


L. OIT, A. JÄNES, H. KÄIT



Korroosiooni- kaitse ehitustel

A
28481
EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU RIIKLIK EHITUSKOMITEE

L. OIT, A. JÄNES, H. KÄIT

KORROSIONIKAITSE EHITUSTEL

Kunstiliselt kujundanud H. Heinla
Retsenseerinud tehnikakandidaat H. Korrovits

Brošüüris kirjeldatakse korrosiooni põhjusi ja korrosiooni vastu rakendatavaid abinõusid hoonete, ehitiste ja maa-aluste kommunikatsioonide projekteerimisel ja ehitamisel. Lisatud on korrosioonialaste üldkohustuslike normatiivdokumentide loetelu. Väljaanne on mõeldud projekteerijatele, ehitajatele ja korrosioonikaitseteenistuse töötajatele.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
69683

SAATEKS

Kapitaalehituse pidevalt suurenevate töömahtude juures on eriti tähtis tagada valmishitatud hoonetele, ehitistele ja allmaakommunikatsioonidele pikk teenindusiga. Uheks tähtsamaks küsimuseks selles valdkonnas on konstruktsioonide ja kommunikatsioonide korrosioonikaitse. Efektiivne korrosioonikaitse võimaldab säästa rahvamajandusele suuri materiaalseid väärtusi. Uksnes maa-alustes metallkommunikatsioonides häviv Nõukogude Liidus igal aastal ligikaudu miljon tonni metalli, rääkimata kahjustustest raudbetoon- ja teistes konstruktsioonides.

Uheks tähtsamaks teguriks efektiivse korrosioonikaitse tagamisel meie vabariigis on hästiorganiseeritud korrosioonikaitseteenistus. Selle loomiseks on Eesti NSV Ministrite Nõukogu rakendanud vajalikud abinõud. Kuid mitte vähem oluline ei ole ka korrosioonikaitseteenistuse töötajate, projekteerijate ja ehitajate tehniline ettevalmistus. Viimast on seni pidurdanud vastava eestikeelse kirjanduse nappus. Käesolevas brošüüris on püütud anda ülevaade korrosiooni olemusest ja selle vältimiseks rakendatavatest abinõudest. Brošüür ei pretendeeri korrosioonialaste küsimuste ammendavale käsitlemisele, sest selleks on ta maht liiga väike.

Brošüüri esimese osa on kirjutanud ENSV Riikliku Ehituskomitee Ehituse Teadusliku Uurimise Instituudi vanem teaduslik töötaja tehn. tead. kand. L. Oit, teise osa — Riikliku Projekteerimisinstituudi «Eesti Tööstusprojekt» peaspetsialist A. Jänes ja kolmanda osa — Riikliku Projekteerimisinstituudi «Eesti Projekt» korrosioonikaitsegrupi juhataja H. Käit. Autorid on oma töös lähtunud nii NSV Liidus ja välismaal ilmunud vastavast erialasest kirjandusest kui ka vabariigis tehtud uurimistööde tulemustest ja projekteerimis- ning ehituspraktikast.

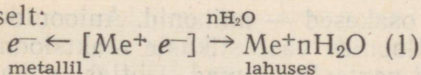
Kuna mitmed teoreetilised ja praktilised korrosioonikaitse küsimused ootavad veel lahendamist, on autorid tänulikud kõikide ettepanekute ja kriitiliste märkuste eest, mis brošüüri lugejatel võivad tekkida.

1. SARRUSE KORROSION JA KAITSE EESTI NSV-s KASUTATAVATE SIDEAINETE BAASIL VALMISTATAVATES EHITUSDETAILIDES JA -KONSTRUKTSIOONIDES

1.1. ÜLDANDMED

1.1.1. Sarruse korrosiooni olemus betoonides

Sarruse korrosioon betoonides kujutab endast metalli füüsikalise-keemilist lagunemist väliskeskkonna mõjul. Iseloomult on sarruse lagunemisprotsess elektrokeemiline ja tema kulgemiseks on vajalik elektrolüütkelme olemasolu. Elektrolüüdiga kokkusattumisel tekib metalli pinnale elektriline kaksikkiht. Kaksikkihi tekkimine seletub järgmiselt. Igal tahkel ainel on tung lahustuda (lahustumispinge). Lahustumispingele töötab vastu osmootne rõhk, mis on olnud füüsikalistest parameetritest, kasutatud ainetest ja lahuse kontsentratsioonist. Metallil lahustumist võib ette kujutada järgmiselt:



kus e^- — elektron (negatiivne laeng);

Me^+ — metalli ioonid (positiivse laenguga);

$n\text{H}_2\text{O}$ — reaktsioonist osavõtvate veemolekulide arv.

Seejuures jäävad negatiivselt laetud elektronid metallile, positiivsed metalli ioonid — nn. katioonid satuvad aga lahusesse. Positiivsete ja negatiivsete laengute vahel valitsevate elektrostaatiliste jõudude mõjul jäävad katioonid metalli ümbrusesse ja avaldavad viimasele rõhku, mis takistab uute ionide sattumist lahusesse. Küllaldase arvu positiivsete ionide sattumisel vedelikku tekib lõpuks lahustumispinge, osmootse rõhu ja elektrostaatiliste jõudude vahel tasakaal ning metalli lahustumisprotsess katkeb. Tegelikult ei ole võimalik metalli ja lahuse vahel pinget määrata, sest positiivsed metalli ioonid hoiavad metalli pinnal elektrostaatiliste jõududega elektrone kinni. Sellist nähtust, kus metalli pinnal olevad elektronid on vastastatud lahuses olevate positiivsete ioonidega, nimetataksegi elektriliseks kaksikkihiks.

Iga metall omab oma soola molaarse lahuse suhtes normaalingimustes erineva normaalpotentsiaali (vt. tabel 1.1), millest oleneb potentsiaalide vahe elektrilises kaksikkihis.

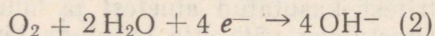
Tabel 1.1.

Metallide normaalpotentsiaalid

Metall	Ioon	Normaalpotentsiaal V
	K ⁺	
Kaalium	Ca ²⁺	-2,92
Kaltsium	Zn ²⁺	-2,76
Tsink	Fe ²⁺	-0,76
Raud	2H ⁺	-0,44
Vesinik	Cu ²⁺	-0,00
Vask	Ag ⁺	+0,35
Hõbe	Au ³⁺	+0,81
Kuld		+1,38

Terasa normaalpotentsiaal võib tabelis antud suurusest erineda, olenevalt keemilisest koostisest, kristallstruktuurist ja pinna töölusest.

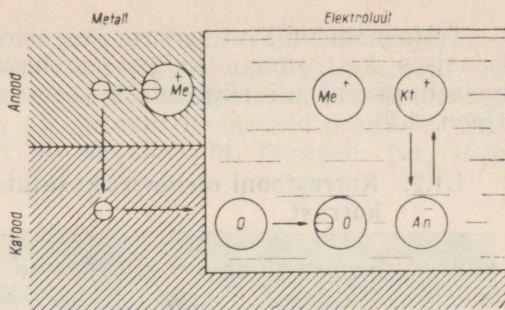
Asetades lahusesse kaks erineva potentsiaaliga teraspulka, tekivad mõlema ümber elektrilised kaksikkihid. Pulkade ühendamisel veel voolu ei teki. Voolu tekkimiseks on vajalik lõhkuda pulkade elektrilised kaksikkihid. Seda teevad keemilised reaktsioonid. Hapnik, sattudes näiteks väiksema negatiivse potentsiaaliga pulga lähedusse, ühineb pulgal olevate elektronidega:



Tekivad negatiivselt laetud osakesed — anioonid. Anioonide ja juba varem lahuses olevate kationide vastastikuste reaktsioonide tulemusel erinimelised laengud neutraliseeruvad. Ühtlasi vabanevad ka metallpulkadel olevad elektronid. Kuna pulkade potentsiaalid ei olnud võrdsed, hakkavad elektronid voolama suurema negatiivse potentsiaaliga pulgalt väiksema negatiivse potentsiaaliga pulgale. Tekib vool. Reaktsioon (1) toimub anoodil ja nimetatakse anoodprotsessiks, reaktsiooni (2) vastavalt katoodprotsessiks. Kaksikkihi lõhkumist nimetatakse depolarisatsiooniks, kusjuures hapnik etendab depolarisaatori osa. Kogu süsteem kujutab endast galvaanilist paari.

Terasvarda pinna erinevad punktid omavad tegelikus konstruktioonis erinevat normaalpotentsiaali, samuti ei ole konstantsed varrast ümbritseva elektrolüütkelme kontsentratsioon ja koostis. Seega võib lahustumispinge ja osmootse rõhu summa erinevates punktides tunduvalt erineda ja kutsuda esile lühistatud galvaaniliste paaride olemasolu (vt. joon. 1.1). Kõikide nende protsesside tulemusel tekib pidev elektrivool, mida nimetatakse korrosioonivooluks. Korrosioonivoolu suurusest olenebki sarruse korro-

Joon. 1.1. Korrosiooni print-
sipiaalne skeem



sioonikiirus betoonis. Viimast väljendab metalli kaalukadu pinnaühikult ajaühikus:

$$K = \frac{g}{Ft}$$

kus K — kaalukadu pinnaühikult ajaühiku jooksul g/m^2 aastas;

g — kogu kaalukadu g ;

t — aeg aastais;

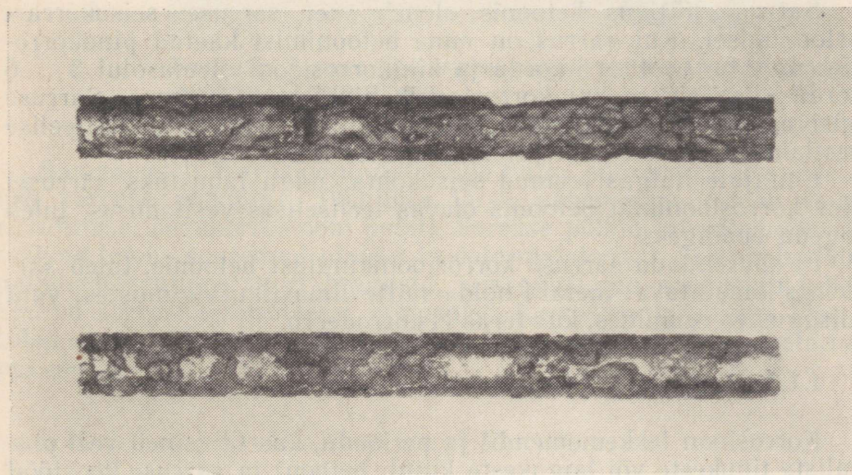
F — pindala m^2 .

Peale kiiruse on üheks olulisemaks sarruse korrosiooni iseloomustajaks korrosioonikahjustuste sügavus, mis määratakse kas spetsiaalsete mõõteriistade (mikroskoobi, profilomeetri) abil või arvutatakse kaalukaost lähtudes järgmiselt:

$$S = \frac{K}{1000\gamma}$$

kus S — korrosioonikahjustuste keskmine sügavus mm/aastas ;

γ — metalli erikaal g/cm^3 .



Joon. 1.2. Süvakorrosioon sarrusel

Tekkemomendil on sarruse korrosioonil punkti või laigu kuju. Edasises korrosiooni käigus arenevad esialgsed kahjustused metalli pinnal nii sügavuti kui ka laiuti; tekib süvakorrosioon (joon. 1.2).

1.1.2. Korrosiooni olenevus kasutatava sarruse liigist ja seisukorrast

Sarruse korrosioon on seda aeglasem, mida ühtlasemalt on töödeldud sarruse pind, s.t. mida vähem on sarruse töötlemisel jäänud tema pinnale pingeid. Seepärast on kuumvaltsitud metall korrosioonipüsivam ja, vastupidi, külmtõmmatud metall ebapüsivam, s. t. kiiremini korrodeerub. Teiselt poolt on sarruse korrosioon terase keemilisest koostisest, s. o. temas olevate lisandite hulgast ja iseloomust. Lisandite hulga ja koostise poolest erinevad Nõukogude Liidus sarrusena kasutatavad süsinikterased Ст.3 (klass A-I) ja Ст.5 (klass A-II) teineteisest vähe. Teras Ст.5 on terasega Ст.3 võrreldes mõnevõrra süsiniku- (0,15%) ja mangaanirikkam (0,2%); räni-, fosfori- ja väävლისalduse poolest on nende koostised praktiliselt võrdsed. Seetõttu korrodeerub süsinikterastest Ст.5 ja Ст.3 valmistatud sarrus betoonides võrdsete tingimuste puhul praktiliselt sama kiirusega.

Väheleegeritud terased (25Г2С, 30ХГ2С, 35ГС), mis tänapäeval suuremõtmelistes ehituskonstruksioonides paremate mehaaniliste omaduste tõttu rohkelt kasutamist leiavad, sisaldavad peale süsinikteraste esinevate lisandite veel kroomi, niklit ja vaske. Nimetatud lisandite tõttu on nad süsinikterastest 1,5...2 korda korrosioonikindlamad.

Sarruse püsivus betoonis on veel sarruse seisukorrast betoonimisel. Kui sarrus on enne betoonimist kaetud pindkorrosiooniga, on ta 4...5 korda ja kihtkorrosiooni olemasolul 3...6 korda ebapüsivam kui korrosioonikahjustusteta sarrus. Sarruse püsivus väheneb sel juhul sarrusemetalli ja betoonis oleva leelise vesilahuse vahelise kontakti halvenemise tõttu.

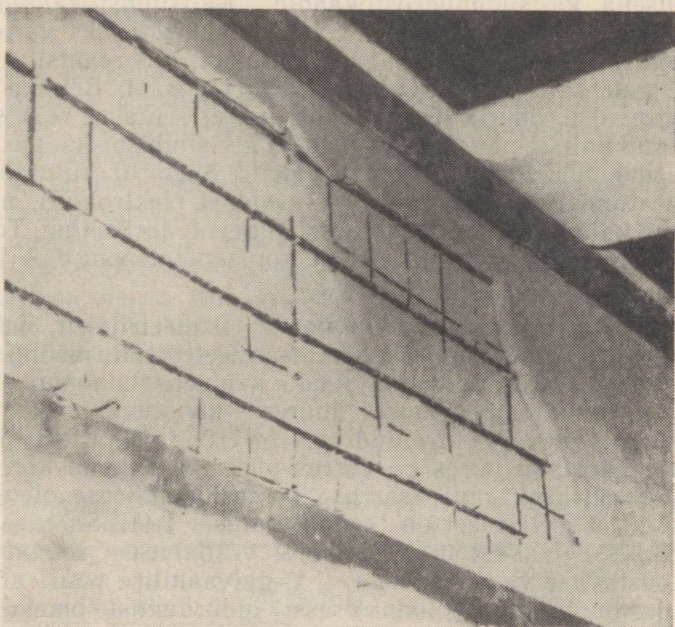
Ehitajate hulgas levinud seisukohta, nagu lahustuks sarrusei olev korrosioonikiht betoonis olevas leeliselises vesilahuses, tuleb lugeda ebaõigeks.

Et suurendada sarruse korrosioonikindlust betoonis, tuleb sarruseks kasutatavat metalli hoida mitte ilmastikutingimustes, vaid niisugustes ruumides, kus teras ei korrodeeru.

1.1.3. Korrosiooni tagajärjed

Korrosioon tekkeomendil ja perioodil, kus ta esineb veel pinnaliste tipukeste või laigukeste kujul, betooni ja sarruse koostööd ei kahjusta. Korrosiooni arenemisel suureneb roosteks üleläänud metalli hulk. Roosteks üleminekul võtab metall vesiniku- ja

hapnikuühendite $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ja Fe_2O_3 kuju. Et rooste maht on hävinenud metalli mahust 2...3 korda suurem, tekivad betoonis sisepinged, mis põhjustavad raudbetoonitooteis piki sarrust kulgevaid, aja jooksul laienevaid pragusid. Pragu suurenemisel sarruse betoonkaitsekiht laguneb (vt. joon. 1.3).



Joon. 1.3. Sarruse korrosiooni tõttu purunenud kaitsekihiga raudbetoonkonstruktsioon

Samaaegselt korrosiooniproductide hulga suurenemisega väheneb sarruse põiklõige. Põiklõike järsk vähenemine esineb eriti ebaühtlase, süvakorrosiooni puhul. Sarruse põiklõike vähenemisel tekivad temas suuremad pinged ja deformatsioonid. See põhjustab paindeelementides suuri pragusid, mis omakorda soodustab juba alanud korrosiooniprotsessi arenemist. Korrosiooniprotsessi lõpptulemusena võib sarrus läbi roostetada ja konstruktsioon seetõttu puruneda.

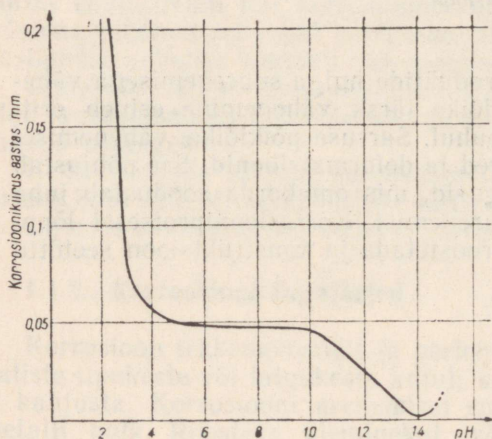
1.2. BETOONI LOOMULIK KAITSE SARRUSELE

1.2.1. Betooni leeliselisuse toime

Peamiseks raudbetooni valmistamiseks kasutatavaks sideaineks on portlandtsement. Betooni kivistumisel tekivad portlandtsementis olevate kaltsiumsilikaatide ja vee vahelise reaktsiooni tulemusena kaltsiumhüdrosilikaadid. Kaltsiumsilikaadid muutuvad hüdrosilikaatideks üleminekul vähemaluselisteks vormideks. Hüd-ratatsiooniprotsessil vabaneb kaltsium, mis reaktsiooni lõpul jääb betooni kaltsiumhüdrosiidi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ näol. Betooni kivistumisei normaalse rõhu ja temperatuuri juures seotakse reaktsioonis vab-anenud kaltsiumhüdrosiidid betooni kivistumisprotsessis tekkivatesse uusmoodustistesse väga aeglaselt. Seetõttu kujutab normaalsel kivistumisel betoonis olev vesi endast elektrolüüti, mis, küllasta-tuna kaltsiumhüdrosiidiga, on tugevalt leeliseline. Tema leeliseli-sust hinnatakse vesinikioonide kontsentratsiooni a_{H^+} logaritmi pH kaudu, kusjuures $\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$.

Leeliselisus määratakse kas kolorimeetriliselt, indikaatorpabe-rite ning -lahustega või potentsiomeetriliselt, mõõtes elektrodide vahelist elektromotoorset jõudu kompensatsioonimeetodil.

Normaaltemperatuuri juures kivistavas portlandtsement-betonis oleva elektrolüüdi pH on 12...13. Elektrolüüdi selliste pH väärtuste juures on sarrus püsiv, s. t. tema korrosioonikiirus on praktiliselt null (sarruse korrosioonikiiruse olenevus elektro-lüüdi leeliselisusest on toodud joonisel 1.4). Sarruse korrosiooni-protsessi lakkamist leeliselises vesilahuses seletatakse metalli lahustuvuse vähenemisega, s. t. galvaanilise paari anoodprotsessi pidurdumisega. Anoodprotsessi pidurdumist omakorda on seni seletatud nii passiivse kelme moodustumisega kui ka adsorpt-



Joon. 1.4. Sarruse korrosiooni-kiiruse olenevus keskkonna leeliselisusest

sioonimehhanismiga. Esimesel juhul tekib sarruse pinnale vaevalt-märgatav kelme, mis kujutab endast sarruse metalli ja hapniku ühendit. Adsorptsiooniteooria seisukohalt pidurdab sarruse lahustu-
tuvust hapniku adsorptsioonist tekkinud elektroodipotentsiaali muutus sarrust ümbritsevas elektrilises kaksikkihis.

