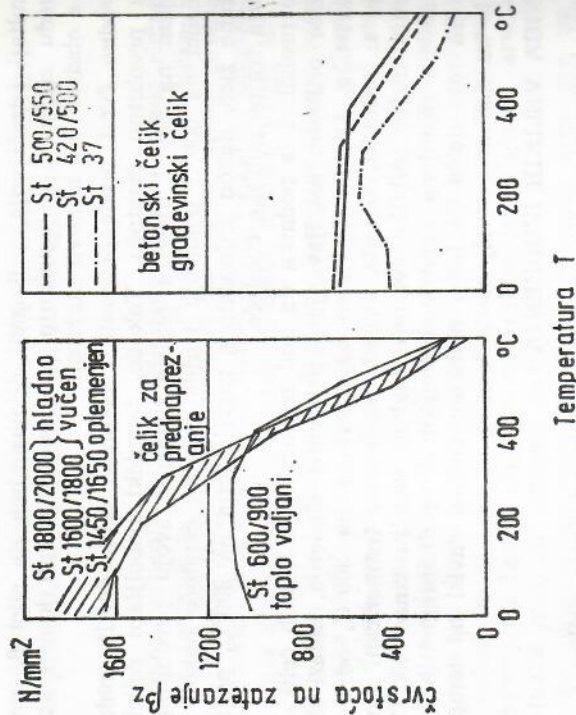
Utjecaj temperature na granicu velikih izduženja prikazan je na sli-



Slika 7. Utjecaj temperature na granicu velikih izduženja betonskog čelika i čelika za prednaprezanje

5.4. ČVRSTOĆA NA ZATEZANJE

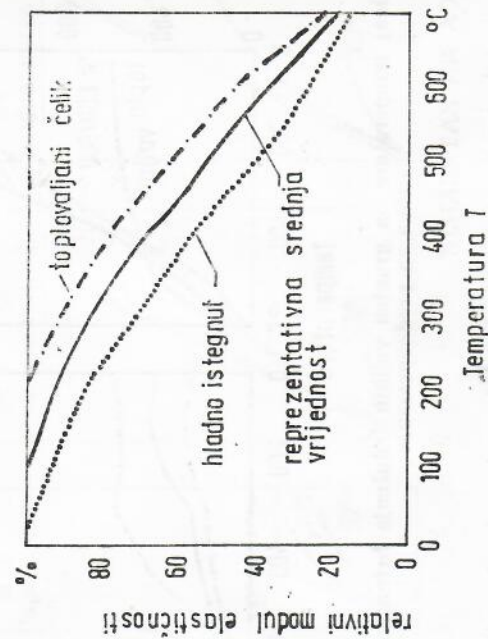
Utjecaj visokih temperatura na čvrstoću zatezanja β_z prikazan je na slici 8. Iz dijagrama je vidljivo da čvrstoća na zatezanje opada sa povećanjem temperature.



Slika 8. Uticaj temperature na čvrstoću na zatezanje betonskog čelika i čelika za prednaprezanje

5.5. MODUL ELASTIČNOSTI

Iz nagiba krivih, na slici 9, proizilazi da za ispitane čelike modul elastičnosti opada tek kod visokih temperatura. Pri tome se čelik hladno vruće valjan žica nepovoljnije ponaša od prirodno čvrstih čelika. Promjena modula elastičnosti na visokim temperaturama prikazana je na slici 9.

