

ZAŠTITA OPREME OD KOROZIJE U SISTEMU ZA PASTERIZACIJU MLEKA

THE CORROSION PROTECTION OF THE FACILITIES IN THE SYSTEM FOR MILK PASTEURIZATION

ČASLAV LAČNJEVAC,
Poljoprivredni fakultet, Zemun,
MIOMIR PAVLOVIĆ,

IHTM – Centar za elektrohemiju, Beograd,
NEDELJKO KRSTAJIĆ, TMF, Beograd,
MIROLJUB KRSTIĆ, JKP „BVK“, Beograd,
VLADA JOVIĆ,

Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd

U toku postupka pasterizacije mleka i mlečnih proizvoda održava se temperatura tehnološkog procesa na konstantnoj temperaturi. Regulacija temperature se vrši pomoću tehnološke vode koja dolazi iz bazena, rashlađena do temperature od 5°C. Zagrejana voda iz procesa pasterizacije se vraća cevima u bazen gde se pomoću tečnog amonijaka hladi do radne temperature. U bazenima za hlađenje tehnološke vode nalazi se snop cevi od običnog čelika, kroz koje prolazi tečni amonijak, koje vremenom počinju da korodiraju. Cevi se od korozije mogu zaštititi na dva načina: primenom određenih inhibitora korozije i katodnom zaštitom. Koji će od ova dva načina da bude primenjen, zavisi od više faktora. Za nove cevi je jeftinija zaštita od korozije primenom inhibitora. Za cevi koje su već u upotrebi, ili kod kojih je počela korozija, katodna zaštita je efikasniji postupak dalje zaštite od korozije.

In the course of the pasteurization treatment of milk and dairy products the temperature of the technological process is kept at a constant value. The temperature control is carried out by means of technological water that comes from the pools cooled to the temperature of 5°C. The water heated in the process of pasteurization is sent back through steel pipes to the pool where it is cooled to the working temperature. The pools for water cooling are fitted with a bundle of pipes made of plain carbon steel that start to corrode over time. The protection of pipes against corrosion is possible in two ways: by use of inhibitors and by cathodic protection. The application of either method depends on a number of factors. It is cheaper to protect new pipes from corrosion using inhibitors, whereas the pipes already attacked by corrosion are more efficiently protected against further corrosion by applying the cathodic protection.

Ključne reči: pasterizacija mleka; cevi za hlađenje; korozija; inhibitori; katodna zaštita

Key words: milk pasteurization; cooling pipes; corrosion; inhibitors; cathodic protection

Uvod

Korozija podzemnih metalnih i armirano-betonskih konstrukcija je složen proces koji ima elektrohemiju prirodu. U kontaktu sa zemljištem koje sadrži određenu količinu vlage, mineralnih materija i kiseonika, i na taj način može da se ponaša kao jonski električni provodnik (igra ulogu elektrolita u elektrohemijским reakcijama), navedeni objekti na pojedinim mestima počinju da se rastvaraju, tj. korodiraju. Brzina korozije od koje zavise dužina eksploatacije i radni vek podzemnih metalnih i armirano-betonskih konstrukcija, zavisi od velikog broja faktora: postupka izrade podzemnih konstrukcija, korišćenog materijala, načina ukopavanja, hemijskih osobina zemljišta, spoljne temperature, prisustva drugih objekata i metalnih konstrukcija u neposrednoj blizini itd.

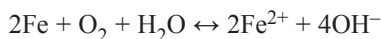
Korozija podzemnih metalnih i armirano-betonskih konstrukcija može biti ubrzana pod dejstvom lutajućih struja. Lutajuće struje su parazitne komponente jednosmernog potencijala emitovane sa električnih vodova položenih u zemlju. Glavni generatori lutajućih struja su tramvajski i metro koloseci, kao i koloseci elektrificirane železničke pruge. Ove struje napadaju podzemne metalne objekte i ubrzavaju njihovo propadanje ukoliko nisu adekvatno zaštićeni.

Većina konstrukcija pre ukopavanja u tlo ili spuštanja u vodu podvrgava se određenoj vrsti pasivne zaštite. To su razne vrste premaza (epoksidni, bitumenski itd.), izolacione obloge i odgovarajuće prevlake. Međutim, za duži vek eksploatacije ovako zaštićenih i ukopanih konstrukcija, potrebno je izvršiti i dodatnu korozionu zaštitu [1–21].