1.2.2. Betooni tiheduse mõju

Mida tihedam on betoon, seda enam kaitseb ta sarrust korro-
siooni vastu. Betooni tihedus oleneb valmistamisel kasutatud vee ja sideaine suhtest, nn. vesitsementsuhtest, tsemendi hulgast betoo-
nis ja täiteaine terakoostisest.

On teada, et portlandtsemenditerakeste täielikuks hüdraatimi-
seks vajalik veehulk moodustab 20...25% portlandtsemendi kaa-
lust. Selline veehulk vastab vesitsementsuhtele 0,2...0,25. Sel-
leks, et saada hästipaigaldatavat segu, peab aga vesitsementsuhe
praktiliselt suurem olema. Osa lisatavast veest, mis kivistumis-
protsessis ei ole vajalik, aurub aja jooksul, jättes betooni kapilla-
laare ja poore. Viimased tekivad peamiselt side- ja täiteaine kokku-
puutepindadel.

Tabel 1.2

Agressiivsete lisanditega õhus töötavate raudbetoonkonstruktsioonide mak-
simaalsed vesitsementsuhted

Õhu iseloomustus (lisandid mg/l)	Õhu suhteline niiskus %	Raudbetoonkande- konstruktsioon		
		tavalise sarrusega	ping- sarrusega	traadist ping- sarrusega
Nõrgalt agressiivne; väävel- süsinikku > 0,01, silikofluoriidi > 0,001, vääveldioksiidi < 0,02, fluorvesinikku < 0,001, väävel- vesinikku < 0,01, lämmastikok- siidi < 0,005	< 60	0,6	0,6	0,6
	60...75	0,55	0,55	0,5
	> 75	0,5	0,5	0,45
Keskmiselt agressiivne; vää- veldioksiidi 0,02...0,1, väävel- vesinikku > 0,01, fluorvesinikku 0,01...0,05, kloorvesinikku < 0,01, lämmastikoksiide 0,005...0,025, kloori < 0,01	< 60	0,6	0,55	0,5
	60...75	0,5	0,5	0,45
	> 75	0,45	0,45	0,4
Tugevasti agressiivne; väävel- dioksiidi > 0,1, fluorvesinikku > 0,05, kloorvesinikku > 0,01, lämmastikoksiide > 0,025, kloori > 0,01	< 60	0,6	0,5	0,45
	60...75	0,45	0,45	0,4
	> 75	0,4	0,4	0,4

Et betoon oleks vähem poorne ja kaitseks sarrust korrosiooni vastu paremini, on lubatud vesitsementsuhted määratud kindlaks normidega CH 262-63 olenevalt ümbritseva keskkonna suhtelisest niiskusest ja temas olevate agressiivsete gaaside kontsentratsioonist. Nagu nähtub tabelist 1.2, jäävad vesitsementsuhte väärtused piiridesse 0,4 ... 0,6.

Erinõuetele peavad vastama raudbetoonkonstruktsioonid, mis asuvad vedelikes või vahelduvalt vees ja õhus (tabel 1.3). Neil juhtudel on vesitsementsuhte lubatud piirideks 0,4 ... 0,55.

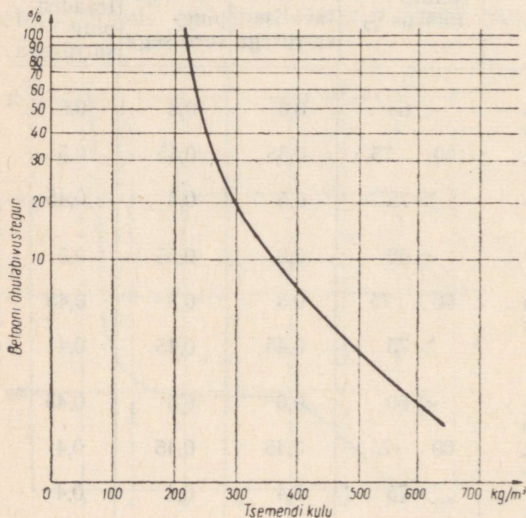
Tabel 1.3

Vees või vedelikes töötavate raudbetoonkonstruktsioonide maksimaalsed vesitsementsuhted

Kandekonstruktsiooni liik	Keskkond	
	vedelikud	vahelduv (vesi — õhk) või ühepoolne hüdrauliline surve
Tavalise sarrusega ja pingvarrastega	0,45 ... 0,55	0,4 ... 0,5
Pingtraadiga	0,4 ... 0,5	0,4 ... 0,45

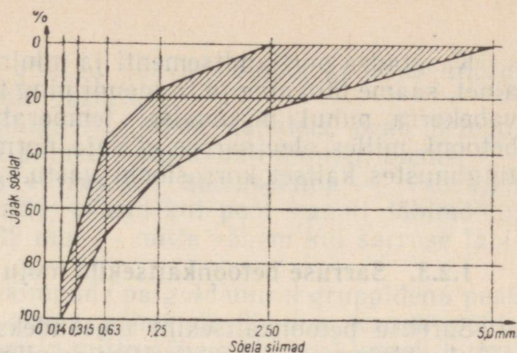
Märkus. Maksimaalseid vesitsementsuhteid täpsustatakse tabelis toodud piires keskkonna agressiivsusest sõltuvalt normidega CH 262-63 kooskõlas.

Betooni tihedus oleneb veel sideaine suhtelisest hulgast betoonis. Betoonide õhuläbivuse olenevus ühe kuupmeetri betooni valmistamiseks kasutatud tsemendi hulgast (piiress 200 ... 600 kg/m³) on toodud joonisel 1.5.



Joon. 1.5. Betooni õhutihe-
duse olenevus tsemendi sisal-
dusest

Joon. 1.6. Betooni valmistamiseks kasutatava liiva soovitatav terakoostis



Peamiste täiteainetena raudbetoonkonstruktsioonide valmistamisel kasutatakse liiva, kruusa ja killustikku. Tiheda betooni saamiseks peab täiteaine terakoostis olema selline, et terade vahele jääks võimalikult vähe tühemikke. Terasid kelmena ümbritseva veehulga vähendamiseks on vajalik, et täiteainel oleks minimaalne eripind. Seetõttu peab betoonis kasutatav liiv, kruus ja killustik olema optimaalse terakoostisega. Tiheda betooni saamiseks peab liiva terakoostis mahtuma joonisel 1.6 viirutatud alasse. Liiva hulka kasutatava täiteaine üldhulgast on jämetäiteaine tühemike määrast, mis omakorda on agregaadid maksimaalsest terasuurest ning betooni valmistamiseks kasutatud sideaine hulgast (tabel 1.4).

Tabel 1.4

Liiva kaal % täiteaine üldkaalust.

Tsemendi kulu kg/m ³	Jämetäiteaine maksimaalne terasuurus mm			
	kruusal		killustikul	
	20	40	20	40
200	36	34	40	37
250	34	32	38	36
300	32	30	36	34
350	30	29	35	33
400 ja enam	29	28	34	32

Oluline ei ole mitte üksnes liiva, vaid ka jämetäiteaine — kruusa ja killustiku terakoostis. Viimane tuleb valida vastavalt maksimaalsele terasuurele (vt. tabel 1.5).

Tabel 1.5

Jämetäiteaine soovitatav koostis % olenevalt maksimaalsest terasuurest

Maksimaalne terasuurus mm	Fraktsioonide arv	Fraktsiooni jämedus mm			
		5...10	10...20	20...40	40...70
20	2	45...60	40...55	—	—
40	3	25...30	20...30	40...55	—
70	3	20...25	15...25	—	50...65

Kasutades portlandtsementi ja minimaalsete tühemikega täiteainet, saame täiteaine ja tsemendi ning tsemendi ja vee optimaalse vahekorra puhul normaalsel temperatuuril kivistumisel tiheda betooni, milles olev sarrus ei vaja normaalsetes eksploatatsiooni-tingimustes kaitset korrosiooni vastu.

1.2.3. Sarruse betoonkaitsekihi mõju

Sarruse betoonkaitsekihi ülesandeks on sarruse isoleerimine väliskeskkonnast ja tema kaitsmine viimase agressiivse mõju eest. Mida paksem ja tihedam on kaitsekiht, seda paremini ta oma ülesannet täidab. Konstruktiivsest seisukohast pole aga liiga paks kaitsekiht otstarbekas. Kaitsekihi paksuse määramisel tuleb igal konkreetsel juhul peale konstruktiivsete nõuete arvestada ka betooni eksploatatsioonitingimusi, s. o. betooni ümbritseva keskkonna agressiivsuse astet. Mitteagressiivses keskkonnas, kus õhu suhteline niiskus on alla 75%, võib lähtuda konstruktiivsetest nõuetest. Neis tingimustes on vajalikud järgmised kaitsekihi paksused:

a) raskebetoonist plaatides ja seintes paksusega kuni 100 mm — vähemalt 10 mm;

b) plaatides ja seintes paksusega üle 100 mm ja talades ning ribides kõrgusega kuni 250 mm juhul, kui töösarruse läbimõõt $d \leq 20$ mm — vähemalt 15 mm;

c) talades ja ribides kõrgusega 250 mm ja üle, samuti postides juhul, kui $d \leq 20$ mm — vähemalt 20 mm;

d) talades, postides ja plaatides juhul, kui $20 < d \leq 32$ mm — vähemalt 25 mm ja kui $d > 32$ mm — vähemalt 30 mm;

e) vundamenditalades ja monoliitsetes vundamentides — vähemalt 30 mm;

g) monoliitsete vundamentide alumisel sarrusekihil — vähemalt 70 mm, kui vundamendi all on kruusapadi — vähemalt 35 mm;

h) talade ja postide keeviskarkasside rangidel ja põikvarrastel — vähemalt 15 mm, plaatide jaotussarrusel — vähemalt 10 mm.

Õõnsates ringi- või ristkülikukujulise põiklõikega elementides ei tohi pikisarruse kaugus betooni sisepinnast olla väiksem kui välispinnast.

Raskebetoonist monoliitsetel konstruktsioonidel margiga 200 ja enam võib kaitsekihi paksust vähendada ülaltoodutega võrreldes 5 mm võrra. Seejuures peab töösarruse kaitsekihi paksus olema plaatides vähemalt 10 mm, postides, talades ja ribides vähemalt 20 mm. Pingsarrusega talades, kus kasutatakse kuni 32 mm jämedust otsenakkega sarrust, soovitatakse betoonkaitsekihi paksus võtta mitte väiksem kui sarruse läbimõõt.

Pingsarruse otsad ja ankrud peavad olema kaitstud mõrdi või betooniga vähemalt 5 mm paksuselt.

Elementides, kus pikipingsarrus asub kanaleis, peab betoonkaitsekihi paksus elemendi pinnalt kuni kanali pinnani olema:

a) kui kanalis on üks varras või sarrusekimp — vähemalt 20 mm, kuid seejuures mitte vähem kui pool kanali läbimõõtu; kui sarruse läbimõõt $d \geq 32$ mm — mitte vähem kui sarruse läbimõõt;

b) varraste või sarrusekimpude paigaldamisel gruppidenä peab kanali külgliseinte paksus olema vähemalt 80 mm, kanali põhja paksus aga vähemalt 60 mm ja mitte vähem kui pool kanali laiust.

Korrosioonikindluse seisukohalt peab kaitsekihi paksus konstruktsioonides, mis asuvad enam kui 75% -lise suhtelise niiskusega või üle 60% -lise suhtelise niiskuse ja agressiivsete gaasidega õhus, moodustama:

a) plaatides ja seintes — mitte alla 20 mm;

b) talades, postides, võlvides jt. konstruktsioonides töösarrusel 25 mm, konstruktiivsel — 20 mm;

c) keeviskarkasside põikvarraste otstel vähemalt 10 mm.

Raudbetoonkonstruktsioonide pikaajalised (üle 20 a.) katsetused ilmastikutingimustes on näidanud, et ainult suure tsemendisalduse ja väikese vesitsemementsuhtega betooni puhul on 12 mm paksune betoonikiht sarruse kaitsmiseks korrosiooni vastu küllaldane. Juhtudel, kui betoon oli sarruse piirkonnas ebatihed, osutus vajalikuks kaitsekihi paksuseks 25 mm.

Agressiivsetes keskkondades (agressiivsed gaasid, vesi, tolm) võib betoonkaitsekiht kaotada oma loomuliku kaitsevõime. Et säilitada betooni loomulikku kaitsevõimet ja betoonis asuvat sarrust, tuleb betoon isoleerida väliskeskkonna mõjude eest tema pinnale moodustatavate kiledega.

Et veenduda sarruse betoonkaitsekihi nõutavas paksuses, tuleb seda kontrollida erilise määraja abil kas raudbetoontooteid valmistavates tehastes või ehitusobjektidel toodete vastuvõtmisel. Kaitsekihi paksusemäärajad töötavad sarrust läbiva magnetvoo mõõtmise põhimõttel. Neid võivad raudbetoontoodete tehased ja ehitusorganisationsioonid endale ise valmistada.¹

1.3. SARRUSE KORROSIONI MÕJUTAVAD TEGURID

1.3.1. Kasutatava sideaine mõju

Mitte kõikide sideainete baasil valmistatud ja normaalsetes tingimustes kivistunud tihedas betoonis olev vesilahus-elektrolüüt ei muuda sarruse pinda lahustamatuks. Sideainetes, mille kasuta-

¹ Uhe sellise seadme skeem on toodud ajakirjas «Радио» nr. 1, 1964.

misel sarrus normaalsetes tingimustes kivistunud betoonis korrodeerub (korrosioon on küll tihti aeglane), on väävliühendite sisaldus suurem kui portlandtsemendil või sisaldavad nad peale väävliühendite veel kloori. Esimest liiki sideaineiks (vt. tabel 1.6) on paisuv tsement (p. 4, a), paisuv kipsaluminaattsement (p. 4, b) ja kips (p. 8), teist liiki sideaineiks on põlevkivituhk (p. 9). Paisuvad tsemendid (p. 4, a ja b) sisaldavad peale suure hulga väävliühendite ka palju aluminaatseid koostisosi, mis kivistumisprotsessis seovad väävliühendid vees raskelt lahustuvateks sooladeks ja seega vähendavad mõnevõrra väävli kahjustavat mõju.

Tabel 1.6

Kasutatavamate sideainete iseloomustus

Jrk. nr.	Nimetus	Koostis	Kasutusala	Sisaldab korrosiooni stimulaatoreid	
				SO ₃ > 3,5%	Cl
1	2	3	4	5	6
1.	Portlandtsement	—	Raudbetoonis ja betoonis elamu-, tööstus-, hüdrotehnilises ja teedeehituses	Ei	Ei
2.	Portlandtsemendi eriliigid:				
	a) kiirikivistuv	Portlandtsement, kips ja hüdraulilised lisandid	Raudbetoonis ja betoonis kiireiseloomuliste ehituste puhul	—	Ei
	b) sulfaadikindel	—	Hüdrotehniliste ja teiste sulfaatagressiooni ja vahelduva niiskumise ning määrgumise olukorras töötavate ehitiste välisoonis	Ei	Ei
	c) mõõduka eksotermiaga	—	Massiivsete hüdrotehniliste ehitiste välisoonis vahelduva külmumise ja sulamise olukorras	Ei	Ei
	d) plastifitseeritud	Portlandtsement ja 0,15...0,25% plastifitseerivaid lisandeid	Hüdrotehnilises, teede- ja lennuväljade ehituses	—	Ei
e) hüdrofoobne	Portlandtsement ja 0,06...0,030% hüdrofoobseid lisandeid	Teede- ja lennuväljade ehituses, väliskrohvis		Ei	Ei

Tabel 1.6 (järg 1)

1	2	3	4	5	6
3.	Aluminaatsement	—	Kiiretel parandustöödel teedehituses, vundamentides, sildades. Kasutatakse ka nafta-, kerge- ja toiduainetetööstuses	Ei	Ei
4.	Aluminaatsemendi eriliigid:				
	a) veekindel paisuv aluminaatsement	70...76% aluminaatsementi, 20...22% kipsi ja 10...11% kaltsiumhüdroaluminaati	Purunenud betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide parandamiseks, tunnelite ehituseks, tunnelite, šahtide ja veeluste ehitiste hüdroisolatsiooniks	Ja	Ei
	b) paisuv kipsaluminaatsement	70% aluminaatsementi ja 30% kipsi	Vettpidavates mahupüsivates mörtides, keldrite ja šahtide hüdroisolatsiooniks	Ja	Ei
5.	Räbusemendi liigid:				
	a) räbuportlandsement	70...30% portlandtsementi, 30...70% räbu ja 5% kipsi	Betoon- ja raudbetoonitoodete valmistamiseks, samuti masiivsetes maapealsetes ja maa-alustes ehitistes, krohvits	—	Ei
	b) lubiräbusement	10...30% lupja, 90...70% räbu ja 5% kipsi	Mörtides ja madalamargilistes betoonides, hoonete ja seadmete vundamentides. Ei sobi vahelduva märgumise ja külmumise olukorras	—	Ei
	c) kipsräbusement	75...85% räbu, 15...20% kipsi ja 5% portlandtsementi	Betoonis ja raudbetoonis (eriti sulfaatse agressiivsuse tingimustes)	Ja	Ei
6.	Putsolaantsemendi liigid:				
	a) putsoolaanportlandsement	80...60% portlandtsemendi klinkrit, 20...40% hüdraulilisi lisandeid ja kipsi arvestusega, et SO ₃ sisaldus ei ületaks 3,5%	Vee- ja maa-alustes betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonides (sulfaati sisaldavates vetes). Vahelduvas märguvas-kuivavas või külmuvas-sulavas olukorras pole sobivad	Ei	Ei

Tabel 1.6 (järg 2)

1	2	3	4	5	6
	b) lubi-putso-laantsement	15...50% lupja, 20% portlandtsementi, 25...60% hüdraulilisi lisandeid, 5% kipsi	Mördis ja krohvis, samuti madalamargilise betooni valmistamiseks	Ei	Ei
7.	Ehituslubi	—	Mördis, krohvis ja hüdrotermilise töötuse puhul ka betoonis ning raudbetoonis	Ei	Ei
8.	Kips	—	Mördis, krohvis ja plaatides	Ja	Ei
9.	Põlevkivituuk	—	Mördis, hüdrotermilise töötuse puhul ka betoonis ja raudbetoonis	Ja	Ja
10.	Happekindel tsement	92% liiva, sili-kofluoriidi ja vesiklaasi	Keemiatööstuses	Ei	Ei

1.3.2. Betooni kivistumise kiirendamise mõju

Mitmesugustes ehitustingimustes nõutakse betoonidelt erinevat kivistumiskiirust. Viimase tagamiseks lisatakse betoonile kas sideaine kivistumiskiirust reguleerivaid kemikaale või kasutatakse hüdrotermilist töötlust.

Keemilisi kivistumiskiiruse reguleerijaid on palju. Neist on korrosiooni seisukohalt ohtlikumad sulfaadid ja kloriidid. Viimased on oma olemuselt sarruse korrosiooni stimulaatorid (soodustajad) ja kui neid lisada üle normi, võib betoon kaotada sarrust kaitsvad omadused. Sulfaadi lisand 3,5% (arvestus SO_3 -le) sideaine hulgast sarrust ei kahjusta. Selle piiri ületamine võib aga põhjustada sarruse roostetamist.

Hoopis rangemad nõuded esitatakse kloorile. Kloori lubatud hulk tavalise sarruse puhul on 2% (arvestatud CaCl_2 -le), ping-sarruse puhul aga 1%. Klooriühendeid ei ole lubatud kasutada raudbetoonkonstruktsioonides, mis asuvad kõrgepinge-vooluallikate läheduses, töötavad suure niiskusega õhus või on valmistatud autoklaavse töötusega. Samuti ei ole klooriühendeid lubatud aurutamise teel valmistatud detailides, kui nende sarruse läbimõõt on alla 5 mm.