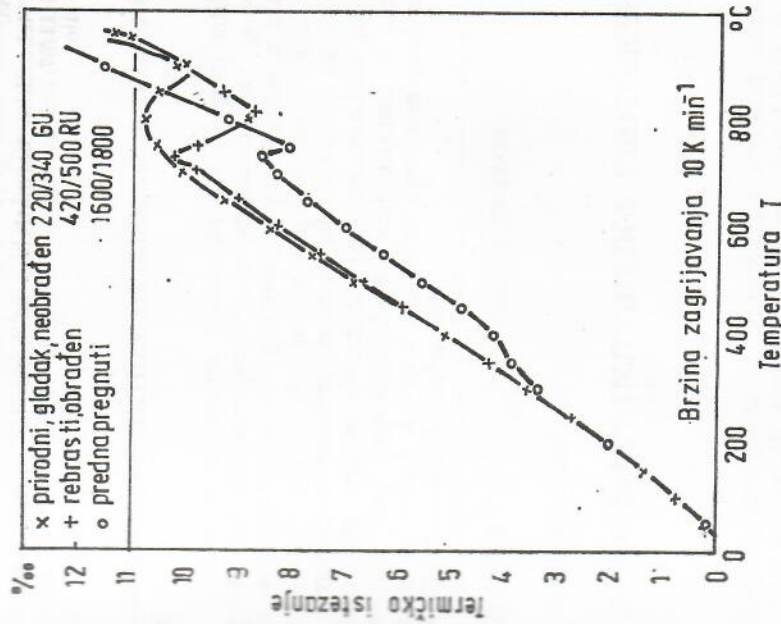


Slika 9. Učica temperature na modul elastičnosti toplo valjanog i hladno istegnutog čelika

5.6. TERMIČKO ISTEZANJE ČELIKA

Na slici 10. prikazani su dijagrami termičkog istezanja betonskog i prednapregnutog čelika u zavisnosti od temperature, pri brzini zagrijavanja od 10 K min⁻¹. U slučaju požara uzima se da, za interesantno područje, koeficijent termičkog širenja iznosi $\alpha T = 10^{-5} K^{-1}$. Ova vrijednost se koristi za građevinske čelike.

Kod visokih temperatura prema dijagramima na slici 10, razlike između betonskih i prednapregnutih čelika su neznatne za ponašanje građevinskih elemenata pri požaru.



Slika 10. Termičko istezanje betonskog i prednapregnutog čelika u zavisnosti od temperature

6. ZAKLJUČAK

Iz prethodno izloženog slijedi da armaturni čelici i čelici za prednaprezanje, pri visokim temperaturama, bitno mijenjaju svoje karakteristike. Prema tome, ako se analizira konstrukcija koja je bila izložena požaru i nije došlo do njene potpune havarije, potrebno je utvrditi kolikim je temperaturama bila izložena armatura da bi se mogao donijeti zaključak o mogućnosti eksploatacije objekta.

Jasna Beganović, dipl. inž. građ.
 Institut zaštite od požara i eksplozije — Sarajevo

- [1] K. Kordina, Meyer-Ottens, Beton Brandschutz Handbuch, Beton-Verlag, Düsseldorf, 1981.
- [2] B. Barthelemy, J. Kruppa, Resistance au feu des structures, Beton-acier-bois, Editions Eyrolles, Paris, 1978.
- [3] M. Ja. Rojtman, Protivpožarnoe normirovanie v stroiteljstve, Strojizdat, Moskva, 1985.
- [4] M. Ja. Rojtman, E. P. Komissarov, V. A. Pčelinjcev, Požarnaja profilaktika v stroiteljstve, Strojizdat, Moskva, 1978.
- [5] N. A. Iljin, Tehničeskaja ekspertiza zdanij povriježdenih požarom, Strojizdat, Moskva, 1983.
- [6] Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton, »Službeni list SFRJ«, broj 11/87.
- [7] DIN 4102, 4 dio.

ANALIZA I OCJENA RIZIKA OPASNOSTI OD EKSPLOZIJA

Rad se u sistemu protieksplozivne zaštite još ne uvažava deterministički pristup, a nije razrađen standard »ciljne sigurnosti« za pogone i instalacije u eksploataciji, još uvijek je prisutno pitanje — da li neki pogon sa opasnom tehnologijom udovoljava sigurnosnim zahtjevima. Ipak se danas, na osnovu postojećih standarda vezanih za konstrukcije i instalacije, mogu izvesti odgovarajući osnovni parametri koje bi trebalo standardizovati. Ovi zahtjevi su primijenjeni u analizi rizika na konkretnom primjeru, gdje se istražuje »ukupni nivo« protieksplozivne zaštite u industrijskim pogonima na teritoriji SR Slovenije.