2. Korozija čeličnih konstrukcija

Mnogi metalni objekti, kao naftovodi, vodovodi, gasovodi, električni kablovi, metalna užad, rezervoari i sve ostale metalne konstrukcije u dodiru sa tлом ili vodom (vlagom), podležu koroziji. Posebno jakom korozivnom razaranju podležu one konstrukcije koje se nalaze u zoni dejstva lutajućih struja.

Zemlja, koja sadrži različite hemijske reagense, vlagu i kiseonik, ponaša se kao korozivni elektrolit prema metalnim konstrukcijama koje podležu elektrohemijскоj koroziji. U kontaktu sa zemljištem ili vodom, metalna konstrukcija se rastvara prema reakcionoj šemi:



Prikazana reakciona šema predstavlja ukupnu reakciju korozije u kojoj metal (Fe) prelazi u rastvorene produkte korozije (Fe^{2+}), što ima za posledicu oštećenje metalne konstrukcije.

Brzinu i karakter produkata korozije metala u tlu određuju: struktura i granulometrijski sastav tla, vlažnost zemljišta, pH vrednost tla, električna provodljivost tla, koncentracija minerala u tlu itd. Svaka od ovih navedenih pojedinačnih karakteristi-

ka ima svoj udeo u brzini i karakteru korozije metala u tlu, koji se usložnjava ako se u razmatranje uzmu uticaji zajedničkog delovanja više činilaca.

U raznim vrstama zemljišta, kao i u vodama, brzina korozije raznih vrsta čelika, a takođe i raznih vrsta livenog gvožđa, jako se razlikuju jedna od druge. Prema podacima nekih autora prosečna brzina korozije gvožđa i niskolegiranih čelika iznosi od 0,2 do 0,4 mm godišnje u nizu raznih zemljišta, dok se u vodama ona kreće od 0,35 do 0,74 mm godišnje [1–2, 11, 16, 21]. Ovi podaci se odnose na nezaštićene predmete ili cevi u odsustvu lutajućih struja i diferencijalne aeracije.

Ukoliko se podzemni objekti nalaze u oblasti dejstva lutajućih struja, onda je brzina korozije veoma velika. Izračunato je da pri jačini struje od 1 A može godišnje da se odnese do 6 kg materijala. Ako se uzme da je na pojedinim podzemnim objektima registrovana jačina lutajućih struja i do nekoliko desetina ampera, onda će i brzina korozije, tj. brzina odnošenja materijala, biti neuporedivo veća.

3. Postupci zaštite metalnih objekata od korozije

Radi stvaranja izolacione barijere u cilju zaštite metalnih konstrukcija od korozije, koriste se sledeći vidovi zaštite:

a) za objekte ukopane u zemlju:

- preliminarna zaštita,
- pasivna zaštita, ili
- aktivna zaštita.

b) za objekte položene u vodu:

- inhibitoriska zaštita ili
- aktivna zaštita.

3.1. Zaštita objekata položenih u vodu

U postrojenja za pasterizaciju mleka i mlečnih proizvoda dovodi se voda, temperature oko 5°C, kojom se reguliše i održava temperatura u toku tehnološkog procesa. Zagrejana voda se iz postrojenja pasterizacije vraća čeličnim cevima u bazen, gde se ona hladi do radne temperature. Jedan takav sistem za hlađenje tehnološke vode sastoji se od dvanaest bazena koji su međusobno povezani. Voda ide iz jednog bazena u drugi i iz poslednjeg bazena, gde postiže traženu temperaturu, odvodi se čeličnim cevima u proces proizvodnje. Bazeni su izrađeni od armiranog betona i sa unutrašnje strane su obloženi čeličnim limom debljine 8 mm. U svakom bazenu se nalazi snop čeličnih cevi, raznih prečnika, kroz koje prolazi tečni amonijak, koji služi za hlađenje vode. Obloga bazena i čelične cevi su napravljene od običnog čelika Č1212. Ukupna površina čeličnih cevi iznosi 2885 m². Izgled jednog snopa cevi prikazan je na slici 1.