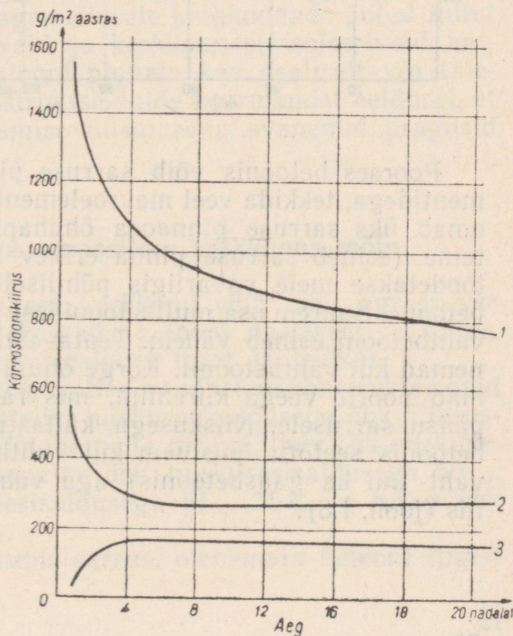
Kivistumise reguleerimine keemiliste lisanditega toimub põhiliselt ehitusobjektidel betoonitavates konstruktsioonides, tehastes kasutatakse aga hüdrotermilist töötlust. Viimast võib kasutada nii

tuhk- ja räbütsementide kui ka portlandtsemendi puhul. Portlandtsemendi puhul lühendab hüdrotermiline töötlus normaalse temperatuuri juures kuluvat 28-ööpäevast kivistumisaega 1...2 ööpäevani.

Hüdrotermiline töötlus toimub kas normaalsel rõhul aurutus-kambreis või kõrgendatud rõhul autoklaavides. Esimest juhtu tuntake aurutamise, teist aga autoklaavimise.

Hüdrotermilisel töötlusel (nii aurutamisel kui autoklaavimisel) seotakse sideaines olev vaba leelis kiirelt uusmoodustistesse. Selle tagajärjel betooni leelisisus väheneb ja sarruse lahustuvus betoonis olevas elektrolüüdis kasvab. Teiseks põhjustavad kiired kivistumisprotsessid betoonis sisepingeid ja mikropragusid, mistõttu betooni tihedus normaalkivistumisega võrreldes alaneb. Kõik need asjaolud põhjustavad sarruse korrosioonikindluse langust. Betooni elektrolüüdi pH on peale aurutamist piirides 11,2...11,7, peale autoklaavimist 9,5...10,5, normaaltingimustes kivistumisel aga 12...13. Nagu varem märgitud (joon. 1.4), tõuseb pH väärtuse vähenemisel sarruse korrosioonikiirus. Järelikult, mida väiksem on betooni pH väärtus, seda korrodeeruvam on temas asuv sarrus. Kui aurutamisel pH jääb praktiliselt veel sarrust kaitsvatesse piiridesse, siis peale autoklaavimist on betooni leelisisus enamasti selline, et sarruse anoodosad lahustuvad. Lahustumist soodustab ka asjaolu, et autoklaavimisel jäävad betoonis olevad väevliühendid kergelt lahustuvasse vormi.

Seepärast on sarruse korrosioonikiirus sama sideaine puhul kõige suurem autoklaavitud betoonis (vt. joon. 1.7).



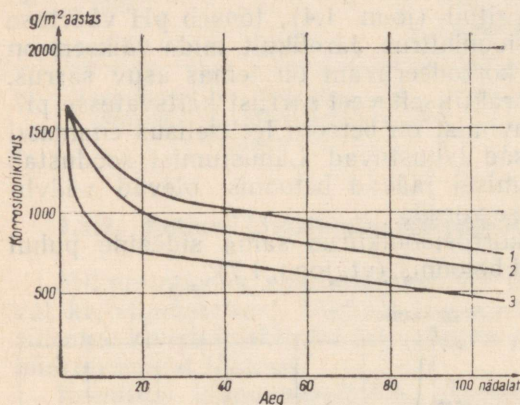
Joon. 1.7. Sarruse korrosiooni-kiirus põlevkivituhkbetoonis olenevalt betooni kivistumistingimustest:

1 — autoklaavimine; 2 — aurutamine; 3 — normaaltingimustes kivistumine

1.3.3. Betooni poorsuse mõju

Üha enam kasutatakse industriaalses ehitustegevuses väikese mahukaaluga suuremõõtmelisi ehitusdetalle. Nende kasutamisel vähenevad nii transpordikulud kui ka ehitusmaterjalide suhteline kulu ehitatava hoone pinnaühiku kohta, sest mullbetoonide (mahukaal 600...1000 kg/m³) soojapidavus on palju suurem kui raskebetoonil (mahukaal 1800 kg/m³ ja enam).

Nagu juba tähendatud, on sarrus betoonis seda püsivam, mida tihedam on betoon. Mullbetoonides on sarrus ebapüsiv, kuna hapniku juurdepääs sarrusele on kergem kui raskebetoonis. Teiseks kivistatakse mullbetooni hüdrotermiliselt, mis omakorda vähendab keskkonna leeliselisust ja koos sellega suurendab sarruse lahustuvust betoonis olevas vesilahuses (elektrolüüdis).



Joon. 1.8. Sarruse korrosioonikiiruse olenevus põlevkivituhkbetooni liigist:
1 — vahtbetoon; 2 — gaasbetoon; 3 — raskebetoon

Poorses betoonis võib sarruse pinnal, samaaegselt mikroelementidega, tekkida veel makroelemente, sest betooni poorsuse tõttu omab üks sarruse pinnaosa õhuhapnikuga parema kontakti kui teine (esineb sarruse pinna erinev aeratsioon). Mullbetoonidest toodetakse meie vabariigis põhiliselt lubi-liiv- ja põlevkivituhkbetooni. Suurem osa mullbetoonidest valmistatakse gaasbetoonina, vahtbetooni esineb vähem. Teatavasti on gaasbetooni poorid peenemad kui vahtbetoonil. Kõrge õhuniiskuse juures täituvad peenemad poorid veega kiiremini, mis raskendab õhuhapniku juurdepääsu sarrusele. Niiskusega küllastatud õhus on sarrus gaasbetoonis seetõttu püsivam kui vahtbetoonis, mullbetoonides (nii vaht- kui ka gaasbetoonis) aga vähem püsivam kui raskebetoonis (joon. 1.8).

1.3.4. Betooni pragude mõju

Betoonis, eriti aga sarruse kaitsekihis olevad praod võivad vähendada kaitsekihi kaitsvaid omadusi. Pragude kaudu satuvad sarruse pinnale vedelikud ja gaasid, millega koos tekivad galvaanilised makroelemendid. Kuna praod raudbetoonkonstruktsioonides, eriti aga paindeelementide tõmbetsoonis on peaaegu möödapääsmatud, on sarruse korrosioonikindluse seisukohalt vaja, et betooni pragude laiuse ei ületaks sarrusele ohutuid piire.

Kehtivate ehitusnormide kohaselt lubatakse raudbetoonkonstruktsioonides järgmise laiusega normaal- ja kaldpragusid:

a) vedelike surve all tsentrilisele või ekstsentrilisele tõmbele töötavates elementides juhul, kui tõmme esineb kogu põiklõike ulatuses ja erilisi kaitsevahendeid ei rakendata — 0,1 mm;

b) vedelike või puistematerjalide surve all paindele või ekstsentrilisele survele töötavates elementides, samuti ekstsentrilisele tõmbele töötavates elementides juhul, kui osa põiklõiget on surutud — 0,2 mm;

c) ülejäänud juhtudel — mitte üle 0,3 mm.

Eelistatud olukorras on pragude suhtes pingsarrusega konstruktsioonid, milles betooni eelsurve tõttu esialgsel tööperioodil praod ei avane. Aja jooksul võivad betooni roomamise ja sarruse pingelanguse tulemusena tekkida praod ka nendes konstruktsioonides.

Pragude mõju betoonkaitsekihi omadustele juhul, kui raudbetoonkonstruktsiooni ümbritseb agressiivne keskkond, on tänini korrosiooni seisukohast veel vähe uuritud. Eeldades pragude kahjustavat mõju, kasutatakse agressiivsete keskkondade puhul mitut liiki betooni pinda tihendavaid ja keskkonnast isoleerivaid katteid. Viimased kantakse betooni pinnale kas osaliselt või täielikult peale montaaži ja konstruktsioonide koormamist eeldusel, et ainult sel teel saab koormamise tulemusena avanenud pragusid katta.

1.3.5. Betooni ümbritseva agressiivse keskkonna mõju

Raudbetooni tooteid ümbritsev keskkond võib oma agressiivse mõjuga kas vähendada või kaotada betooni passiveeriva toime, soodustades seega sarruse korrosiooni teket ja levikut.

Tavalisemaks keskkonnaks, milles raudbetoonkonstruktsioonid asuvad, on mitmesuguse suhtelise niiskusesisaldusega õhk. Ehitusnormide kohaselt jaguneb viimane nelja gruppi: kuiv õhk niiskusesisaldusega alla 50%, normaalne õhk niiskusesisaldusega 50...60%, niiske õhk niiskusesisaldusega 61...75% ja märg õhk niiskusesisaldusega üle 75%.

Kuna kahes esimeses grupis sarrus, olenemata betooni liigist

ja valmistusviisist, korrodeerub vähe, jaotavad korrosioonieriteadlased õhu suhtelise niiskuse järgi kolme gruppi: 60% ja vähem, 61...75% ja üle 75%.

Õhu niiskusesisaldusel 60% ja vähem kuivab sarruse pinnal olev niiskusekelme väga õhukeseks. Seetõttu on korrosioonivoolud kelme suure oomilise takistuse tulemusena tõkestatud.

Selline madal suhteline õhuniiskus esineb tavaliselt keskküttesüsteemiga elu- ja ühiskondlikes hoonetes ning ka tehastes. Tallinnas esineb selline niiskusesisaldus näiteks Ekskavaatoritehases, «Voltas» ja «Kalevis»¹.

Kui suhteline niiskus on üle 60%, tekib sarruse pinnale ühtlasem elektrolüüdikelme. Juhul, kui elektrolüüdi pH sarruse anoodtsoonis lahustumist ei pidurda, algabki sarruse korrosioon. Korrosiooniprotsessi kiirus poorsetes betoonides tõuseb koos betooni ümbritseva õhu suhtelise niiskusega; raskebetoonides suureneb korrosioonikiirus kuni suhtelise niiskuseni 80%.

Ruumideks, kus suhteline õhuniiskus ulatub üle 75%, on vannitoad, pesuköögid ja mõningad tsehhid tehastes. Tallinnas on sellesid tsehhid näiteks tehastes «Marat», «Ilmarine»¹.

Peale õhus oleva niiskuse avaldavad raudbetoonkonstruktsioonidele agressiivset mõju veel õhus olevad gaasid ja tolmu. Agressiivsete gaaside ja tolmusisalduse järgi jaotatakse keskkond nõrgalt, keskmiselt ja tugevasti agressiivseks (vt. tabel 1.7). Gaaside ja tolmu kahjustav toime sarrusele on seda suurem, mida suurem on õhu suhteline niiskus ja mida suurem on gaaside ja tolmu kontsentratsioon.

Et pikendada raudbetoonkonstruktsioonide iga (eriti keemiatööstuses), on eelkõige vajalik, et kasutatavad tehnoloogilised seadmed oleksid hermeetilised ega saastaks tehase õhku. Teiseks on vajalik korraliku ventilatsioonisüsteemi olemasolu.

Raudbetoonkonstruktsioonide kaitseks agressiivsete gaaside ja tolmu eest kasutatakse betooni välispinna tihendamist või katmist mitmesuguste kiledega.

1.3.6. Uitvoolude mõju

Sageli on uitvoolud maa-aluste kommunikatsioonide ja raudbetoonkonstruktsioonide sarruse kiire lagunemise põhjuseks. Uitvoolud satuvad pinnasesse nii tööstuse alalisvooluseadmete kui ka elektrifitseeritud raudteede ja trammiteede kaudu. Viimasel ajal selgunud andmete kohaselt võib korrosiooni põhjustada ka vahelduvvool. Sel juhul on korrosioonikahjustused palju väiksemad kui alalisvoolu puhul.

¹ Tallinna Sanitaar-epidemioloogiajaama andmeil.

Ohu agressiivne mõju süsinikterasele ja tihedale portlandtsementbetoonile

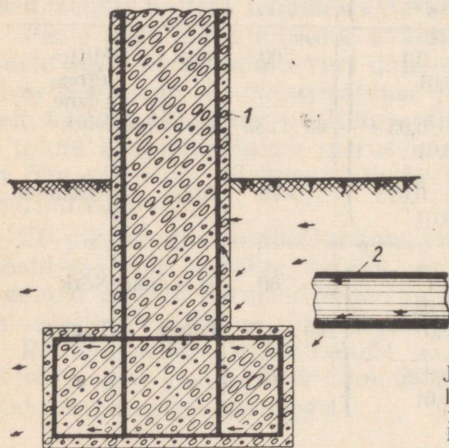
Ohu ise-loomustus	Ohus olevad agressiivsed gaasid		Ohu suhteline niiskus %	Ohu agressiivne mõju kaitsmata	
	nimetus	konsentratsioon mg/l		süsinikterasele	betoonile
Ilma agressiivsete gaaside ja tolmuta	—	—	$\left. \begin{array}{l} < 60 \\ 60 \dots 75 \\ > 75 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Nõrk} \\ \text{Keskmine} \end{array} \right\}$	Mitte-agressiivne
Nõrgalt agressiivne, gaaside ja tolmuta	Väävelsüsinik Silikofluoriid Vääveldioksiid Fluorvesinik Väävelvesinik Lämmastikoksiid	$\left. \begin{array}{l} > 0,01 \\ > 0,001 \\ < 0,02 \\ \\ < 0,01 \\ < 0,01 \\ < 0,005 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} < 60 \\ \\ 60 \dots 75 \\ > 75 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Nõrk} \\ \\ \text{Keskmine} \\ \text{Tugev} \end{array} \right\}$	Mitte-agressiivne " Nõrk
Keskmiselt agressiivne, gaaside ja tolmuta	Vääveldioksiid Väävelvesinik Fluorvesinik Kloorvesinik Lämmastikoksiid Kloor	$\left. \begin{array}{l} 0,02 \dots 0,1 \\ > 0,01 \\ \\ 0,01 \dots 0,05 \\ < 0,01 \\ \\ 0,005 \dots 0,025 \\ < 0,01 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} < 60 \\ \\ 60 \dots 75 \\ > 75 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Nõrk} \\ \\ \text{Keskmine} \\ \text{Tugev} \end{array} \right\}$	Mitte-agressiivne Nõrk Keskmine
Tugevasti agressiivne, gaaside ja tolmuta	Vääveldioksiid Fluorvesinik Kloorvesinik Lämmastikoksiid Kloor	$\left. \begin{array}{l} > 0,1 \\ > 0,05 \\ > 0,01 \\ \\ > 0,025 \\ > 0,01 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} < 60 \\ \\ 60 \dots 75 \\ > 75 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Keskmine} \\ \text{Tugev} \\ \\ \text{"} \end{array} \right\}$	Nõrk Tugev "

Märkus. Ohu nõrk, keskmine ja tugev agressiivne mõju tähendab järgmisi sarruse korrosioonikiirusi (mm aastas): nõrk — kuni 0,1, keskmine — 0,1 ... 1,0 ja tugev — üle 1,0.

Pinnases olevad uitvoolud, jõudes raudbetoonkonstruktsioonini, ületavad pinnase ja betooni vahelise takistuse ja satuvad betooni. Betoonis põhjustavad nad poorides olevas vesilahuses (elektrolüüdis) soolade ionide nihkumise, betooni struktuuri purunemise, betooni tugevuse languse ja sarruse ning betooni vahelise nakte vähenemise. Edasi ületab vool betooni ja sarruse vahelise takistuse, satub sarrusesse, läbib selle, ületab sarruse ja betooni vahe-

lise takistuse, läbib betooni, ületab betooni ja pinnase vahelise takistuse ja jõuab jälle pinnasesse. Joonisel 1.9 on toodud võimalik voolu teekond maa-aluses raudbetoonis.

Sarrusesse sisenemisel ei põhjusta vool veel sarruse lagunemist. Metall väikese takistuse tõttu suureneb voolu tugevus sarruses; lahkudes sarruse anoodsoonist betooni põhjustab vool sarruse elektrolüüsi, s. o. korrosiooni. Sellist uitvoolude poolt tekitatud korrosiooni nimetatakse elektrokorrosiooniks, mille kiirus on suurem kui elektrokeemilisel korrosioonil. Elektrokorrosiooni kiirus on suurem kui elektrokeemilisel korrosioonil. Elektrokorrosiooni tulemusel tekivad, samuti nagu elektrokeemilise korrosiooni puhul, produktid, mille maht on mitu korda suurem kui esialgse metalli maht. Sarrust ümbritseva betooni lagunemine korrosiooniproduktide poolt tekitatud sisepingete tõttu toimub elektrokorrosiooni puhul väga kiiresti. Kui sarruse betoonkaitsekihi paksus on 25...30 mm ja voolutihedus 3...4 mA/cm², tekivad betoonis juuspraod juba peale 4...5 ööpäevast voolu mõju, kui aga voolutihedus on 0,2...0,3 mA/cm² — peale 25...30 ööpäeva.



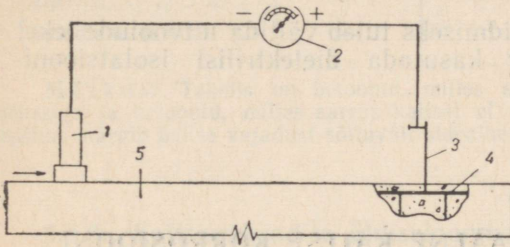
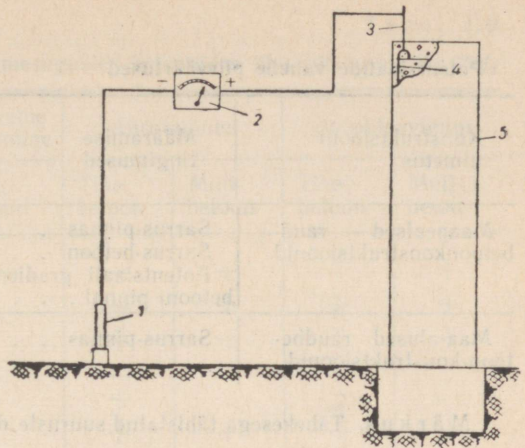
Joon. 1.9. Uitvoolu võimalik teekond läbi raudbetooni:

1 — raudbetoonpost; 2 — maa-alune kommunikatsioon

Uitvoolu kahjustav mõju sarrusele on ka betooni elektri juhtivusest. Mida kuivem on betoon, seda väiksem on tema elektri juhtivus ja seda enam raskendatud uitvoolu liikumine. Kuiva betooni eritakistus jääb $10^{10} \dots 10^{12} \Omega\text{cm}$ piiridesse. Niiske betooni puhul liigub vool edasi betooni poorides oleva dissotseerunud elektrolüüdi kaudu; sel juhul on betooni eritakistus $10^{10} \dots 10^6 \Omega\text{cm}$.