AN ANALYSIS AND ESTIMATION OF RISK OF EXPLOSION PROTECTION

Since in the system of explosion protection the deterministic approach is not yet accepted, and the standard for a »targeted« safety for plants and installations is not developed, the question as to whether a plant containing hazardous technology fulfills the safety requirement is still open. At the present, the corresponding basic parameters which should be standardized can be inferred from the existing standards for constructions and installations. These requirements have been applied to a risk analysis of some real examples on the basis of which a »total level« of explosion protection in industrial plants in SR Slovenia is estimated.

UDK 614.83:368.025.6

Primljeno: 1988-12-20

Pregledni rad

MIRO DRAKSLER, dipl. inž. el.

ANALIZA IN OCENJEVANJE RIZIKA PROTIEKSPLOZIJSKE ZAŠTITE

UVOD

V proizvodnji, transportu in skladiščenju gorljivih kemikalij in naftnih derivatov in tehnoloških procesih, kjer se uporabljajo topila in druge vnetljive tekočine je neizogibno uhajanje plinov in par, ki skupaj z atmosferskim kisikom tvorijo eksplozivno zmes (eksplozivna atmosfera). Do nastanka eksplozivne atmosfere pride tudi na delovnih pridobivanja premoga in tekoju nekaterih drugih rudnin kakor tudi pri proizvodnji in transportu gorljivih substanc (gorljiv prah pomešan z atmosferskim kisikom tudi tvori eksplozivno atmosfero).

Naključni vžig takšne eksplozivne atmosfere na primer z električno iskro ali prevročo površino lahko povzroči eksplozijo, ki bi ogrozila življenje in lastnino. Da bi se izognili temu tveganju so mnoge dežele razvile posebno zaščito t. i. protieksplozivna zaščita.

Pri izvajanju zaščitnih ukrepov pred eksplozijo pa so ukrepi orientirani v dveh smereh:

PRIMARNI ZAŠČITNI UKREPI SEKUNDARNI ZAŠČITNI UKREPI

Pri tem se pod primarne ukrepe štejejo predvsem aktivnosti vezane na preprečevanje nastajanja eksplozivne atmosfere, medtem ko se med sekundarne zaščitne ukrepe štejejo aktivnosti vezane na preprečevanje vzniga eksplozivne atmosfere.

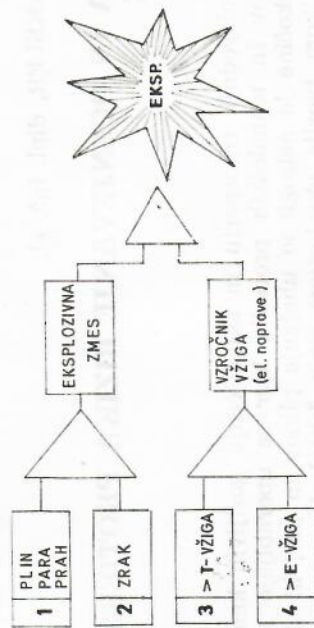
Protieksplzijsko zaščito v industrijskih obratih predstavlja sistem organizacijskih in tehničnih ukrepov, ki se opredelijo že v fazi izdelave tehnološko-tehnoške in gradbene dokumentacije in uporabljajo, kontrolirajo in avlijavajo v eksploataciji pogona z namenom, da bi preprečili eksplozijo.