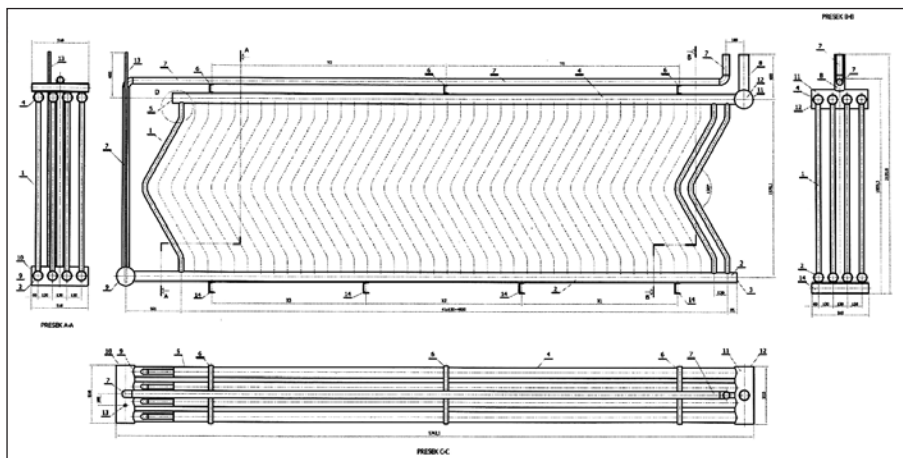
Tehnološka voda, kojom se vrši hlađenje opreme i uređaja u procesu pasterizacije mleka i mlečnih proizvoda, ima sledeće karakteristike:

pH	8,10 – 8,31
Cl ⁻	47,2 – 48,5 mg/l
SO ₄ ²⁻	91,2 – 93,3 mg/l

Pošto su obloga bazena i sistem cevi izrađeni od običnog čelika, a sastav vode ima određenu agresivnost, to je potrebno izvršiti određenu zaštitu i cevi i obloge bazena, kako bi one bile duže u funkciji. Moguća su dva načina zaštite:

– kada je postrojenje novo, moguće je izvršiti zaštitu primenom odgovarajućih inhibitora, čiju koncentraciju s vremena na vreme treba kontrolisati i eventualno korigovati;

– na postrojenjima koja su već u upotrebi, a posebno onih na kojima se već pojavila korozija, zaštitu je moguće izvršiti primenom postupka katodne zaštite.



Slika 1. Izgled jednog segmenta cevi za hlađenje

3.1.1. Inhibitorska zaštita

Pod inhibitorima se podrazumevaju supstance koje po uvođenju u korozivnu sredinu, obično u malim količinama, mogu u velikoj meri da smanje brzinu elektrohemijske korozije metala i legura [1–4].

Inhibitori se danas primenjuju za zaštitu metala pri nagrizanju, proizvodnji i preradi nafte, u razmenjivačima toplote, energetskim objektima, konzervisanju mašina, raketnoj tehnici, mašinogradnji i drugim industrijskim granama.

Po svojoj prirodi inhibitori korozije su hemijska jedinjenja koja se adsorbuju na površini metala pomoću raznih sila. Inhibitori korozije se prema svome hemijskom sastavu dele na neorganske i organske inhibitore. Prema mehanizmu svoga dejstva na elektrohemijski proces korozije inhibitori korozije se dele na anodne, katodne i mešane. Svojom adsorpcijom inhibitori korozije usporavaju anodni ili katodni proces elektrohemijske korozije metala ili jednovremeno usporavaju anodni i katodni proces korozije [9, 17, 19].

a) Anodni inhibitori

Anodni inhibitori korozije su u prvom redu oksidaciona sredstva (nitrati, nitriti), neorganski joni tipa MeO_4^{n-1} (hromat, permanganat, molibdat, fosfat i drugi), viševalentni katjoni metala (kupri, feri i ceri joni), a u izvesnim slučajevima vodonik-peroksid, kiseonik i druga jedinjenja. Izvesni organski inhibitori korozije se adsorbuju na površini anodnih delova metala i usporavaju odigravanje anodne reakcije korozivnog procesa [1, 9].