Korrosioonikaitse küsimuste lahendamisel tuleb eelkõige õigeaegselt kindlaks määrata uitvoolude olemasolu. Kuna sarruselt betooni liikuvate uitvoolude tugevuse otsene määramine on väga keeruline, tehakse seda kaudselt, potentsiaalide abil. Seejuures

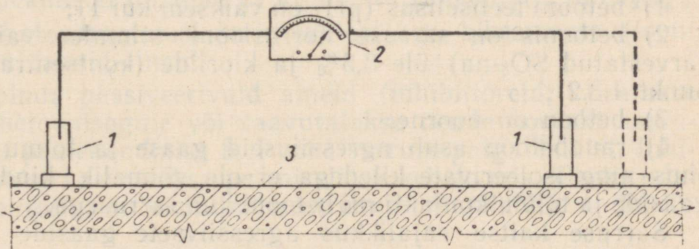
Joon. 1.10. Potentsiaali sarrus-pinnas määramise skeem:
 1 — mittepolariseeruv elektrood;
 2 — mõõteriist;
 3 — kontaktvarras;
 4 — sarrus;
 5 — ehituskonstruksioon



Joon. 1.11. Potentsiaali sarrus-betoon määramise skeem:
 1 — mittepolariseeruv elektrood;
 2 — mõõteriist;
 3 — kontaktvarras;
 4 — sarrus;
 5 — ehituskonstruksioon

mõõdetakse potentsiaal nii sarruse ja pinnase kui ka sarruse ja betooni vahel. Samuti määratakse potentsiaali muutused piki sarrust betooni pinnal. Mõõtmisi tehakse vastavalt joonistel 1.10, 1.11 ja 1.12 näidatud skeemidele.

Potentsiaalide vahede piirväärtused, millest kõrvalekaldumisel tekib sarruse korrosioon uitvoolu mõjul, on toodud tabelis 1.8.



Joon. 1.12. Potentsiaalide muutumise määramine:
 1 — mittepolariseeruv elektrood; 2 — kõrgeomne voltmeeter; 3 — raudbetoonkonstruksioon

Potentsiaalide vahede piirväärtused

Konstruktsiooni nimetus	Määramise tingimused	Potentsiaalide vahed V	
		maksimaalsed	minimaalsed
Maapealsed raudbetoonkonstruktsioonid	Sarrus-pinnas	0	—0,6
	Sarrus-betoon	0	—0,33
	Potentsiaali gradient betooni pinnal	0,025*	0*
Maa-alused raudbetoonkonstruktsioonid	Sarrus-pinnas	—0,11	—0,8

Märkus. Tähekesega tähistatud suuruste dimensioon on V/m.

Elektrokorrosiooni ärahoidmiseks tuleb vältida uitvoolude teket ja betooni märgumist ning kasutada dielektrilisi isolatsioonivahendeid.

1.4. SARRUSE SPETSIAALNE KAITSE KORROSIONI VASTU

1.4.1. Kaitse vajalikkus

Sarruse kaitse vajalikkus oleneb eelkõige betooni ümbritseva keskkonna niiskusesisaldusest. Kui on tagatud, et suhteline õhuniiskus ei ületa 60%, sarruse korrosiooni vastu kaitset ei vaja. Kui suhteline niiskus on üle 60%, eriti aga üle 75%, võib sarruse kaitse osutada vajalikuks.

Sarruse kaitse on vajalik kui:

- 1) betooni leeliselisus (pH) on väiksem kui 11;
- 2) betoonis on sarruse korrosiooni stimuleerivaid sulfaate (arvestatud SO_3 -na) üle 3,5% ja kloriide (kontsentratsioonid vt. punkt 1.3.2);
- 3) betoon on poorne;
- 4) raudbetoon asub agressiivseid gaase ja tolmu sisaldavas õhus ning isoleerivate kiledega ei ole võimalik kindlalt vältida gaaside ja tolmu kontakti nii betooni kui sarrusega.

Sarruse kaitse vajalikkus agressiivsete gaaside ja tolmuta märjas õhus tavaliste sideainete baasil valmistatud betoonides on, olenevalt betooni kivistumise tingimustest, toodud tabelis 1.9.

Sarruse kaitse vajalikkus mitmesugustes betoonides õhu niiskusel üle 75%

Kivistumise liik		Normaalne kivistumine	Aurutamine		Autoklaavimine	
Betooni liik		Tihe betoon	Tihe betoon	Mull-betoon	Tihe betoon	Mull-betoon
Sideaine	portlandtsement	—	—	+		+
	lubi		—	+	+	+
	põlevkivituhktsement		+	+	+	+
	aluminaattsement	—	—			
		+	+			
	räbutsement		+	+	+	+
	kips	+	+	+	+	+
putsolaattsement	—		+	+	+	

Märkus. Tabelis on betoonid, milles sarrus vajab kaitset, tähistatud plussiga ja betoonid, milles sarrus kaitset ei vaja miinusega. Tähistus plussmiinus märgib kaitse vajadust sõltuvalt sideaine eriliikidest.

1.4.2. Kaitsevahendite üldiseloostus

Sarruse korrosiooni pidurdamiseks või vältimiseks kasutatavad kaitsevahendid (vt. tabel 1.10) on sarruse pinda passiveerivad või isoleerivad.

Esimest liiki (s. o. pinda passiveerivad) kaitsevahendid sisaldavad korrosiooni inhibiitoreid, mis pidurdavad kas sarruse korrosiooni anoodprotsessi, vähendades anoodtsooni lahustumiskiirust ja pinda, või katoodprotsessi, pidurdades hapniku ioniseerimist, tema difusiooni katoodile ja teisi katoodtsooni piirkonnas toimuvaid protsesse. Anoodprotsessi mõjutavatest inhibiitoritest kasutatakse peamiselt nitriteid ja kromaate (ioone NO_2^- ja $\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$) sisaldavaid, katoodprotsessi mõjutavatest aga bikromaate (iooni $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) sisaldavaid aineid.

Sarruse pinda passiveerivaid aineid (inhibiitoreid) lisatakse kas otseselt betoonisegule või saavutatakse nende kontakt sarrusega vööbana pealekandmise teel enne sarruse paigaldamist. Inhibiitorite lisamist kasutatakse peamiselt raskebetoonis. Üheks odavamaks inhibiitoriks on tehniline naatriumnitrit (NaNO_2 — ГОСТ 6191-52).

Vajalik NaNO_2 kontsentratsioon jääb seejuures 1,5...3% piiridesse olenevalt kasutatava sideaine omadustest ja betoonis sisalduvate lisandite hulgast.

Jrk. nr.	Kaitsevahendi koostis või vorm	Betooni liik
1	2	3
	I. Inhibiitori lisamine betoonile (% sideaine hulgest)	
1.	Naatriumnitrit:	{ Raske silikaatbetoon Autoklaavitud raske põlevkivituhkbetoon Vahtsilikaatbetoon { Raske ja vahtsilikaatbetoon Aurutatud raske põlevkivituhk- ja räbubetoon Aktiviseeritud raskebetoon
	3%	
	2...3%	
	2%	
	1,5%	
2.	Kaaliumbikromaat 0,1%	Portlandsemendil valmistatud raskebetoon
	II. Kaitsevõõbad	
3.	Portlandtsementi 100, baariumkromaat 2 ja vett 40 kaaluosa	Raskebetoon
4.	Portlandtsementi 100, baariumkromaat 20, kaseiini 5 ja vett 42 kaaluosa	Autoklaavitud vahtbetoon
5.	Portlandtsementi 100, naatriumnitrit 20, kaseiini 5 ja vett 38...40 kaaluosa	Autoklaavitud vahtbetoon
6.	Portlandtsementi 100, naatriumnitrit 10, kaseiini 5 ja vett 38...40 kaaluosa	Lubi-liivbetoon
7.	Portlandtsementi 100, kaseiini 5, vett 38...40 kaaluosa	Vahtbetoon
8.	Portlandtsementi 120, naatriumnitrit 2...4, kaseiini 3, vesiklaasi 8 ja vett 85...120 kaaluosa	Vahtbetoon
9.	Portlandtsement, millele lisada 5...25% orgaanilist kolloidainet ja vett kuni vajaliku konsistentsini	Raskebetoon
10.	Portlandtsementi, 100, baariumkromaat 15 ja piiritust 35 kaaluosa	Räbutsemendil valmistatud mullbetoon
11.	Kaseiin, liiv ja portlandtsement vahekorras 1:2:17	Raskebetoon
12.	Portlandtsement ja vesi vahekorras 1:0,35	Gaasbetoon
13.	Esimene kiht — portlandtsemenditainas, teine kiht — vesiklaas	Gaasbetoon

Tabel 1.10 (järg)

1	2	3
14.	Peent kvartsiiva 100, lupja 25, baariumkromaati 10, veega segunevat orgaanilist lahustit 3 ja vett 5 kaaluosa	Lubi-tuhksideainel valmistatud autoklaavitud betoon
15.	Vedelklaasi 100 ja baariumkromaati 50 kaaluosa	Vahtbetoon
16.	Rasket savimulda 25...26 kaaluosa ehk 23...24% (sellest rasvast savimulda 1...2%), naftabituumenit (mark BH-III ja BH-V vahekorras 1:1) 40...50% ja vett 25...27%	Mullbetoon
17.	Bituumenit 1, portlandtsementi 4...6 ja bensiini või toluooli 1,5 kaaluosa	Mullbetoon
18.	Põlevkivibituumen ja tsement vahekorras 1:2	Põlevkivituhk-mullbetoon
19.	Lubja ja liiva segu ja bituumen vahekorras 2:1	Lubi-liivmullbetoon
20.	Polüstüroolliimi 100, peenliiva (eripind 2500...3000 cm ² /g) 20 ja portlandtsementi 130...200 kaaluosa	Lubi-liivmullbetoon
21.	Portlandtsementi 250, 50%-list polüvinülatsetaatemulsiooni 100, peenliiva 20 ja vett 50 kaaluosa	Lubi-liivmullbetoon
22.	Elastset naturaalkummit sisaldavad katted	Gaasbetoon
	III. Pinna töötused	
23.	Sarruse pinna fosfaatimine	Raske- ja gaasbetoon
24.	Tariraudade tsinkimine	Raske- ja gaasbetoon
	IV. Elektrokeemiline kaitse	
25.	Katoodkaitse	Pinnases või vees asuvas raudbetoonkonstruktsioonides

Inhibiitori lisamine betoonile on tehnoloogiliselt lihtne, kuid tõstab betooni maksumust.

Sarruse pinna pässiveerimist kaitsevõõbaga kasutatakse peamiselt mull- ja kergbetoonides, kus betoonile lisatud inhibiitori kaitseefekt pole betooni poorsuse tõttu maksimaalselt kasutatav ja tema kontsentratsioon peab olema palju suurem.

Kaitsevõõbad koosnevad inhibiitorist, sideainest, elastsust andvast komponendist ja lahustist (vt. tabel 1.10). Võõbas olev inhibiitor kaitseb sarrust korrosiooni vastu. Koos võõpa ümbritseva betooniga tagab kivistuv sideaine betooni ja sarruse normaalse

nakke; elastne lisand tõstab võõba vastupanu paindele, väände- ja löökidele. Võõba elastsus on eriti oluline suuremõõtmeliste karkasside puhul, sest nende läbivajumine transpordil on suur. Viimane võõba komponent — lahusti annab segule vajaliku viskoossuse, sellega aga reguleeritakse sarrusele jääva kihi paksust. Inhibiitorina kasutatakse võõpade koostises nii kaitsevõime kui ka odavuse tõttu naatriumnitritit (tabel 1.10, pos. 5, 6, 8).

Peale naatriumnitriti kasutatakse krooni soolasid (tabel 1.10, pos. 3, 4, 10, 14, 15), mis on hinnalt eelmisest tunduvalt kallimad.

Osa passiveerivaid kaitsevõõpu ei sisalda inhibiitorit. Nende passiveeriv toime seisneb tugevalt leeliselise keskkonna loomises sarruse pinna vahetus läheduses (tabel 1.10, pos. 7, 11, 12, 13). Selliselt loodud leeliseline keskkond kaitseb sarrust korrosiooni vastu betoonides, kus ei leidu korrosiooni stimulaatoreid.

Teine grupp kaitsevõõpu moodustab veega halvasti märguvaid ja seetõttu elektrit mittejuhtivaid (dielektrilisi) katteid. Tiheda dielektriku olemasolu sarruse pinnal pidurdabki sarruse elektrokeemilist lagunemisprotsessi. Selliseid võõpu valmistatakse nii bituumenite kui ka polümeeride baasil.

Bituumenkatteis kasutatakse nii põlevkivi- (БС-V, ТУ ЭССР 1156-64) kui ka naftabituumeneid (БН-III ja БН-V, ГОСТ 1544-52). Põlevkivibituumenid sisaldavad vees lahustuvaid dipoolseid hapnikuühendeid. Juhul kui dielektriline kile on ebatihed, passiveerivad need ühendid sarruse pinda, tekitades sinna elektrilise kaksikkihi, mille väliskihis on positiivne laeng.

Bituumenvõõbad koosnevad kas ainult bituumenist ja täiteainest (tabel 1.10, pos. 18, 19) või lisandub neile veel lahusti (tabel 1.10, pos. 16, 17). Lahustina kasutatakse peamiselt orgaanilisi lahente, nagu bensiin ja bensool.

Polümeerseist ühendest kasutatakse sarruse korrosioonikaitseks peamiselt polüstürooli (tabel 1.10, pos. 20) ja polüvinüülatsaati (tabel 1.10, pos. 21).

Peale eespool käsitletud kaitsevahendite kasutatakse elastset naturaalkummikilet, fosfaatimist ja tsinkimist. Juhul, kui raudbetoon asub hästi elektrit juhtivas keskkonnas, on mõeldav ka sarruse katodkaitse. Katodkaitse põhimõte on toodud käesoleva väljaande kolmandas osas.

1.4.3. Kaitsevahendite sõltuvus betooni sideainest

Eesti NSV-s valmistatakse raudbetoonitooteid ja -konstruktsioone peamiselt vabariigis toodetava kolme sideaine — portlandtsemendi, lubja ja põlevkivituha baasil. Need sideained, erinedes nii keemiliselt kui ka mineraloogiliselt koostiselt, mõjuvad erinevalt ka sarrusele. Sarruse suhtelist korrosioonikiirust autoklaavses peeneteralises raskes portlandtsement-, lubi-liiv- ja põlevkivituhk-

betoonis võib iseloomustada suhtega 1 : 2 : 3, autoklaavsetes mull-betoonides suhtega 1 : 6 (portlandtsement- ja põlevkivituhkbetoonid).

Erinev sarruse korrosioonikindlus neis betoonides viib selleni, et paljud kaitsevahendid, mis on efektiivsed ühe sideaine baasil valmistatud betoonis, ei kaitse sarrust korrosiooni vastu teisel sideainel valmistatud betoonis.

Enamus portlandtsementbetooni valmistatakse kas normaalsest kivistumistingimustes või aurutamise teel. Seetõttu ei vaja sarrus neis betoonides korrosiooni vastu üldiselt kaitset. Sellega seletub ka asjaolu, miks sarruse kaitseks nimetatud sideainel valmistatud betoonides praktiliselt polegi erilisi kaitsevahendeid välja töötatud. Sarruse kaitseks kasutatakse vajaduse korral vahendeid, mida soovitatakse lubi-liiv- ja muude, sarrust vähem kaitsvate betoonide puhul. Tavaliselt piirdub kaitse portlandtsementbetoonide puhul vaid betooni välispinna isoleerimisega ümbritsevast keskkonnast. Betooni kaitsmisega ümbritseva keskkonna kahjustava mõju eest säilitatakse ka betooni loomulik kaitsevõime sarrusele.

Lubi-liivtooteid valmistatakse lubja aeglase kivistumise tõttu peamiselt hüdrotermilise tötlusega. Seetõttu on lubi-liivbetoonides asuva sarruse kaitseks välja töötatud rida vahendeid. Neist soovitatakse kergbetoonides kasutada portlandtsement-nitrit- (tabel 1.10, pos. 5, 6, 8), portlandtsement- (pos. 7), kuuma bituumen- (pos. 19), polüstürool- (pos. 20) ja polüvinüülatsetaativõõpa (pos. 21), bituumen-savipastat (pos. 16) ja külma bituumenmastiksiti (pos. 17).

Põlevkivituhkbetoonis kaitseb enamik nimetatud vahendeid sarrust korrosiooni eest ainult osaliselt. Kaitse tagamiseks on näiteks portlandtsement-nitritkattes vajalik inhibiitori — naatriumnitriti (NaNO_2) kontsentratsiooni tõsta kuni 40 grammini 100 g portlandtsemendi kohta. Kattele elastsuse andmiseks tuleb suurendada ka kaseiini kontsentratsiooni. NaNO_2 kontsentratsiooni tõstmine muudab katte hügrokoopseks, kaseiini kontsentratsiooni tõstmine aga halvendab võõbaga kaetud sarruse naket betooniga. Ilma inhibiitorita portlandtsement- ja polümeer-katted ning samuti ka bituumen-savipasta põlevkivituhkbetoonides sarrust korrosiooni vastu ei kaitse. Seetõttu soovitatakse põlevkivituhkbetoonides kasutada kuuma põlevkivibituumenkatet (tabel 1.10, pos. 18).

Rasketes portlandtsement- ja lubi-liivbetoonides võib kasutada inhibiitori lisamise asemel ka ökonoomsemat lahendust — korrosioonivastase võõba kandmist sarrusele. Nakkeomaduste tõttu sobivad raskebetoonidele polümeervõõbad (tabel 1.10, pos. 20 ja 21). Rasketes põlevkivituhkbetoonides ei ole aga nimetatud katted madalate kaitseomaduste tõttu kasutatavad.

Suuremõõtmeliste sarruskarkasside puhul ei sobi väheelastsed portlandtsementi sisaldavad katted, sest nad purunevad karkassi

transpordil. Peale rabaduse on neil teine negatiivne külg — nad sisaldavad toiduainetetööstuse toorainet kaseiini, mida pole otsustarbekas kasutada. Bituumenkatted on elastsed ja nendega kaetud karkass talub transporti. Bituumenkatte kasutamisel on betooni ja sarruse vaheline nake madalam kui portlandtsement- ja polümeer- võõpade puhul ja võib kaduda täielikult näiteks tulekahju tagajärjel. Seetõttu sobivad bituumenkatted paindekonstruktsioonides ainult juhul, kui sarruskarkassid on hästi ankurdatud.

1.4.4. Kaitsevahendite valik ja vajalikkus olenevalt ekspluatatsioonitingimustest

Sarruse ühe või teise kaitsevahendi kasutamist tingivad peale betooni tiheduse ja sideaine liigi ka raudbetooni ümbritseva keskkonna iseloom.

Agressiivse keskkonna ja betooni vaheliste reaktsioonide tulemusel võib betoon kaotada oma tiheduse ja loomuliku võime kaitsta sarrust. Sarruse korrosiooni vältimiseks tuleb raudbetoon sel juhul väliskeskkonna mõju eest isoleerida.

Keskkondades, mis lahustavad kas betoonis või kaitsevõõbas oleva inhibiitori või milles sisalduvad agressiivsed ühendid võivad astuda inhibiitoriga keemilistesse reaktsioonidesse ja tekitada uued keemilised ühendid, pinda passiveerivaid kaitsevahendeid kasutada ei tohi. Sel juhul sobivad ainult isoleerivad kaitsevahendid.

Vastupidi, kui betoon on kontaktis orgaaniliste lahustitega, pole lubatud kasutada isoleerivaid katteid, kuna viimased võivad kaotada neis tingimustes oma esialgse tugevuse ning tiheduse.

Nii betooni kui ka sarruse kaitsmise vajadus mitmesuguse agressiivsusega keskkondades on raudbetoonkonstruktsiooni iseloomust. Korrosioonikaitse nõuded on seda suuremad, mida suurema koormuse all konstruktsioonid töötavad. Tabelis 1.11 on toodud sarruse ja betooni kaitse vajalikkus mitmesuguste agressiivsete keskkondade puhul olenevalt raudbetoonkonstruktsiooni ja kasutatava sarruse tüübist. Betoonile kantavate värvkatete iseloomustus on antud tabelis 1.12. Sarruse kaitseks korrosiooni vastu soovitatakse kasutada kaitsevõõpu, mis on toodud punktis 1.4.3.