VEGANJE V SISTEM PROTEKSPLOZIJSKE ZAŠČITE V INDUSTRIJSKIH ORAH Z VIRI EKSPLOZIJSKE NEVARNOSTI

Analiza problemov zaščite pred eksplozijo eksplozivne atmosfere v industrijskih obratih z viri nevarnosti nas pripelje do učinkovitosti teh ukrepov in do spoznanja da absolutne zaščite pred eksplozijo ni — in da kljub znanju poznanih in uporabljenih zaščitnih ukrepov vedno obstaja neko tveganje da do eksplozije le lahko pride.

Kvantitativna ocena za napoved eksplozije v obravnavanem principu je iz statistične ocene — verjetnosti.

V sistem protieksplzijske zaščite je analiza napak in napoved možnega napak pomembna orientacija pri načrtovanju in izvajanju zaščitnih ukrepov pred eksplozijo. Pri analizi napak — okvar določimo katere okvare nastane v določenem sistemu lahko nastaja in kakšne so posledice in jih klasificiramo po verjetnosti-napoved.



OSNOVNE KOMPONENTE		EKSPLOZIJE	
KOMPONENTE	OPOMBA	EKSPLOZIJA	
1	2	3	4
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	0

Slika 1.

Verjetnostni kriterij v sistemu protieksplzijske zaščite vezane na izvajanje sekundarnih zaščitnih ukrepov (električne naprave in instalacije v eksplozijsko nevarnih prostorih).

Pri uporabi električnih naprav in instalacij v eksplozijsko ogroženih prostorih naj bi bilo tveganje, da bi zaradi električne naprave oziroma instalacije prišlo do vzniga eksplozivne atmosfere manjše od

$$P_{exp} \approx P_{zmes} \times P_{el} < R \leq 10^{-8}$$

Do eksplozije eksplozivne atmosfere lahko pride v primeru, da je istovrstna eksplozivna zmes in vzročnika vzniga. Te medsebojne odvisnosti se lahko prikažejo v naslednjih verjetnostnih kriterijih.

EKSPLOZIVNA ZMES

Gorljiva zmes + zrak
Verjetnost da bo v opazovanem trenutku eksplozivna atmosfera v obravnavanem prostoru (P_{zmes})

CONA	(P_{zmes})
0	10^0
1	10^{-2}
2	10^{-4}
11	10^{-2}
12	10^{-4}
E0	10^0
E1	10^{-2}
E2	10^{-4}

VZROČNIK VŽIGA

Energija + temperatura
Vzročnik, ki so električnega porekla:
— električna iskra
— električni oblok
— joulska toplota

tok napake
električni naboj
nap. preboj
preobremenitev

VERJETNOST DA INICIRA VŽIG (P_{el})
ELEKTRIČNA NAPRAVA NORMALNE IND. IZVEDBE

— grelne naprave, stikala $\leq 10^0$
— naprave, ki v normalnem pogonu ne iskrijo $\leq 10^{-2}$
— naprave, ki v normalnem pogonu ne iskrijo in se ne segrevajo $10^{-3}-10^{-4}$

EX NAPRAVE

Exia $< 10^{-8}$
Exd, Exq, Exe, Exp 10^{-6}
Exo, Exib, Exm 10^{-6}
N-naprave 10^{-4}

Na podrobnejši analizi verjetnostnih kriterijev eksplozije povzročene z električno napravo-instalacijo lahko v sistemu protieksplzijske zaščite opredelimo dopustne verjetnosti posameznih vzrokov v kombinaciji, kot jo kaže spodnja tabela

Vrednost »P« (mejna)	NEVAREN PROSTOR		VAREN PROSTOR
	1	2	
Pojav eksplozivne atmosfere	10^0	10^{-4}	10^{-8}
Pogosto dolgotrajno več kot 100 ur/leto	Občasno kratkotrajno predvideno v tehnol. procesu do 100 ur/leto	Redko in kratkotrajno v primeru okvare, napake teh. procesa do lute/leto	Praktično nikoli v 100 letih le 1 uro