U prisustvu anodnih inhibitora koji usporavaju samo anodni proces korozije, brzina korozije metala se smanjuje zbog smanjenja brzine prelaza jona metala u ra-

stvor, ili smanjenja površine anodnih delova metala zbog obrazovanja nerastvornih zaštitnih opni na njima. U prisustvu anodnih inhibitora menja se nagib anodne polarizacione krive metala, odnosno povećava se anodna polarizacija metala.

Mehanizam dejstva anodnih inhibitora korozije objašnjava se na više načina: usporavanjem anodnog procesa pri koroziji, uticajem ravnotežnog potencijala oksidacionog sredstva (inhibitora) na brzinu korozije metala, uticajem kinetike katodne reakcije pri koroziji metala i uticajem gustine struje izmene na brzinu korozije metala.

Prvi neophodan uslov za smanjenje brzine korozije metala uvođenjem inhibitora u rastvor je da ravnotežni potencijal oksidacionih sredstava bude pozitivniji od potencijala potpunog pasiviranja metala, ali negativniji od potencijala metala na početku pojave njegovog transpasivnog stanja. Pri povećanju koncentracije inhibitora njegov potencijal postaje pozitivniji i raste verovatnoća prelaska metala iz aktivnog u pasivno stanje.

Sastav korozione sredine takođe utiče na efikasnost zaštitnog dejstva anodnog inhibitora. Sa povećanjem agresivnosti sredine povećava se gustina struje pasiviranja; u tim uslovima koncentracija anodnog inhibitora, neophodna za pasiviranje metala, znatno je veća, a u izvesnim slučajevima nije moguće prevesti metal u pasivno stanje.

Anodni inhibitori se mogu primeniti samo za zaštitu metala koji se mogu pasivirati.

b) Katodni inhibitori

Smanjenje brzine korozije metala primenom katodnih inhibitora zasniva se na jednom od dva načina: 1. usporenjem katodne reakcije korozionog procesa; 2. smanjenjem površine katodnih delova metala [1, 9].

Usporenje katodne reakcije korozivnog procesa ostvaruje se povećanjem prenapetosti pri redukciji agensa korozije. U prisustvu katodnog inhibitora koji povećava prenapetost pri redukciji agensa korozije, potencijal metala postaje negativniji kao kod katodne zaštite metala. Pri koroziji metala sa izdvajanjem vodonika usporenje katodnog procesa se ostvaruje dodavanjem u rastvor nekih soli teških metala, kao što su AsCl_3 i $\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$; katjoni ovih soli se redukuju na mikrokatodama i po svome izdvajanju povećavaju prenapetost izdvajanja vodonika.

Smanjenje površine katodnih delova metala u cilju smanjenja brzine korozije metala ostvaruje se takvim katodnim inhibitorima koji na mikrokatodama obrazuju nerastvorna jedinjenja u obliku izolacione zaštitne prevlake. Kalcijum-hidrogenkarbonat u tvrdim vodama reaguje sa hidroksidom, katodnim produktima korozije metala, uz obrazovanje zaštitne opne od teško rastvornog kalcijum-karbonata. Pored kalcijum-hidrogenkarbonata, ovoj grupi katodnih inhibitora pripadaju cink-sulfat, natrijum-polifosfat i drugi.

e) Mešani inhibitori

Mešani inhibitori korozije metala u većoj ili manjoj meri utiču na katodnu i anodnu reakciju korozionog procesa metala [1, 9, 17, 19].

Mnogi organski inhibitori deluju kao mešani inhibitori. Takav inhibitor je benzotriazol koji se koristi za zaštitu gvožđa, bakra, olova, cinka od korozije u kiselinama; benzotriazol je efikasan inhibitor za zaštitu bakra i njegovih legura od atmosferske korozije.

Broj inhibitora korozije čelika u neutralnim rastvorima, uključujući i vodu u neutralne rastvore, veliki je pošto je i mogućnost pojave korozije čelika u njima velika.

Većina inhibitora korozije koji su u upotrebi je toksična; naročito opasni mogu biti organski inhibitori korozije, ali među njima ima i inhibitora koji su za čoveka bezopasni. Benzoeva kiselina i njene soli alkalnih metala, urotropin i neki drugi inhibitori nisu opasni po zdravlje čoveka. Neki inhibitori poseduju ne samo otrovna dejstva prema organizmu čoveka, već su i kancerozni, kao što je slušaj sa dicikloheksilamonijumnitritom.