Tabelis 1.11 toodud kaitsevahendid on rakendatavad peamiselt portlandtsementbetoonides ning osaliselt ka lubi-liivbetoonides. Põlevkivituhkbetoonides sarruse korrosiooni ainult betooni tiheduse ja betoonkaitsekihi paksuse suurendamisega vältida ei saa, sest see betoon sisaldab korrosiooni stimulaatoreid.

Märkused tabelile 1.11.

1. W/Z tähistab betooni vesitsemetsuhet.
2. Mitteagressiivne on õhk, mis ei ole reostatud tehnoloogiliste heitgaasidega.
3. Nõrgalt agressiivne on õhk, mis sisaldab väävliigaasi kuni 0,02 mg/l, lämmastikoksiide kuni 0,005 mg/l ja fluoorvesinikku kuni 0,01 mg/l.
4. Keskmiselt agressiivne on õhk, mis sisaldab kloori kuni 0,01 mg/l, kloor-

vesinikku kuni 0,01 mg/l või väävligaasi, lämmastikoksiidi ja fluoressinikku kontsentratsioon, mis ületab kuni viiekordselt märkuses 3 näidatu. Gaasidega võrdset mõju sarrusele ja betoonile avaldavad ammoniumisoolade (ammooniumsulfaadi, ammooniumsulfaetri), naatriumsulfaetri, naatriumsulfaadi ja teiste hügrokoopsete ainete tolmud.

5. Tugevasti agressiivne on õhk, mis sisaldab kloori ja kloorvesinikku enam kui märkuses 4 näidatud, või väävligaasi, lämmastikoksiidi ja fluoressinikku kontsentratsioon, mis ületab enam kui viiekordselt märkuses 3 näidatu. Tugevasti agressiivne on ka õhk, mis sisaldab hügrokoopsete kloorisoolade tolmude kontsentratsiooni üle 10 mg/m³.

6. Atmosfääriõhu niiskuseks kogu Nõukogude Liidu territooriumil (peale mereäärsete piirkondade) loetakse kuni 75%, mere ääres (45...50 km laiuses ribas) aga üle 75%.

7. Kütmata ruumide niiskus loetakse võrdseks välisõhu niiskusega.

8. Sarruse betoonkaitsekihi paksust soovitatakse monoliitsete või mittetüüpsete monteeritavate konstruktsioonide puhul suurendada.

9. Traatsarrusega pingbetoonkonstruktsioone võib kasutada agressiivses õhus niiskusega üle 75% ja ka tugevasti agressiivses õhus niiskusega üle 50% tingimusel, et nähakse ette spetsiaalsed kaitsevahendid ja et konstruktsioonide kui ka nende kaitse seisukorda eksploatatsiooni käigus pidevalt kontrollitakse.

10. Tabelis tähekesega märgitud juhtudel tuleb täiendavalt arvestada punktis 1.4.3 toodud juhendeid.

1.4.5. Tariraudade kaitse suurpaneelhoonetes

Suur osa tänapäeval ehitatavaid hooneid on suurpaneelehitised, kus seni on kõige nõrgemaks lüliks olnud paneelide ühenduskohad. Paneelid ühendatakse tariraudade abil peamiselt keevitusega, kusjuures keevisühendusi kaitstakse ilmastiku mõjude eest monoliitimisega. Seejuures oldi seni arvamusel, et monoliitne vuuk kaitseb ühenduskohta mitte ainult niiskumise ja külmumise vaid ka korrosiooni vastu. Ehitatud suurpaneelhoonetes juures on aga kindlaks tehtud, et tariraudade korrosiooni pole vuukide monoliitimisega võimalik ära hoida. Põhjused on siin järgmised.

Vuukides asuv värske betoon nakkub halvasti paneelide kivistunud betooniga ja vuukides tekib aja jooksul pragude võrk. Pragude tekke põhjuseks on paneelide erinevad deformatsioonid, mis on tingitud paneelide niiskuse ja temperatuuri kõikumistest. Deformatsioonide pikaajalisel mõjumisel puruneb vuugi materjal järk-järgult ja praod võivad saavutada mitmemillimeetrise laius. Nende pragude kaudu pääsevad väljast vesi ning ruumidest aur ja agressiivsed gaasid tariraudade ühenduskohani. Seejuures on praos tekkiv sarruse korrosioon palju intensiivsem tavalisest pindkorrosioonist, sest sarruse pinnal tekivad hapniku ebahühtlase kontakti tõttu galvaaniliste mikroelementide kõrval ka makroelemendid.

Et suurpaneelhooned oleksid kauapüsivad, on tariraudu ja nende ühenduskohti vaja kaitsta korrosiooni vastu. Ajutiste tehniliste tingimuste CH 206-62 kohaselt kasutatakse selleks tsinkimist. Tsingi kandmine eelnevalt ettevalmistatud terase pinnale toimub kas sula tsingi suruõhuga pihustamise (nn. metallitamisega), kuumtsinkimisega või galvaaniliselt. Tarirauale kantava tsingikihi paksus, olenevalt katmise viisist ja ehitusrajooni kliimatingimustest, on toodud tabelis 1.13.

Sarruse korrosioonikaitse mitmesugustes raudbetoonkonstruktsioonides

Raudbetoonkonstruktsiooni iseloomustus	Ohu agressiivsus ja suhteline niiskus					
	mitteagressiivne			nõrgalt agressiivne		
	< 60	60 . . . 75	> 75	< 50	50 . . . 75	> 75
Tavalise sarrusega kandekonstruktsioonid	Normaalse paksusega betoonkaitsekiht	W/Z mitte üle 0,6, normaalse paksusega betoonkaitsekiht	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht	W/Z mitte üle 0,6, normaalse paksusega betoonkaitsekiht	W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht või II grupi värvkate	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht ja III grupi värvkate. Soovitatav lisada inhibiitoreid
Pingbetoonkonstruktsioonid varrasarrusega	"	"	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,5, normaalse paksusega betoonkaitsekiht	"	W/Z mitte üle 0,5, normaalse paksusega betoonkaitsekiht	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht või III grupi värvkate. Soovitatav lisada inhibiitoreid
Pingbetoonkonstruktsioonid traatsarrusega	"	"	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht või III grupi värvkate. Soovitatav lisada inhibiitoreid	"	W/Z mitte üle 0,5, normaalse paksusega kaitsekiht. Soovitatav lisada inhibiitoreid	Portlandsementbetoon, W/Z mitte üle 0,45, suurendatud paksusega betoonkaitsekiht või III grupi värvkate. Soovitatav lisada inhibiitoreid
Piirdekonstruktsioonid poorse täiteainega kergbetoonist	Tiheda struktuuriga betoon	Tiheda struktuuriga betoon ja I grupi värvkate	Tiheda struktuuriga betoon, kaitsekiht raskest portlandsementbetoonist, I grupi värvkate	Tiheda struktuuriga betoon	Tiheda struktuuriga betoon, kaitsekiht raskest portlandsementbetoonist, II grupi värvkate	Neid konstruktsioone mitte kasutada
Piirdekonstruktsioonid mullbetoonist ja autoklaavsest siliikaatbetoonist	Kasutada sarruse kaitsevõõpu*	Kasutada sarruse kaitsevõõpu* ja I grupi värvkate	Neid konstruktsioone mitte kasutada	Kasutada sarruse kaitsevõõpu* ja II grupi värvkate	Kasutada sarruse kaitsevõõpu* ja III grupi värvkate	"

Märkused tabeli 1.11 vt. lk. 32

keskmiselt agressiivne			tugevasti agressiivne		
< 50	50 . . . 75	> 75	< 50	50 . . . 75	> 75
se W/Z mitte üle 0,5, II grupi värvkate	Portlandsement- betoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoon- kaitsekiht ja II gru- pi värvkate. Soovita- tav lisada inhibiito- reid	Neid konst- ruktsioone ei soovitata kasutada	Portlandse- mentbetoon, W/Z mitte üle 0,5, II grupi värvkate. Soovitatav suurendada betoonkaitse- kihi paksust ja lisada inhibiitoreid	Neid konstruktsioone ei soovitata kasutada	
”	Portlandsement- betoon, W/Z mitte üle 0,5, suurendatud paksusega betoon- kaitsekiht või III grupi värvkate. Soo- vitav lisada inhi- biitoreid	Portlandse- mentbetoon, W/Z mitte üle 0,5, III grupi värvkate. Soovitatav suurendada betoonkaitse- kihi paksust ja lisada inhibiitoreid	”	Portlandse- mentbetoon, W/Z mitte üle 0,5, III grupi värvkate. Soovitatav suurendada betoonkaitse- kihi paksust ja lisada inhibiitoreid	Portlandse- mentbetoon, W/Z mitte üle 0,45. Soovita- tav suurenda- da betoon- kaitsekihi paksust ja kaitsta sar- rust vööpa- dega*
se W/Z mitte üle 0,45, suurenda- tud paksusega betoonkaitse- kiht või III grupi värv- kate. Soovita- tav lisada inhibiitoreid	Neid konstruktsi- oone ei soovitata kasutada. Vajaduse korral betoon val- mistada portlandtse- mendil, W/Z mitte üle 0,45. Betoonkait- sekihi paksust suu- rendada ja kasutada III grupi värvkate. Soovitatav lisada inhibiitoreid	Neid konst- ruktsioone ei soovitata kasutada	Neid konst- ruktsioone ei soovitata kasu- tada. Vaja- duse korral betoon val- mistada port- landtsemen- dil, W/Z mitte üle 0,45. Be- toonkaitsekihi paksust suu- rendada ja kasutada III grupi värv- katet. Soovi- tatav lisada inhibiitoreid	Neid konstruktsioone ei soovitata kasutada	
st Tiheda struktuuriga betoon, kait- sekiht raskest portlandtse- mentbetoonist, III grupi värvkate	Neid konstruktsioone mitte kasutada		Tiheda struktuuriga betoon, kait- sekiht raskest portlandtse- mentbetoo- nist, III grupi värvkate	Neid konstruktsioone mitte kasutada	
Kasutada arruse kaitsevööpu* III grupi värvkate	Neid konstruktsioone mitte kasutada				

Värvkatteid betooni isoleerimiseks

Katte grupp	Agressiivse keskkonna iseloomustus	Soovitavad kaitsekihid ja värvkatteid	Kattekihtide arv
1	2	3	4
I.	Suur suhteline õhuniiskus (üle 60%), agressiivsed gaasid puuduvad, esineb vajadus kaitsta betooni niiskumise eest	1) Krunt XBГ-1, ПXBГ-3 või nr. 138 ja pahtel . . . Katted: email ПXB või XB lakk XCЛ 2) Krunt XC-010 ja pahtel . . . Katted: email ПXB või XB lakk XCЛ	1 2 1 1 2 1
II.	Madal suhteline õhuniiskus (alla 60%), õhk sisaldab agressiivseid gaase (HF, HCl, Cl ₂ ja NO ₂), esineb vajadus kaitsta betooni agressiivsete gaaside eest	1) Krunt — plastifitseeritud etinoollakk ja pahtel . . . Katted: etinoolvärvid lakk XCЛ 2) Krunt — lahustatud bituumen ja pahtel Kate — külm bituumenlakk nr. 411, 67 või 68 3) Värv AJI-177 (pahteldatud krundile nr. 177)	1 2 1 1 2 1
III.	Suur suhteline õhuniiskus (60...80%), õhk sisaldab agressiivseid gaase (HF, HCl, Cl ₂ , SO ₂ ja NO ₂), esineb vajadus kaitsta betooni niiskumise ja agressiivsete gaaside eest	1) Krunt — plastifitseeritud etinoollakk, pahtel Katted: kombineeritud bituumen-perkloorvinüülkate email XCЭ lakk XCЛ 2) Krunt — plastifitseeritud etinoollakk, pahtel Katted: bituumen-etinoollakk email XCЭ lakk XCЛ 3) Krunt XC-010, pahtel Katted: email XCЭ lakk XCЛ 4) Krunt — lahendatud pahtel Э-4020 või Э-4021 Katted: epoksüüdpahtel Э-4020 või Э-4021 email ЭП-56 (valge) email ЭП-56 (pruun)	1 2 3 2 1 2 3 2 2 5 2 2 2 2 1 1

Tabel 1.12 (järg)

1	2	3	4
		5) Krunt — lakk ФЛ-1 või Ф-10, lisatud 10% täiteainet, pahtel	2
		Katted:	
		lakk ФЛ-1 või Ф-10, lisatud 15...20% täiteainet	2...3
		lakk ФЛ-1 või Ф-10, lisatud 10% täiteainet	2...3

Märkused. 1. Pahteldamist kasutatakse pinna tasandamiseks. Pahtli koostis on sama, mis krundil; töökonsistentsi saamiseks lisatakse täiteainet.

2. Tabelis toodud värvkatted on kasutatavad tsehhdies ja tööruumides temperatuuriga mitte üle 40° C.

Tabel 1.13

Tsinkkatte nõutav paksus tariraudadel (mm)

Ehitusrajooni kliimatingimused	Pealekandmise meetod	
	kuumtsinkimine või galvaniseerimine	metallitamine
Suhteliselt suure agressiivsete gaaside kontsentratsiooniga õhk (tööstusrajoonid ja linnad)	—	0,2
Puhas, kõrge või mõõduka niiskuse sisaldusega õhk	0,05...0,06	0,1
Kuiv kliima	0,04	0,1

Metallitamisega, kuumtsinkimisega ja galvaaniliselt terasele kantud tsinkkatted omavad nii erinevat tihedust kui ka kontakti terasega. Parim kontakt metallide vahel tekib kuumtsinkimisel, sest tariraua viibimisel sula tsingi vannis (temperatuur 490...510° C) moodustuvad kahe metalli kontaktpinnale raua ja tsingi ühendid (FeZn₇ ja FeZn₃). Metallitamisel ja galvaanilisel tsinkimisel tekib tsingi ja põhimetalli vahele vaid mehaaniline kontakt.

Katte tiheduse järgi reastuvad pealekandmise meetodid järgmiselt: kuumtsinkimine, galvaaniline tsinkimine, metallitamine.

Kuna tsinkkatted on erineva tihedusega, omavad nad raudbetoontoodete autoklaavsel töötlemisel ka erinevat püsivust.

Autoklaavsel töötlemisel metallitamisega pealekantud tsink oksüdeerub ja kaotab tiheda kontakti terasega ning terase korrosiooni pidurdava võime. Lagunemist autoklaavis ei väldi ka instruksiooni CH 206-62 kohaselt ettenähtud klaasi või polümeer-tsemendikiht.

Nii kuumtsinkimisega kui ka galvaaniliselt pealekantud katted jäävad autoklaavis püsivaks isegi survel 12 atü. Arvestades galvaaniliste katete halvemat kontakti põhimetalliga ja tarirau-

dade keerukat kaju, on autoklaavitud raudbetoondetailides otstarbekas kaitsta tariraudu korrosiooni vastu kuumtsinkimisega. Tariraudade kuumtsinkimist kasutatakse reas Nõukogude Liidu maaehituskombinaatides (näit. Stupinos, Zaporožjes, Krivoi-Rogis, Alma-Atas jne.).

Tariraudade tsinkimist on otstarbekas läbi viia tehastes. Keevitamisel kahjustatud tsinkkatte kohad tuleb täiendavalt katta ehitusobjektidel. Selleks võib kasutada mittestatsionaarseid metallitamiseseadmeid ja tsinkprotektorkrunti. Mittestatsionaarset seadet УПН 6-63 toodab Barnauli masinatehas. Tariraudade tehaseliselt tsinkimist on kirjeldatud punktis 1.5.4.

Tsinkprotektorkrunt kujutab endast lakki (XCJI), mille täiteaineks on tsinktolm. Protektorkrundiga võib tariraudu katta nii positiivse kui ka negatiivse temperatuuri (kuni -20°C) juures. Vastavalt välisõhu temperatuurile soovitatakse kasutada tsinktolmu ja laki erinevat vahekorda (vt. tabel 1.14). Jahedate ja külmade ilmade korral lisatakse lakile kergelt auruvat orgaanilist lahustit atsetooni.

Tabel 1.14
Tsinkprotektorkrundi koostis olenevalt õhu temperatuurist

Õhu temperatuur	Kruni koostis grammides		
	tsinktolmu	lakki XCJI	atsetooni
Üle $+5^{\circ}\text{C}$	400	250	—
$+5^{\circ}$. . . -20°C	400	150 . . . 200	40 . . . 50

Krunt kantakse tariraua kuivale pinnale pintsliga või pihustiga (kihi paksus 0,15 . . . 0,2 mm). Krundikiht peab tariraual olema tasane, ilma nähtavate mullide ja pragudeta. Kui keevitamisel kahjustatud tsinkkate on tsinkprotektorkrundi abil uuendatud ja kattekiht kuivanud, toimub vuukide monoliitimine. Kuivamiseks vajalik aeg oleneb samuti välisõhu temperatuurist. Monoliitimine portlandtsement-liivmördiga võib toimuda, kui protektorkrundi pealekandmise momendist on möödunud 3 kuni 48 tundi (vt. tabel 1.15).

Tabel 1.15
Tsinkprotektorkrundi kuivamiseks vajalik aeg

Temperatuur	Aeg tundides
Positiivne	3 . . . 4
0 . . . -15°C	24
-15° . . . -20°C	48

1.4.6. Sarruse kaitse raudbetoonsildades, -viaduktides, -mastides ja -vundamentides

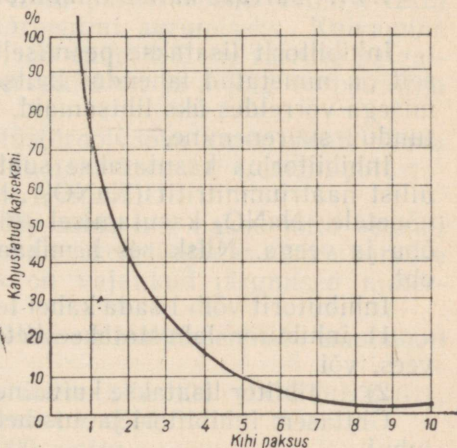
Sarruse korrosioonikindlus on neis konstruktsioonides üldjoontes sama, mis vastaval sideainel valmistatud muudes raudbetoonkonstruktsioonides. Kuna nimetatud ehitistel on tihe kontakt pinnasega, lisandub neis konstruktsioonides sarruse elektrokorrosiooni oht uitvoolude mõjul. Elektrokorrosiooni kahjustava mõju vältimiseks on eelkõige vaja kaitsta konstruktsiooni niiskumise eest. Selleks tuleb:

- 1) alandada dreanaažsüsteemiga pinnasevete nivood nii, et see jääks 0,5 m võrra allapoole konstruktsiooni;
- 2) lisada betoonile hüdrofoobseid aineid (näit. räniorgaanilised ühendid) või töödelda nendega betooni välispinda;
- 3) isoleerida betoon pinnasest dielektriliste katetega.

Üheks kasutatavamaks kaitsevahendiks on bituumenisolatsioon, mida valmistatakse bituumenist mark BH-IV ja BH-V ning täiteainest. Täiteaineks kasutatakse peent kvartslüüa,peenendatud vulkaniseeritud kummit, asbesti, kaoliini jne. Et isolatsioon paremini betooniga nakuks, kaetakse viimase pind algul bituumenmastiksiga (koosneb bituumenist ja bensiinist kaalulises vahekorras 1:2,25, mahuline vahekord 1:3); kui õhu temperatuur on alla -5°C peab mastiks sisaldama veel 3...5% plastifikatorit.

Bituumenisolatsioonikiht peab olema tihe, s. t. ilma pooride, mullide ja pragudeta. Soovitavaks kihi paksuseks on 4...5 mm (vt. joon. 1.13). Kihi paksuse edasine suurendamine ei tõsta oluliselt bituumenisolatsiooni kaitsevõimet. Kaitsevõime tõstmiseks tuleb kanda mastiks pinnale mitmes kihis.