Ipak, toksičnost inhibitora korozije nije veća od toksičnosti drugih hemijskih jedinjenja koja se primenjuju u industriji, ali to ne znači da se po svaku cenu moraju upotrebljavati ako su štetni.

Inhibitori korozije metala, ovakvi kakvi su, našli su primenu i bez njih se savremena, uspešna i ekonomična zaštita od korozije ne može voditi.

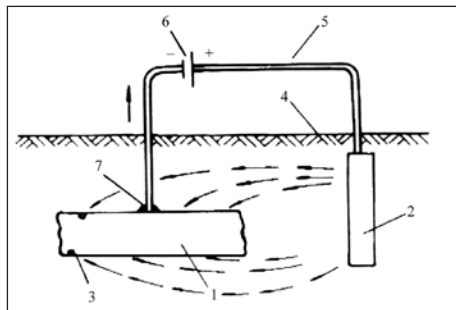
U sistemu za hlađenje tehnološke vode kao inhibitori korozije mogu se koristiti bilo koji od navedenih inhibitora: anodni, katodni ili mešani. U praksi su najveću primenu našli sledeći inhibitori: kalijumhromat, natrijumtripolifosfat, natrijumphosfat, natrijumnitrat i cinkhromat. Karakteristika svih navedenih inhibitora je da su jeftini i efikasni [1, 5, 10–15]. Jedna od mana upotrebe inhibitora za sprečavanje korozije u otvorenim sistemima, kakav je slučaj u sistemu hlađenja pri pasterizaciji mleka, jeste njihova promena koncentracije usled isparavanja vode. Na taj način oni se moraju često kontrolisati i dodavati, tako da im je potrošnja povećana.

3.1.2. Aktivna zaštita

Aktivna elektrohemijaska zaštita zasniva se na polarizaciji, anodnoj ili katodnoj, koja se ostvaruje vezivanjem metala za određen pol izvora struje, ili za metal čiji je elektrodni potencijal negativniji od ravnotežnog potencijala metala koji se zaštićuje. U zavisnosti od načina polarizacije, aktivna zaštita metala može da bude katodna ili anodna. U praksi je najveću primenu našla elektrohemijaska katodna zaštita, koja se deli na: katodnu zaštitu spoljašnjom strujom (katodna zaštita) i katodnu zaštitu unutrašnjom strujom (protektorna zaštita).

Za zaštitu snopa cevi i obloge bazena, koji se nalaze u procesu pasterizacije mleka, moguće je primeniti postupak katodne zaštite. Ukoliko se na ovim delovima nalazi početna korozija, nju nije potrebno uklanjati, a efikasnost primenjenog sistema zaštite biće obezbeđena. Principna shema katodne zaštite spoljnom strujom data je na sl. 2 [2, 3, 6–9, 16, 18, 21].

Kao što se vidi ina shemi 2, pozitivan pol izvora jednosmerne struje spojen je pomoću električnog provodnika sa specijalnim uzemljenjem (anodom) koje se nalazi u blizini metalne podzemne konstrukcije (metalna cev ili sl.). Negativan pol izvora jednosmerne struje spojen je pomoću električnog provodnika sa samom metal-



Slika 2. Shematski prikaz katodne zaštite spoljnom strujom (strelicama je prikazan put jednosmerne struje)

nom konstrukcijom koja se štiti. Na taj način jednosmerna struja teče kroz električno kolo: pozitivan pol izvora struje – električni provodnik – uzemljenje – vlažno zemljište između uzemljenja i metalne konstrukcije koja se štiti – metalna konstrukcija – električni provodnik – negativan pol izvora struje. U ovakvom električnom kolu na površinu podzemne metalne konstrukcije sa svih strana pritiče jednosmerna struja iz izvora struje, pa se konstrukcija polarizuje katodno i na taj način je zaštićena od korozije.

Da bi se primenila katodna zaštita za zaštitu snopova cevi i metalne obloge bazena od korozije, potrebno je izvršiti proračun snage izvora jednosmerne struje kojom se ovi metalni delovi katodno polarizuju. Osnovni parametri potrebni za ovaj proračun dobijaju se merenjem na terenu, izračunavanjem po poznatim formulama i korišćenjem osnovnih parametara iz velikog broja monografija [2–3, 16, 21].

Osnovni podaci, struja i potencijal zaštite, mogu se dobiti merenjem na terenu pomoću probne stanice katodne zaštite i pomoćnih anoda. U slučaju postrojenja za hlađenje tehničke vode izvršena su sledeća merenja:

– merenja u tri bazena (6150 mm x 7600 mm x 2000 mm) sa jednom stanicom katodne zaštite i šest pomoćnih anoda;

– merenja u šest bazena, polovina postojećeg postrojenja za hlađenje, sa jednom stanicom katodne zaštite i dvanaest anoda.

Merenja su izvršena na taj način što su u svaki bazen stavljene po dve anode od pocinkovanog lima, dimenzija 3 mm x 1200 mm x 800 mm, i one su spojene sa pozitivnim polom stanice katodne zaštite. Snop cevi u bazenima i čelična obloga bazena bili su spojeni sa negativnim polom stanice katodne zaštite.

Prva merenja izvršena u tri bazena pokazala su da se zaštitni potencijal $-1,0$ V prema referentnoj elektrodi Cu/CuSO_4 u svim ispitivanim tačkama bazena ostvaruje pri naponu od 5 V i jačini struje od 6,5 A. U drugom slučaju, kada su vršena ispitivanja u šest bazena, zaštitni potencijal u svim ispitivanim tačkama bazena od $-1,0$ V ostvaren je pri zaštitnom naponu od 10,50 V i jačini struje od 11 A.

Ova probna ispitivanja su potvrdila da se sistem čeličnih površina u bazenima za hlađenje tehnološke vode može štiti postupkom katodne zaštite. Na osnovu ovih merenja i poznatih parametara, izvršen je proračun zaštite čeličnih površina u postrojenju za hlađenje tehnološke vode. Ovim proračunom dobijeno je da se čitavo postrojenje može štiti sa dve stanice katodne zaštite jačina 20V/20 A. Kao glavne anode predviđen je čelični lim od 4 mm presvučen prevlakom Ni debljine 100–200 μm . Upotreba poniklovanih čeličnih anoda je povoljna zbog dužeg veka trajanja.

Kako je razmak između cevi u bazenima veoma mali, 200 mm, postoji mogućnost „ekranizacije“ i smanjenja efekta zaštite cevi u sredini bazena. Iz tih razloga je potrebno primeniti po šest anoda za svaki bazen: po dve anode staviti sa strane svakog bazena, a dve anode u sredinu bazena. Na taj način se postiže potpuni pravilan raspored strujnica za zaštitu čeličnih površina. Prilikom postavljanja anoda u sredinu bazena treba voditi računa da ne dođe do kontakta između anoda i cevi. Iz tih razloga po ivicama čeličnih anoda treba staviti plastične odbojnice koji će sprečiti kontakt anoda i cevi.

Vežu između stanice katodne zaštite, čeličnih površina i anoda treba ostvariti provodnicima PPOO $1 \text{ mm}^2 \times 16 \text{ mm}^2$. Povezivanje stanice katodne zaštite i izvora naizmenične struje ostvaruje se provodnikom PPOO $3 \text{ mm}^2 \times 3 \text{ mm}^2$.

Radi provere efikasnosti sistema katodne zaštite, na određenim mestima u bazenima postavljaju se kontrolno-merna mesta sa mernim instrumentima pomoću kojih se prate relevantni parametri katodne zaštite čeličnih površina.