Joon. 1.13. Bituumenisolatsiooni kaitsevõime olenevus kihi paksusest. Kihi paksus näidatud millimeetris



Tuleb tähendada, et maa-aluste raudbetoonkonstruktsioonide eksploatatsioonipraktikas pole bituumenisolatsiooni kasutamine mitte alati õigustatud, kuna see võib osutada mittepüsivaks.

Paremini kaitsevad raudbetooni elektrokorrosiooni vastu polüetüleenkiled ja muud polümeeride baasil valmistatud katted; nende praktilist kasutamist piirab praegu veel kõrge hind ja defitsiitsus.

Väga rasketes eksploatatsioonitingimustes, kus pinnase eritakistus on alla 10 Ω m (näiteks niisked soolarikkad pinnased), on vajalik eriti vastupidav isolatsioon. Neis tingimustes kaetakse pind kahe- kuni kolmekordse isolatsioonimaterjalikihiga. Isoleerimiseks sobivateks leht- või rullmaterjalideks on hüdroisool, brisool, isool ja reliin.

Lihtsaim isolatsioonimaterjali pealekandmise viis on järgmine.

Puhtale betoonpinnale kantakse krundina bensiniis lahustatud bituumen (mahuliselt 1 osa bituumenit ja 3 osa bensini). Selliselt ettevalmistatud pinnale kleebitakse rullmaterjal bituumenmastiksiga, mis koosneb bituumenist mark BH-IV (70..75%) ja mineraalsest täiteainest (25...30%).

Isolatsioonikihti pahteldatakse bituumenmastiksiga.

Et hoida isolatsioonikihti mehaaniliste kahjustuste eest, mis pinnasega kokkupuutel võivad tekkida, soovitatakse kuum bituumenmastiks katta jõupaberiga. Eriti vastutusrikkastel juhtudel kaetakse isolatsiooni pind bituumenis immutatud keraamiliste (punaste) tellistega.

1.5. SARRUSE KAITSE TEHAstes VALMISTATAVATES RAUDBETOONDETAILIDES

1.5.1. Sarruse kaitse inhibiitori lisamisega betoonisegule

Inhibiitorit lisatakse peamiselt raskebetoonidele. Tehnoloogiliselt on nimetatud lahendus kaitsevõõpade, fosfaatimise ja tsinkimisega võrreldes üks lihtsamaid. Puuduseks on betooni omahinna tunduv suurenemine.

Inhibiitorina kasutatakse suhteliselt odavat kemikaali — tehnilist naatriumnitritit (NaNO_2), mis peab vastama GOST 6194-52 nõuetele. NaNO_2 kasutamisel tuleb vältida tema kontakti niiske õhu ja veega. Niiskuses kemikaal rikneb ja tekib aladoseerimise oht.

Inhibiitorit võib lisada kahel teel:

1) inhibiitor lahustatakse betooni valmistamiseks kasutatavas vees, või

2) inhibiitor lisatakse kuivainena betoonisegistisse.

Ühtlasem inhibiitori jaotus betoonisegus saavutatakse esimesel juhul.

Inhibiitori lisamiseks tuleb betooni valmistamise tehnoloogilist sõlme täiendada esimesel juhul inhibiitori dosaatori ja segajaga varustatud lahustuspaagiga, teisel juhul vaid dosaatoriga.

Valmis betoonisegus tuleb inhibiitori kontsentratsiooni kontrollida keemilise analüüsiga.

Ohutustehnika seisukohalt on soovitatav vältida naatriumnitriidi (NaNO_2) kontakti nahaga, sest see mõjub viimasele ärritavalt.

1.5.2. Sarruse kaitse korrosioonivastaste vööpadega

Tsement-polüstüroolvööp tagab katte hea nakke terase ja betooniga, mis võimaldab teda kasutada nii mull-, kerg- kui ka raskebetoonides.

Vööba valmistamiseks kasutatakse järgmisi materjale:

1) portlandtsementi margiga mitte alla 400 (ГОСТ 970-61). Hüdraatunud, tükkis tsement pole kasutatav, kuna halvenevad vööba omadused;

2) liiva eripinnaga 5000...6000 cm^2/g ;

3) tärpentini (ГОСТ 1571-54) või metakrüüli (ТУ ХХЛ 2811-58);

4) polüstüroolliimi. Polüstürooli turustatakse kas granuleeritud või emulsioonina. Liimi saamiseks lahustatakse polüstürool-emulsioon tärpentinis vahekorras 3:17.

Tsement-polüstüroolvööpa valmistatakse 100 kaaluosast polüstüroolliimist, 20 kaaluosast liivast ja 130...200 kaaluosast portlandtsemendist. Valmistamisel segatakse polüstüroolliimiga väikeses annustes liiv ja tsement. Valmis segu peab olema hapukoore konsistentsiga.

Vööp kantakse sarrusele viimase kastmise teel seguga täidetud vanni. Sarrusele jääva kattekihi paksust reguleeritakse segu konsistentsi muutmisega. Sarrusel tuleb pärast vööba katmist lasta kuivada, s. t. anda võimalus tärpentini aurumiseks. Kuivamine kestab 18...20° C juures ca 15...30 minutit. Enne sarruse paigaldamist tuleb kontrollida katte terviklikkust ja mõõta varbsirkliga kihi paksust.

Ruum, kus asub tsement-polüstüroolvööba vann, peab olema hea ventilatsiooniga. Tuleb vältida naha kontakti tsement-polüstüroolvööbaga, sest ta mõjub nahale ärritavalt.

Tsement-polüvinüülatsetaativööp sobib hea nakke tõttu betooni ja sarrusega nii mull-, kerg- kui ka raskebetoonides asuva sarruse kaitseks. Vööba valmistamiseks on vajalikud järgmised materjalid:

1) polüvinüülatsetaadi 50%-line plastifitseeritud emulsioon (БТУМ 363-56);

2) portlandtsement margiga mitte alla 400 (ГОСТ 970-61). Tugevalt hüdraatunud tükkis tsement ei sobi;

3) liiv eripinnaga 3000...4000 cm^2/g .

Tsement-polüvinüülatsetaatvõõpa valmistatakse vahekorras 100 kaaluosa 50%-list polüvinüülatsetaadi emulsiooni, 250 kaaluosa portlandtsementi, 20 kaaluosa liiva ja 50 kaaluosa vett.

Valmistamisel segatakse polüvinüülatsetaadi emulsioon vajaliku hulga veega. Saadud lahusele lisatakse osade kaupa portlandtsement ja liiv. Valmis segu peab olema hapukoore konsistentsiga. Peale valmistamist lastakse segul õhumullide eraldumiseks 20..30 minutit seista.

Sarrus kastetakse võõbaga täidetud vanni. Järgneb katte kuivamine 18...20° C juures (ca 40...60 minutit). Kuivanult peab tsement-polüvinüülatsetaadikihi paksus olema 0,4...0,5 mm. Kate peab sarrusel olema sile, ilma mullide, pragude ja muude vigastusteta.

Külma bituumenmastiksit kasutatakse peamiselt mull- ja kergbetoonides.

Mastiks koosneb naftabituumenist mark BH-V (ГОСТ 1544-52) ja tsemendist. Ühe kaaluosa bituumeni kohta võetakse 4...6 kaaluosa portlandtsementi. Segu viiakse orgaanilise lahustiga (bensiin, toluool jt.) vajaliku konsistentsini.

Segu valmistatakse järgmiselt.

Tükeldatud (tüki suurus mitte üle 100 mm) bituumen sulatakse katlas. Sulatatud bituumen jahutatakse temperatuurini 70...80° C ja lisatakse väikestes annustes ettevaatlikult segades orgaaniline lahusti (1 kaaluosa bituumeni kohta 1,2 kaaluosa lahustit). Saadud lahus jahutatakse temperatuurini 25...15° C ja lisatakse hoolikalt segades väikeste annustena tsement. Segu viiakse lahusti täiendava lisamisega hapukoore konsistentsini.

Segu kantakse sarrusele vanni kastmise teel. Peale katmist tuleb sarrusel lasta kuivada. Kuivanud kihi paksus peab olema 0,3...0,4 mm.

Kuna külma bituumenmastiksi puhul on tegemist kergeltlennuvate plahvatus- ja tuleohtlike lahustitega (bensiin, toluool), peab nii mastiksi valmistamine kui ka pealekandmine toimuma isoleeritud, tugeva ventilatsiooniga ruumis. Mastiksiga kaetud sarrus peab kuivama erilistes kambrites. Tuleb jälgida, et bensiini ja toluooli kontsentratsioonid töötsooni õhus ei ületaks normides ettenähtud piire.

Bituumeni sulatamisel tuleb täita tuleohutuse nõudeid ja väidida töötajate vahetut kontakti kuuma bituumeniga.

Bituumen-savipastat on soovitatav kasutada mull- ja kergbetoonides. Valmistatakse naftabituumeni (ГОСТ 1544-52) markide BH-III ja BH-V segust vahekorras 1:1, savist kui emulgaatorist ja veest vastavalt tabelis 1.16 toodud koostisele.

Pasta valmistamisel kuumutatakse bituumenit (markide BH-V ja BH-III segu) temperatuurini 160...180° C. Auruküttega segis-

Bituumen-savipasta koostis (kaaluprotsentides)

Variant	Emulgaatorid (kuivad)		Bituumen	Vesi
	raske savimuld	rasvane savimuld raske savimulla hulgast		
1	24...26	1...2	45...50	25...27
2	23...24	2...4	45...50	25...27

Märkus. Alla 0,005-mm läbimõõduga osakeste sisaldus raskes savimullas variandis 1 on 20...30%, variandis 2 — 15...20%.

tis valmistatakse savi vesilahus temperatuuriga 90...95° C. Kuumale savilahusele lisatakse pidevalt segades 10-liitriste annustena kuum bituumen arvestusega, et ühe osa savilahuse kohta tuleb 1,8...2,0 osa kuuma bituumenit. Peale igakordse bituumeniannuse lisamist tuleb saadud emulsiooni veel 2...3 minutit täiendavalt segada. Bituumen-savipasta mahukaal on 1,22...1,25.

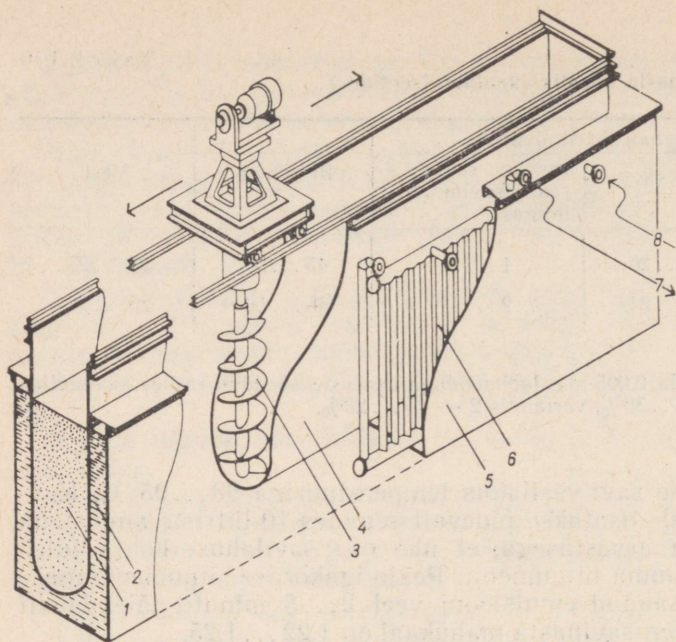
Pastat hoitakse positiivse temperatuuri juures kinnises taaras; teda võib kasutada kuni 3 kuud. Et vältida pasta paksenemist seismisel, valatakse talle 2...3 cm paksune veekiht. Enne kasutamist lisatakse pastale vajaduse korral vett töökonsistentsini, s. o. mahukaaluni 1,14...1,18.

Pasta kantakse sarrusele viimase kastmisega pastaga täidetud vanni. Peale kuivamist peab sarrus olema kaetud 0,2...0,35 mm paksuse kihiga.

Segu valmistamisel, bituumeni kuumutamisel ja segistisse valamisel tuleb täita nii tuleohutuse kui ka tööhügieeni nõudeid.

Kuum põlevkivibituumenvõõp koosneb põlevkivibituumenist (ENSV VTT 1156-64) mark BC-V ja portlandtsemendi (ГОСТ 970-61) mark 400 või 500 segust kaalulises vahekorras 1:2. Põlevkivibituumeni pehmenemistäpp peab rõnga ja kuuli meetodil olema $62 \pm 2^\circ \text{C}$. Enne segu valmistamist kuumutatakse bituumenit temperatuurini 150...160° 1,5...3,0 m³ suuruses paagis. Kuumutatud bituumenile lisatakse pidevalt segades portlandtsement. Segu on kasutamiseks valmis, kui aurumullide eraldumine lõpeb ja segu koostis ning konsistents on ühtlane.

Kuum valmis segu suunatakse köetavasse vanni, kus teda hoitakse 145...155° C juures. Segu temperatuuri säilitamiseks ühtlasena on soovitatav vann ümbriseda kuuma õliga täidetud sär-giga (vt. joon. 1.14). Tsemendi settimise vältimiseks tuleb segu aeg-ajalt segada. Joon. 1.15 toodud vann on varustatud vastava mehaanilise segistiga.



Joon. 1.14. Kuuma põlevkivibituumenisegu vann:
 1 — kuum segu; 2 — silindriõli; 3 — segisti; 4 — sisemine vann; 5 — väline vann; 6 — aurupatareid; 7 — kasutatud aur; 8 — värske aur

Kate kantakse sarrusele kuuma segusse kastmise teel. Nõutav kattekihi paksus 0,5...0,7 mm saavutatakse sarruse vannis hoidmise kestuse reguleerimisega. Vannis hoidmise kestus 0,5...0,7 mm paksuse kate saamiseks on toodud tabelis 1.17.

Tabel 1.17

Sarruskarkasside hoidmise kestus (min.)
 kuumas bituumen-tsementsegus

Sarruse läbimõõt mm	Segu temperatuur	
	145...149° C	150...155° C
12	9	7
10	7	5
5	4	3

Märkus. Erineva läbimõõduga varrastest koosneva sarruskarkassi puhul määratakse vannis hoidmise kestus töösarruse läbimõõdu järgi.

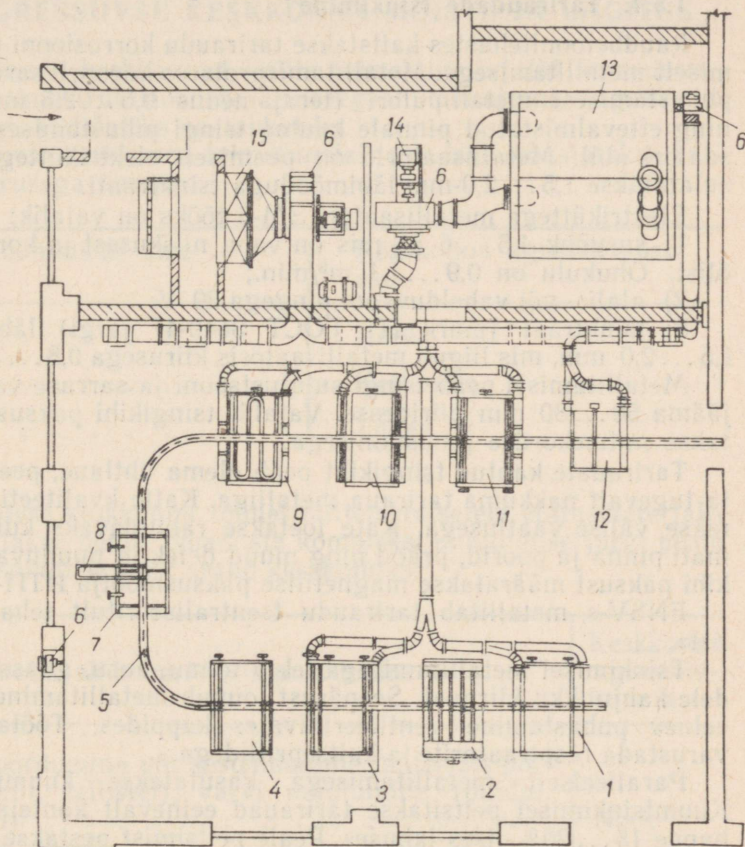
Kattekihi paksust ja terviklikkust kontrollitakse peale kate jahutamist. Mitteküllaldase ja liigse paksuse ning defektide puhul kastetakse karkass segusse teistkordselt. Liiga paks kiht pole lubatav, sest see vähendab sarruse ja betooni vahelist naket.

Kate ei vaja kuivatamist. Jahtumisel ta kõvastub ja sarrust võib kohe kasutada.

Ohutustehnika seisukohalt on vajalik, et kuuma bituumensegu vanni ümbritseksid piirdetarad ja et vanni juures töötajad oleksid varustatud kaitseprillide ja kinnastega.

1.5.3. Fosfaatimine

Fosfaatimist kasutatakse peamiselt traatsarruse kaitseks korrosiooni vastu. Fosfaatimisel tekitatakse sarruse pinnale 8...10 µm paksune fosforhappe-, raua- ja mangaanisoolade kelme. Kogu protsess koosneb kahest põhiastmest:



Joon. 1.15. Traatsarruse fosfaatimisseadme skeem:
 1 — rasva ärastamise ja neutraliseerimise vann; 2 — kuumpesemise vann; 3 — vase ärastamise vann; 4 — veejoaga pesemise vann; 5 — monoreiss; 6 — ventilaator; 7 — kuivatusaparaat; 8 — monorelsi post; 9 — peeltsimise vann; 10 — fosfaatimislahuse vann; 11 — passi veerimisvann; 12 — lakivann; 13 — kruusifilter; 14 — elektrimootor; 15 — kalorifeerid.

- 1) sarruse pinna puhastamine rasvast, roostest ja mustusest;
- 2) fosfaatimine koos järgneva passiveerimisega kaaliumkromaadi lahuses ning pinna lakkimisega.

Need kaks põhietappi koosnevad üksikoperatsioonide keerukast süsteemist.¹

Fosfaatimisprotsessis kasutatavate seadmete skeem on toodud joonisel 1.15.

Kuna paljud fosfaatimisel kasutatavatest kemikaalidest (CrO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SO_4 jt.) mõjuvad nahale ärritavalt või kahjustavalt, tuleb kasutada eririietust.

Ruumides peab olema nõuetekohane ventilatsioon.

1.5.4. Tariraudade tsinkimine

Raudbetoonitehastes kaitstakse tariraudu korrosiooni vastu peamiselt metallitamisega. Metallitamisprotsess koosneb sarruse pinna puhastamisest metallipulbri (terajämedus 0,5...2,5 mm) joaga ning ettevalmistatud pinnale kuuma tsingi pihustamisest metallisaatori abil. Metallisaatorid on peamiselt elektriküttega ja neis sulatatakse 1,5...2,0-mm läbimõõduga tsinktraati.

Elektriküttega metallisaatori ЭМ-6 tööks on vajalik:

- 1) suruõhk 4,5...6 at, mis on vaba niiskusest ja kompressoriõlist. Õhukulu on 0,9...1,1 m³/min.;

- 2) alalis- või vahelduvvool pingega 20 V;

- 3) tsinktraat (mark Ц1 ГОСТ 3640-47 järgi) läbimõõduga 1,5...2,0 mm, mis liigub metallisaatoris kiirusega 0,8...1,1 m/min.

Metallitamisel peab tsingi sulatustsooni ja sarruse vahekaugus jääma 50...80 mm piiridesse. Vajalik tsingikihi paksus saavutatakse mitmekordse pihustamisega.

Tarirauale kantud tsingikiht peab olema ühtlane, peeneteraline ja tugevalt nakkuma tariraua metalliga. Katte kvaliteeti kontrollitakse välise vaatlusega. Kate loetakse rahuldavaks kui ta omab mati pinna ja poorid, praod ning muud defektid puuduvad. Tsingikihi paksust määratakse magnetilise paksusmõõtja ИТП-1 abil.