4. Zaključak

U toku procesa pasterizacije mleka i mlečnih proizvoda, potrebno je temperaturu sistema održavati konstantnom. To se postiže putem hlađenja. Za hlađenje se koristi tehnološka voda koja se nalazi na temperaturi od 5°C. Zagrejana voda iz procesa pasterizacije snopom čeličnih cevi se odvodi u bazen gde se ponovo hladi do potrebne temperature. Kako je voda u kojoj se nalaze čelične cevi delimično agresivna, to je potrebno izvršiti zaštitu od korozije ovih cevi kao i čelične obloge bazena. Zaštita od korozije se može izvršiti ili određenim inhibitorima, ili katodnom zaštitom. Primena inhibitora je poželjna kada su postrojenja za hlađenje nova. Ukoliko su postrojenja za hlađenje dugo u upotrebi, ili se na njima već pojavila korozija, primena inhibitora nema efekta. U tom slučaju se primenjuje katodna zaštita, čije su efikasnost i dugotrajnost daleko veće nego inhibitora.

Prikazano razmatranje zaštite postrojenja za hlađenje vode putem katodne zaštite pokazalo je da se postrojenje za hlađenje vode u procesu pasterizacije mleka može štiti od korozije katodnom zaštitom. Uslovi pod kojima je ovaj sistem zaštite moguće primeniti nisu komplikovani, a montaža ovakvog sistema je jednostavna i vremenski veoma brza. Montirani sistem katodne zaštite zahteva minimalne uslove održavanja.

5. Literatura

- [1] **Alcibeeva, A., S. Z. Levin**, *Ingibitori korrozii metallov*, „Himija“, Leningradsko otdelenie, 1968.
- [2] **Antonijević, M., M. Pavlović, Č. Lačnjevac, S. Mladenović**, *Korozija i zaštita čelika*, SITZAMS, Beograd, 1998.
- [3] **Bekman, P., V. Shven**, *Katodnaya zashchita metallov*, „Metallurgiya“, Moskva, 1984.
- [4] **Bregman, Dz.**, *Ingibitori korrozii*, „Himii“, Moskva, 1966.
- [5] **Cistjakov, V.**, *Zamedliteli korrozii metallov*, „Nauka i tehnika“, Minsk, 1965.
- [6] **Dubrovskii, V. G., S. A. Volotkovskii, V. Ya Zabludovskii**, *Zashchita ot korrozii podzemnoikh sooruzenii promyshlenn'ikh predpriyatii*, „Tekhnika“, Kiev, 1979.
- [7] **John, D. G.**, *Cathodic protection for reinforced structures*, CAPCIS, 001.96, 1996.
- [8] **Kenedell, K., D. A. Lewis**, *Bridge decks: cathodic protection*, Contractor Report 4, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, 1984.
- [9] **Mattsson, E.**, *Elektrohimicheskaja korrozija*, izd. „Metallurgija“, Moskva, 1991.
- [10] **Milenković, M., S. Mladenović, I. Vučković**, *Korozija i zaštita*, Tehnička knjiga, Beograd, 1980.
- [11] **Mladenović, S., M. Petrović, G. Rikovski**, *Korozija i zaštita materijala*, „Rad“, Beograd, 1985.
- [12] **Mladenović, S.**, *Korozija materijala*, TMF, Beograd, 1990.

- [13] **Mladenović, S.**, *Zaštita metala vodovodne instalacije primenom inhibitora*, Zaštita materijala 35 (1995) 142–155.
- [14] **Mladenović, S.**, *Konzervacija i mehanizam zaštite*, Zaštita materijala, 38 (1998) 3–11.
- [15] **Mladenović, S.**, *Obrada recirkulacione vode inhibitorima korozije metala*, Zaštita materijala, 39 (1999) 14–33.
- [16] **Pritula, V. L.**, *Zashchita zavodskih podzemnyu turboprovodov ot korrozii*, „Metallurgiya“, Moskva, 1961.
- [17] **Rozenfeld, I., V. Persianceva**, *Ingibitori atmosfernoj korrozii*, „Nauka“, Moskva, 1985.
- [18] **Sebenji, F., L. Hakl**, *Korozija metala*, Tehnička knjiga, Beograd, 1980.
- [19] **Sluger, M. A., F. Azogin, E. Efimov**, *Korrozia i zashchita metallov*, „Metallurgiya“, Moskva, 1981.
- [20] **Vorobeeva, G. Ya.**, *Korrozionaya stoikost materialov v agresionnih sedakh himicheskikh proizvodstv*, „Khimia“, Moskva, 1975.
- [21] **Zuk, N. P.**, *Korozia i zashchita metallov*, „Mashgiz“, Moskva, 1975.

kgg