ENSV-s metallitab tariraudu tsentraliseeritult tehas «Metallist».

Tsinkimisel metallitamisega tekib tolmu, auru, gaase ja silmadele kahjulikku kiirgust. Seepärast toimub metallitamine ja pinna eelnev puhastamine ventileeritavates kappides. Töötajad tuleb varustada respiraatorite ja kaitseprillidega.

Paralleelselt metallitamisega kasutatakse kuumtsinkimist. Kuumtsinkimisel peitsitakse tariraud eelnevalt konteineris soolhappe 15...20%-lises lahuses. Peale peitsimist pestakse tariraudu kuuma ja külma veega; seejärel asetatakse iga detail üksikult sula tsingi vanni. Sula tsingi temperatuur tuleb hoida 490...510° C.

¹ Fosfaatimisprotsessi üksikoperatsioonid on toodud Ukraina NSV Ehituse ja Arhitektuuri Akadeemia väljaandes «Защита арматуры от коррозии». Гос. издательство литературы по строительству и архитектуре УССР, Киев 1961.

2. EHITUSKONSTRUKTSIOONIDE KORROSIONIKAITSE

2.1. AGRESSIIVSE KESKKONNA MÕISTE JA LIIGITUS

Agressiivsed keskkonnad, mille toimet materjalid korrodeeruvad kuni konstruktsioonide enneaegse hävimiseni, jagunevad gaasilisteks, vedelateks ja tahketeks.

Agressiivse keskkonna toimet metallidele iseloomustatakse korrosioonikiirusega aastas:

Korrosioonikiirus mm aastas	Keskkonna agressiivsuse aste
Kuni 0,1	Nõrk
0,1...1	Keskmine
Üle 1	Tugev

Agressiivse keskkonna toimet mittemetalsetele ehitusmaterjalidele hinnatakse nende omaduste kompleksi muutumise järgi peale aastast ekspluateerimist antud keskkonnas:

Ehitusmaterjalide omaduste muutumine	Keskkonna agressiivsuse aste
Nõrk koordumine või kestendamine materjali pinnal (betoonil, tellistel), värvi muutumine (puidul, plastmassil)	Nõrk
Juuspraod betoonis; konstruktsiooni nurkade ja servade purunemine. Puidu lõhenemine, plastmassi deformeerumine	Keskmine
Tugev materjali lagunemine (silмага nähtavate pragude tekkimine, tükkide väljalangemine)	Tugev

Keskkonna agressiivsuse aste on muutuv suurus, mis oleneb paljudest teguritest, näit. keskkonna keemilisest koostisest, ainete kontsentratsioonist, temperatuurist, õhu suhtelisest niiskusest, õhu vahetuse kiirusest, materjali enda poorsusest jne.

Seetõttu ühe ja sama keemilise koostisega keskkond võib isegi ühe ja sama materjali suhtes olla kord nõrgalt, kord tugevasti agressiivne.

2.1.1. Gaasilised keskkonnad

Tsementbetoonidele avalduva toime järgi jaotatakse tööstuses sagedamini esinevad gaasid järgmiselt:

tugeva agressiivsusega gaasid — vääveltrioksiid SO_3 , fluo-
vesinik HF , kloorvesinik HCl , lämmastikoksiidid NO_2 , NO_3 ja
kloor Cl_2 ;

keskmise agressiivsusega gaasid — vääveldioksiid SO_2 ja vää-
velvesinik H_2S ;

nõrga agressiivsusega gaasid — süsihappegaas CO_2 , väävel-
süsinik CS_2 ja ränitetetrafluoriid SiF_4 .

Vingugaas CO ja puhas ammoniaak NH_3 on betooni suhtes
mitteagressiivsed.

Gaasilise keskkonna agressiivsuse astet mõjutab väga tugevasti
õhu suhteline niiskus.

Normaalse suhtelise õhuniiskuse (alla 60%) puhul on isegi
tugeva agressiivsusega gaaside toime kaitsmata betoonile nõrk.
Agressiivsete tolmu- ja nagu ZnCl_2 , CaCl_2 , MgCl_2 esinemisel õhus
tuleb aega arvestada kondensaadi tekkimise võimalust ka normaalse
õhuniiskuse juures.

2.1.2. Vedelad keskkonnad

Vedelike agressiivne toime oleneb nende keemilisest koostisest,
agressiivsete lisandite kontsentratsioonist, temperatuurist ja konst-
ruktioonidega kokkupuutumise tingimustest.

Hapete, leeliste ja soolalahuste puhul lisandub olulise näitajana
vesinikioonide kontsentratsioon, mille põhjal lahused jaotatakse
leeliselisteks ($\text{pH} > 7$), happelisteks ($\text{pH} < 7$) ja neutraalseteks
($\text{pH} = 7$).

Happed ja leelised. Kõige ohtlikumad on ehituskonstruksiooni-
dele tugevad anorgaanilised happed — väävel-, lämmastik- ja sool-
hape. Orgaaniliste hapete toime on üldiselt nõrgem. Erandiks on
äädikhape, mis hävitab betooni kiiresti. Oblikhape näiteks see-
vastu betoonile ei mõju.

Puit laguneb kontsentreeritud hapete toimel, keskmise kontsent-
ratsiooniga hapete toime on nõrk. Äädikhape puidule ei mõju.

Leelistest on ehitusmaterjalidele eriti ohtlikud naatrium- ja kaaliumhüdrosiidi lahused. Isegi teras, mis tugeva ja keskmise kontsentratsiooniga leeliselahustes passiveerub, korrodeerub lahjades leeliselahustes. Puit laguneb keskmise ja kõrge kontsentratsiooniga leeliselahustes. Nõrkade leeliste (baariumhüdrosiidi, kaltsiumhüdrosiidi, ammoniaagi) lahused ei kahjusta puitu. Plastmassidest pole leelisekindlad fenoolformaldehüüdvaigud, polüvinüülatsetaat jne.

Ammoniaagi vesilahused, mis ei sisalda ammoniumisooli, pole betooni suhtes agressiivsed. Naatriumhüdrosiidi lahused on betoonile ohtlikumad kui kaaliumhüdrosiidi lahused, kuna nad moodustavad betooni poorides aurumisel kristallhüdraate.

Tavaline joogivesi on nõrgalt leeliselise reaktsiooniga ($\text{pH} = 8 \dots 8,5$) ja tsementbetoonile ei mõju. Kuid vesiklaasi baasil valmistatud happekindel betoon laguneb isegi lahjade leeliselahuste toimel.

Soolalahuste suhtes on püsivad paljud plastmassid, samuti bituumeni ja tõrva baasil valmistatud mastiksid.

Neutraalsed (tugeva happe ja aluse) soolad puidule ei mõju, kuid raua-, tsingi- ja alumiiniumisoolad mõjuvad puidule agressiivselt.

Soolalahuste toimet metallidele illustreerib tabel 2.1.

Soolalahuste toime metallidele

Tabel 2.1

Nimetus	Kontsentratsioon %	Temperatuur °C	Metalli mark või liik	Korrosiooni kiirus mm aastas
Naatriumsulfaat . . .	10	100	Kroom- ja kroomnikkelteras	0,1
Naatriumsulfaat, kaaliumkloriid . . .	10	20	Alumiinium	0,1
Naatriumkloriid . . .	0,15	17	Ст. 3	0,05
Tsinkkloriid . . .	Küllastunud lahus	20	Alumiinium	0,011
„	„	Keemine	„	0,036
„	„	„	„	0,32
„	„	„	„	8,14

Leelismetallide ja ammoniumi kloriidide, sulfaatide ja nitraatide lahused, nagu NaCl , KCl , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , NH_4NO_3 , KNO_3 jne., annavad rauaga reageerimisel lahustuvaid korrosiooniprodukte, mis kiirendavad korrosiooniprotsessi. Sooda, potas, naatrium- ja kaaliumsilikaat ning fluororänihappesoolad (Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Na_2SiF_6 jne.) seevastu moodustavad metalli pinnal korrosiooniprotsessi aeglustavaid korrosiooniprodukte.

Hapnikurikkad soolad, nagu kroomisoolad ja kaaliumperman-ganaat, muudavad metalli pinna passiivseks ja kaitsevad teda seega korrosiooni vastu.

Hapete, leeliste, soolade ja suhkrulahuste agressiivset toimet tsementbetoonile on iseloomustatud tabelis 2.2 toodud andmetega.

Tabel 2.2

Vedelike agressiivne toime tsementbetoonile

Agressiivse keskkonna nimetus	Keskkonna agressiivsuse aste olenevalt kontsentratsioonist (kaaluprotsentides)		
	nõrk	keskmine	tugev
Hapete vesilahused	Määratakse CH 249-63* järgi	pH = 4...1	pH < 1
Tugevate leeliste lahused	„	8...15	> 15
Ammooniumisoolade lahused	„	0,1...0,5	> 0,5
Sulfaatide lahused (naatrium-, kaalium- ja magneesiumsulfaadid)	„	0,5...1	> 1
Muude soolade lahused	„	2...5	> 5
Suhkru-, siirupi- ja mahlade lahused	< 0,3 (suhkru- ja hüdrolüüsi-tehaste heitveed)	0,3...1 (viinamarja-veinid)	> 1 (marjamah-lad, siirupid)

Märkused. 1. Tabelis on arvestatud keskkonna temperatuuriga 25° C. Temperatuuri tõus kuni 70°-ni tõstab vedeliku agressiivsuse astet ühe jaotuse võrra. Kui temperatuur on üle 70° C, valitakse konstruktsiooni korrosioonikaitse eriprojekti järgi.

2. Orgaaniliste hapete puhul, kui pH ei näita sageli õiget agressiivsuse astet, valitakse korrosioonikaitse katseliste andmete põhjal.

3. Betoonile mõjub agressiivselt suhkru-, siirupi- ja mahlade lahustes esinev suhkur. Sünteetiliste vaikude (fenool-, polüvinüülkloriid-, furaanvaik) baasil valmistatud plastmassid on suhkrulahuste suhtes püsivad olenemata viimaste kontsentratsioonist, samuti on püsivad puit ja keraamika. Süsinikerase, terase 15°C, bituumen- ja tõrvmastiksiste suhtes on suhkrulahused nõrga agressiivse toimega.

Taimeõlid, loomarasvad ja mineraalõlid. Taimeõlide ja loomarasvade agressiivne toime betoonile on tingitud nendes esinevatest rasvhapetest ja on suurem kõrgemate temperatuuride puhul.

Mineraalõlide agressiivne toime betooni suhtes seletub betooni suure märgumisvõime ja kapillaarimavusega. Betooni imunud õli rikub selle struktuuri. Kindlaks on tehtud, et mineraalõlide toimel väheneb betooni tugevus 2,5 aasta jooksul 35% ning sarruse ja betooni nake 40...50%.

Vesiklaasi baasil valmistatud betoon on mineraalõliledele vastupidavam. Väavli ja mineraalhapete lisand õlides suurendab nende

agressiivsust tavalise betooni suhtes ja kutsub esile ka sarruse korrosiooni.

Tõrv ja pigi ei ole õli- ega rasvakindlad, nad pehmenevad viimaste pikaajalisel toimel. Bituumenisegud kaotavad oma tugevuse kiiresti, samuti naturaal- ja stüroolbutadieenkautšuki ühendid, polüisobutüleen- ja kumaronvaik.

Polüvinüülkloriid-, perkloorvinüül-, fenool-, furiil-, furaan-, epoksüüd-, polüuretaan-, polüamiid- ja polüestervaikude baasil valmistatud plastmassid on püsivad kõigi õlide ja rasvade suhtes.

Polüvinüülatsetaivaik on püsiv ainult neutraalsete õlide suhtes. Polüetüleen- ja polüpropüleenvaigule toimivad õlid ja rasvad nõrgalt.

Nairiit- ja tiokookkautšukid ning tihedad keraamilised materjalid on täiesti õli- ja rasvakindlad.

Orgaanilised lahustid. Happelisi või väävliühendeid sisaldavad lahustid, nagu näiteks väävelsüsinik ja süsiniktetrakloriid, on betooni ja metalli suhtes agressiivsed. Samuti nagu õlid ja rasvad imuvad ka orgaanilised lahustid kergesti betooni ja vähendavad sellega betooni tugevust ning sarruse naked. Eriti tihe betoon ja keraamika on enamiku lahustite suhtes püsivad. Teras, puidu ja vesiklaasi baasil valmistatud betooni suhtes on lahustid nõrga agressiivse toimega.

Kõik lahustid on tugevasti agressiivsed bituumeni ja tõrva suhtes. Plastmasside suhtes on nende toime mitmesugune.

Tabel 2.3

Õlide, naftaproduktide ja lahustite toime betoonile

Agressiivse keskkonna grupp	Keskkonna nimetus	Agressiivsuse aste
Õlid	Mineraalõli	Nõrk
	Taimeõli	Keskmine
	Loomarasv	"
Naftaproduktid	Masuut (väävlirikas)	Nõrk
	Nafta (väävlirikas)	"
	Diisliõli	Keskmine
Orgaanilised lahustid	Ksulool	} Mitteagressiivsed, kuid imuvad hästi betooni
	Atsetoon	
	Etüülatsetaat	
	Alkoholid	} Nõrk
	Väävelsüsinik	
	Süsiniktetrakloriid	
	Kloroform	

Märkus. Tabelis on arvestatud keskkonna temperatuuri 20° C. Temperatuuri tõus 70°-ni tõstab agressiivsuse astet ühe jaotuse võrra.

Aromaatsete ja, eriti, klooritud süsivesinike toimel lagunevad peaaegu kõik sünteetilised vaigud. Polüisobutüleen näiteks on püsiv ainult atsetooni ja etüülalkoholi suhtes. Alifaatsetes süsivesinikes on sünteetilised vaigud püsivad.

Õlide, naftaproduktide ja lahustite toimet betoonile on iseloomustatud tabelis 2.3.

Tüüpilisemate vedelate keskkondade agressiivsust enamkasutatavate ehitusmaterjalide suhtes iseloomustab tabel 2.4.

Tabel 2.4

Tüüpiliste vedelate keskkondade agressiivsuse iseloomustus

Jrk nr.	Materjali nimetus	Happed				Leelised			Soolade lahused			Orgaanilised lahused		
		kuni 1%	1...10%	üle 10%	oksüdeerivad happed	kuni 8%	8...15%	üle 15%	happelised	neutraalsed	leeliselised	suhkur	õlid	lahustid
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.	Metallid													
	Süsinikteras Cr. 3	2	3	3	3	1	0	0	2	1	2	1	0	1
	Väikese niklisisaldusega terased (15°C)	1	2	3	3	0	0	0	2	1	2	1	0	1
	Kõrge niklisisaldusega terased (1X18H9T)	0	1	2	3	0	0	0	2	1	1	0	0	0
	Alumiinium	0	0	1	2	2	2	3	1	2	3	0	0	0
	Seatina	0	1	1	2	2	3	3	2	1	2	0	0	0
	Tsink	3	3	3	3	3	3	3	1	0	2	0	0	0
2.	Looduslikud kivimid													
	Settekivimid (lubjakivi, paas)	3	3	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Tardkivimid (graniit, süeniit, kvartsiit)	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	Puhas räniliiv	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0
3.	Põletatud keraamikatooted													
	Tavalised keraamilised tellised	0	1	3	3	0	2	3	0	0	1	0	0	0
	Happekindlad tellised	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0
	Klinkertellised	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Samott-tellised	0	0	2	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0
	Keraamilised tellised, bi-tuumeniga immutatud	0	0	2	3	1	2	3	0	0	0	0	2	1
	Keraamilised plaadid	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Happekindlad plaadid	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0
	Diabaasplaadid	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabel 2.4 (järg 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4.	Betoonid													
	Portlandsementbetoon . . .	3	3	3	3	0	2	3	2	0	0	1	1	0
	Putsalaan-portlandsementbetoon	3	3	3	3	0	2	3	2	0	0	1	1	0
	Aluminaattsementbetoon	2	3	3	3	1	2	3	2	0	0	1	1	0
	Sulfaadikindel portlandsementbetoon	3	3	3	3	0	1	2	2	0	0	1	1	0
	Happekindel betoon vesiklaasi ja happekindlate täiteainetega (graniit, puhas kvartsliv)	2	1	0	0	3	3	3	0	0	3	1	1	1
5.	Silikaatkitid													
	Diabaas- ja andesiitkitt (vesiklaasi ja naatriumfluorosilikaadiga)	2	1	0	0	3	3	3	0	0	3	1	1	1
6.	Mitmesugused materjalid													
	Asbestsementplaadid	3	3	3	3	1	2	3	3	2	1	1	1	1
	Asbestsementplaadid, bituumeniga kaetud või immutatud	1	2	3	3	1	2	3	2	0	1	1	2	3
	Vääveltsement	0	0	2	3	3	3	3	0	0	2	1	2	3
7.	Puit													
	Okaspuu	0	1	3	3	0	2	3	0	0	1	0	0	1
	Okaspuu, bakeliitlakiga immutatud	0	0	1	3	0	2	3	0	0	2	0	0	1
	Okaspuukiudplaat	0	0	1	3	0	2	3	0	0	1	0	0	0
8.	Bituumsed materjalid													
	Bituumenmastiks happekindlate täiteainetega	0	0	2	3	1	2	3	0	0	1	1	2	3
	Bituumenmastiks leelisekindlate täiteainetega (lubi, kaoliin, portlandsement)	3	3	3	3	1	2	3	1	0	0	1	3	3
	Tõrvmastiks happekindlate täiteainetega	0	0	2	3	2	3	3	0	0	1	1	2	3
	Tõrvmastiks leelisekindlate täiteainetega	3	3	3	3	1	2	3	1	0	0	1	3	3
	Asfalt happekindlate täiteainetega	0	0	2	3	1	2	3	0	0	1	1	2	3
	Asfalt leelisekindlate täiteainetega	3	3	3	3	0	1	2	3	0	0	1	2	3
	Bituumenbetoon happekindlate täiteainetega	0	0	2	3	1	2	3	0	0	1	1	2	3
	Bituumenbetoon leelisekindlate täiteainetega	3	3	3	3	1	2	3	1	0	0	1	3	3

Tabel 2.4 (järg 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9.	Kautšukid Kummi ja eboniit naturaal- ja sünteetiliste kautšukite baasil	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2	3
10.	Plastmassid													
	Viniplast	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Polüetüleen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Polüisobutüleen	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	2
	Faoliit	0	0	1	3	3	3	3	0	0	1	0	1	2
	Arsamiitkitt nr. 5	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
	Faisool	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tekstoliit	0	0	1	3	2	3	3	0	0	2	0	0	2
11.	Rullmaterjalid													
	Ruberoid	1	3	3	3	2	3	3	1	0	2	0	2	3
	Hüdroisool	0	0	2	2	1	2	2	0	0	1	0	1	3
	Brisool	0	1	2	3	1	2	3	0	0	1	0	1	3
	Polüvinüülkloriidkile	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Polüetüleenkile	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	Polüamiidkile	3	3	3	3	3	3	3	2	0	2	0	0	3
	Tavaline linoleum	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3
	Polüvinüülkloriidlinoleum	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3
	Polüvinüülkloriidplasti- kaat	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	3

Märkused. 1. Tingtähiste seletus:

- 0 — keskkonna agressiivsuse aste 0 (mitteagressiivne keskkond);
- 1 — keskkonna agressiivsuse aste nõrk;
- 2 — keskkonna agressiivsuse aste keskmine;
- 3 — keskkonna agressiivsuse aste tugev.

2. Kõik silikaadid ja keraamilised materjalid on ebapüsivad fluorvesinikhappe suhtes.

3. Faoliiti toodetakse markidena A ja T. Faoliit mark T on püsiv fluorvesinikhappes ja fluorosilikaatühendites, faoliit A mitte.

2.1.3. Tahked keskkonnad

Tahked agressiivsed tolmu langevad ja kogunevad ehituskonstruksioonidele tööstusterritooriumide ja -ruumide saastatud õhust. Suure suhtelise õhuniiskuse puhul esineb agressiivset tolmu ka ehituskonstruksioonidel kondenseeravas veeaurus. Otseselt puutub tahke materjal kokku punkrite, salvede jt. analoogiliste ehituskonstruksioonidega.

Tahke aine toime on ebapüsiv tema keemilisest koostisest, vees lahustuvusest, õhuniiskusest ja ionide aktiivsusest. Eriti aktiivne on kloriidide ja sulfaatide tolmu.

2.2. ÜLDNÕUDED EHITUSKONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMISEL AGRESSIIVSE KESKKONNA PUHUL

Konstruksioonidele, mis töötavad agressiivses keskkonnas, esitatakse nende kuju, vastupidavuse ja kasutatavate materjalide seisukohalt eritingimusi. Peale selle peavad nad olema juurdepääsetavad süstemaatiliseks kontrolliks ja remontimiseks. Kui juurdepääsu pole võimalik kindlustada, projekteeritakse neile tugevdatud korrosioonikaitse.

Väga tugeva agressiivsuse astmega keskkonna puhul nähakse hoone konstruktiivse skeemi koostamisel ette võimalus eriti raskest tingimustes olevate konstruktsioonide väljavahetamiseks eksploatatsiooni käigus. Sellise võimaluse puudumisel tuleb aga ette näha eriti tugev korrosioonikaitse.

Konstruktiivsetele sõlmedele antakse võimalikult lihtne geometriline kuju, mis ei võimalda agressiivsete aurude ja tolmude kogunemist. Selleks soovitatakse kasutada praegu levinud profiiliteraste asemel kinnise põiklõikega või massiivseid, ümardatud nurkadega profiile.

Agressiivse keskkonna toime paralüüsimiseks tuleb eelkõige vähendada selle keskkonna agressiivsuse astet. Seda saavutatakse tehnoloogiliste seadmete maksimaalse hermeetimisega, ruumides korraliku sundventilatsiooni ning kohtäratõmmete ettenägemisega, põrandatele kallakute andmisega (märja põrandapuhastamise puhul) jne.

Ehituskonstruksioonide kaitsmiseks tuleb kvaliteetselt hermeetida monteeritavate raudbetonelementide liitekohad ja temperatuuri- ning vajumisvuugid. Niisketes, agressiivse keskkonnaga ruumides on oluline vältida kondensaadi sadestumist ehituskonstruksioonidele. Seda saavutatakse normidekohase soojaisolatsiooniga või sooja õhuvoolu juhtimisega katuse alla.

Kui kliima- ja eksploatatsioonitingimused lubavad, tuleb keskkonna agressiivsust tõstvad tootmisprotsessid ette näha väljaspool hooneid (lahtistel teenindusrõdudel, katusealustes jne.).

Väga niisketes ruumides (märg tehnoloogiline protsess) või ruumides, kus on nõutav seinte perioodiline pesemine (näiteks toiduainetetööstustes), ei lubata seintes kasutada niiskust imavaid ja orgaanilisi, mädanemisele kalduvaid soojaisolatsioonimaterjale, vaatamata hüdroisolatsiooni olemasolule.

Ehituskonstruksioonide vastupidavust agressiivses keskkonnas saab tõsta mitmesuguste vahendite ja meetoditega.

Metallide puhul kasutatakse:

metalli passiveerimist, s. o. metalli keemilist töötlemist ainetega, mis moodustavad metalli pinnal lahustumatute oksiidide või soolade kihi;

metallitamist, s. o. metalli pinna katmist pihustamise teel teise

Lisandi grupp	Lisandi nimetus	Lisandi kogus % tsemendi kaalust	Lisandi toime	Lisandiga betooni kasutusala	Märkused
1	2	3	4	5	6
I	Mineraalsed lisandid Räbud või treepel Diatomiit Jahvatatud liiv Bentoniitsavi (kuiv, jahvatatud)	30...50 20...30 10...20 3...5	Suurendavad betooni tihedust filtratsioonimooduli alandamisega (lisand paisub ja tihendab täiteainete segu)	Pidevalt vees või kõrge niiskusesisaldusega (üle 75%) keskkonnas töötavad konstruktsioonid	Bentoniitsavi lisamine vähendab betooni tugevust kuni 10%, kuid võimaldab saavutada betooni mark B8
II	Keemilised lisandid Vesiklaas Naatriumalumiinaat Raudkloriid Raudhüdrosiid Kaltsiumstearaat (tseresiit) Kaltsiumkloriid	3...5 1...2 0,8...2 2,5...3 0,5...1 1...2	Muudavad betooni struktuuri kivistumisel, millega oluliselt väheneb filtratsioonimoodul	Nõrga ja keskmise agressiivsusega keskkondades	Keemilisi lisandeid kasutatakse tavaliselt koos III grupi lisanditega
III	Orgaanilised pindaktiivsed lisandid Hüdrofiilsed (sulfiitpiirituse praaga kontsentratsioonid) Hüdrofoobsed (vaik CHB)	0,1...0,3 0,01...0,05	Suurendavad külma-kindlust, aeglustavad kiineetilist soojaeraldumist ja vähendavad vajumise-deformatsioone Vähendavad poorsust tänu väiksemale veevaja-dusele (plastifikaatori efekt)	Massiivsetes konstruktsioonides ja juhtudel, kui on vajalik suurem külma-või pragudekindlus ja veepidavus	Võib kasutada ka hüdrofiilse ja hüdrofoobse lisandi segu

Tabel 2.5 (järg)

1	2	3	4	5	6
IV	Räniorgaanilised (ГКЖ-94)	0,05...0,1			
	Polümeersed lisandid		Suurendavad betooni ti- hedust ja pragudekindlust	Konstruksioonides, kus on vajalik veepidavus	
	Furiilpiiritus	10...15			
	Polüvinüülatsetaat . . .	5...10			
	Sünteesilised lateksid . .	4...8			

- Märkused. 1. Autoklaavis töödeldavate betoondetailide puhul võib jahvatatud liiva lisada kuni 50%.
2. Pingsarrusega konstruktsioonide puhul ei lubata kaltsiumkloriidi lisada üle 1%.
3. Kõik lisandite kogused on arvestatud kuivainele; doseeritav kogus täpsustatakse laboratoorselt.
4. III ja IV grupi lisandeid on seni kasutatud katseliselt.

metalli õhukese kihiga. Seda meetodit kasutatakse süsinikterase katmiseks tsingi, alumiiniumi ja kaadmiumi või nendest kombineeritud segude kihiga;

elektrilist kaitset (protektor- või katoodekaitset — vt. käesoleva väljaande kolmas osa);

pinna katmist korrosioonikindlate kattematerjalide või vööpaadega.

Looduskivi, betooni ja keraamiliste materjalide vastupidavust tõstetakse;

materjali pealispinna immutamiseks fluororänihappemagneesiumi ja -tsingisoolade lahustega (fluaatimine);

materjali pealispinna immutamiseks orgaaniliste korrosioonikindlate materjalidega (bituumen, petrolaatum, tõrvad jne.).

Puidu vastupidavust saab tõsta puidu immutamiseks vesiklaasiga, mineraalsete liimidega (mineraalimine), fenoolformal-dehüüdvaikudega, bituumeniga, petrolaatumiga jne.

Betoonide ja mörtide kasutamisel agressiivses keskkonnas: lisatakse betoonisegule mitmesuguseid lisandeid (vt. tabel 2.5);

vähendatakse betooni vesitsementsuhet (vt. tabel 2.6);

valitakse antud keskkonnas püsivad täiteained (liiv, killustik);

valitakse antud keskkonnas püsiv tsement;

betoonkonstruktsiooni pealispind kas fluateeritakse või kaetakse spetsiaalse vööba või muu antud keskkonnas püsiva katematerjaliga (kiled, tükkmaterjal jne.).

Tabel 2.6

Tsementbetooni tihedus olenevalt vesitsementsuhest

Näitaja	Betoon		
	normaalse tihedusega	tihe	eriti tihe
Betooni tihedus	0,82...0,85	0,86...0,9	> 0,9
Vesitsementsuhe	0,6...0,55	0,55...0,45	< 0,45
Betooni mark (veetiheduse järgi)	B4	B6	B8

Märkus. Aluminaattsemendi kasutamisel võib vesitsementsuhet igas grupis tõsta 0,1 võrra.

2.2.1. Vundamendid

Hoonete ja seadmete vundamendimaterjali valikul tuleb arvestada pinnase ja pinnasevee agressiivsust.

Agressiivsed pinnased esinevad tavaliselt keemiatehaste territooriumil, kus pinnas aja jooksul reostub tootmises kasutatavate

kemikaalidega kanalisatsioonisüsteemide lekkimise, põrandate ebatiheduse ja õhus esinevate agressiivsete aurude ja gaaside kondenseerumise tõttu. Eriti ohtlik on pinnase reostumine happeliste produktidega, nagu see ilmneb näiteks Maardu Keemiakombinaadi ning Tallinna Tselluloosi- ja Paberikombinaadi territooriumidel.

Pinnasevee esinemisel reostub loomulikult ka viimane pinnases leiduvate agressiivsete kemikaalidega. Kuid pinnasevesi võib olla agressiivne ka pinnasest endast lahustatud mineraalainete arvel. Pinnasevee agressiivsuse betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide suhtes ja nende toime vee keemilise analüüsi põhjal määravad ehitusnormid CH 249-63*. Vee agressiivsuse olulisemateks näitajateks on tema happelisus, sulfaatioonide ja vaba süsihappegaasi sisaldus.

Vee happelisuse määrab vesinikioonide kontsentratsioon pH. Kui $\text{pH} < 7$, on vesi happeline ja karbonaatsete täiteainete (lubjakivide ja dolomiitide) suhtes agressiivne normaalse tihedusega (vesitsementsuhe 0,6) betooni puhul. Kui betooni tihedust suurendada (vesitsementsuhe $< 0,45$), võib karbonaatseid täiteaineid survetugevusega $\geq 800 \text{ kg/cm}^2$ kasutada kuni $\text{pH} = 4$. Kui aga $\text{pH} < 4$, tuleb alati kasutada graniitkillustikku survetugevusega $\geq 1000 \text{ kg/cm}^2$ ja kvartslüüva.

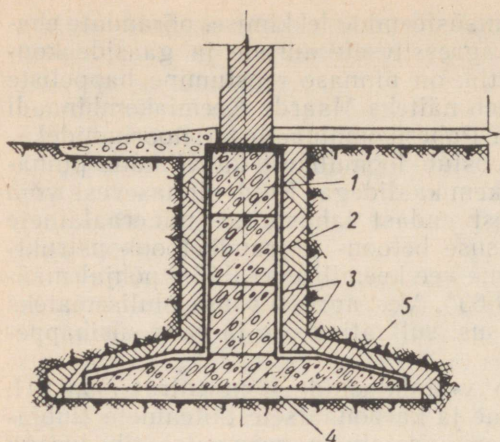
Sulfaatioonid ($\text{SO}_4^{''}$) on ohtlikud tsemendile (vt. tabel 2.7). Tavalist portlandtsementi ja räbuportlandtsementi võib kasutada, kui sulfaatioonide kontsentratsioon ei ületa 250... 500 mg/l, olenevalt konstruktsiooni paksusest ja pinnase filtratsioonimoodulist.

Mööduka eksotermiaga portlandtsement on püsiv 1500... 2500 mg/l $\text{SO}_4^{''}$ sisalduse juures. Sulfaadikindlat portlandtsementi tuleb kasutada juhul, kui $\text{SO}_4^{''}$ kontsentratsioon on üle 3000 mg/l.

Tabel 2.7

Tsemendi valik olenevalt pinnasevee sulfaatsest agressiivsusest

Tsemendi liik	Lubatud sulfaatioonide sisaldus mg/l		
	Betoon		
	normaalse tihedusega	tihe	eriti tihe
Portlandtsement, putsolaan- või räbuportlandtsement:			
a) kui kloorioonide sisaldus pinnasevees on alla 1000 mg/l	300	400	500
b) kui kloorioonide sisaldus pinnasevees on üle 1000 mg/l	$150 \pm 0,15 \text{ Cl}'$	$250 \pm 0,15 \text{ Cl}'$	$350 \pm 0,15 \text{ Cl}'$
Mööduka eksotermiaga portlandtsement	1500	2000	2500
Sulfaadikindel portlandtsement, sulfaadikindel putsolaan- ja räbuportlandtsement	3000	4000	5000

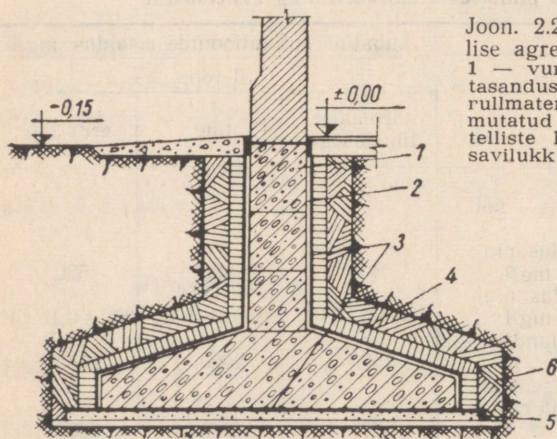


Joon. 2.1. Vundament keskmise happelise agressiivsusega pinnasevees:
 1 — vundamendiplokk; 2 — tsementtasanduskiht; 3 — hüdroisolatsioon rullmaterjalist; 4 — aluskiht; 5 — savilukk

Vaba süsihappegaas (CO_2) koguses kuni 50 mg/l ei ole ohtlik lubjakivikillustikul valmistatud tihedale betoonile (vesitsement-suhe 0,45...0,55) sõltumatult pinnase filtratsioonimoodulist.

Kui vaba süsihappegaasi kontsentratsioon on üle 50 mg/l ja keskkond sealjuures happeline ($\text{pH} < 7$), tuleb kasutada graniitkillustikku (võib kasutada ka eriti tihedat paekillustikku surve-tugevusega üle 600 kg/cm², kuid siis kehtivad erinõuded betooni tiheduse ja kaitsekihtide konstruktsiooni kohta). Neutraalses keskkonnas ($\text{pH} = 7$) ei ole graniitkillustiku kasutamine vajalik, kuid seejuures peab betoon olema tihe ja võõbatud pealt kuumu bituumeniga külmal bituumenkrundil.

Leeliselises keskkonnas töötavate betoonide puhul on kõige soodsam kasutada tavalist portlandtsementi. Aluminaattsemendi



Joon. 2.2. Vundament tugeva happelise agressiivsusega pinnasevees:
 1 — vundamendiplokk; 2 — tsementtasanduskiht; 3 — hüdroisolatsioon rullmaterjalist; 4 — bituumeniga immutatud punaste või happekindlate telliste kiht; 5 — aluskiht; 6 — savilukk

Näiteid vundamentide kaitsmise kohta agressiivses keskkonnas

Keskkonna agressiivsuse aste	Kaitse variantid	Kaitse konstruktsioon		Märkused
		vundamenti külgpindadel	vundamenti talla all	
Nõrk	1	Vundamenti betoon projekteeritakse tihe või eriti tihe vesitsemetsuhtega vastavalt 0,45...0,5 ja < 0,45 või lisanditega, mis vähendavad betooni filtratsioonimoodulit (vesiklaas, raudkloriid jne., vt. tabel 2.5)	—	Betoon vesitsemetsuhtega 0,6 "
	2	Külm bituumenkrunt kahes kihis; kuum bituumentvõõp kahes kihis	—	
	3	Savilukk paksusega 200...250 mm	—	
Keskmine	1	Tsementtasanduskiht, külm bituumenkrunt kahes kihis, hüdroisolatsioon (brisoool, isool või hüdroisool) kahes kihis, savilukk paksusega 200 mm	Pinnasesse tambitud ja bituumeniga küllastuseni immutatud killustikust aluskiht paksusega 100 mm. Kasutada antud keskkonnas keemiliselt vastupidavat killustikku	Pinnaseveetase kõrgemal vundamenti tallast
	2	Vundamenti betoon tihe, ülitihed või betooni filtratsioonimoodulit vähendavate lisanditega, savilukk paksusega 200 mm		
Tugev	1	Tsementtasanduskiht, külm bituumenkrunt kahes kihis, hüdroisolatsioon (brisoool, isool või hüdroisool) kahes kihis, bituumenilised immutatud keramiilised tellised (1/2 tellise paksune kiht bituumentmastiksil) või asfaltkrohv. Savilukk paksusega 200...250 mm	Pinnasesse tambitud ja bituumeniga küllastuseni immutatud killustikust aluskiht paksusega 100 mm. Happekindel asfalt paksusega 20 mm ja hüdroisolatsioon (hüdroisool, isool või brisoool) kahes kihis. Kasutada antud keskkonnas keemiliselt vastupidavat killustikku	Pinnaseveetase kõrgemal vundamenti tallast
	2	Tsementtasanduskiht, külm bituumenkrunt kahes kihis, hüdroisolatsioon (brisoool, isool või hüdroisool) kahes kihis, happekindlatest tellistest poole kivi paksune kiht		

Märkused. 1. Savilukku ei soovitata kasutada leeliselises agressiivses keskkonnas.

2. 1. 01. 66. a. kehtestatud normidega CH 301-65 on ruberoidi kui mittemädanemiskindla materjali kasutamine maa-alustes hüdroisolatsioonides keelatud.

kasutamine on keelatud, putsolaan- ja räbuportlandtsemendi kasutamine ebasoovitav.

Betoon- ja raudbetoonvundamentide vastupidavust pinnasevee agressiivsele toimele saab tõsta mitmesuguste abinõudega, mis on kirjeldatud punktis 2.2.

Agressiivses keskkonnas töötavad vundamendid kaitstakse spetsiaalsete kaitsekihtidega vastavalt kehtivatele normidele (vt. tabel 2.8). Kaitsekihtide kvaliteetseks tegemiseks on oluline, et vundamendid projekteeritakse võimalikult lihtsa geomeetrilise väliskujuga, omaksid vähe astmeid jne. Vundamentidesse torude läbiviimiseks jäetud avad tuleb, juhul, kui nad asuvad agressiivse pinnasevee või kapillaarvee tsoonis, vooderdada bituumenmastiksiga võõbatud terashülssidega ja tihendada bituumeniga immutatud asbestnõoriga. Öönsustega vundamendiplokkide kasutamine on agressiivses pinnasevees keelatud.

Monoliitsete vundamentide ehitamisel tuleb betooni korralikult tihendada ja kivistumise ajal hooldada.

Seadmetealused vundamendid, mis toetuvad põranda betoonaluskihile või vahelaepaneelidele, võib laduda happekindlatest tellistest happekindlal silikaatsegul (happelise agressiivsuse korral) või valada tihedast betoonist. Viimane kaetakse happekindlate keraamiliste plaatidega.

2.2.2. Põrandad

Oige põrandakonstruktsiooni ja -kattematerjali valik agressiivse keskkonnaga ruumides on oluline kogu hoone kandekonstruktsioonide seisukohalt. Paljudel juhtudel on põrandate kaudu edasitunginud agressiivsed vedelikud tekitanud hoone vahelagedele ja vundamentidele tõsiseid kahjustusi.

Kuna hoone põhilised kandekonstruktsioonid on betoonist, tuleb arvestada eeskätt betooni korrosioonikindlust antud olukorras.

Tabelis 2.9 on toodud andmed enamesinevate lahuste agressiivsuse hindamiseks keemiliselt vastupidavate põrandate konstruktsiooni valikul lahuste temperatuuril 25° C.

Põrandakonstruktsiooni valikul tuleb peale keskkonna agressiivsuse astme arvestada ka keskkonna ja põranda kokkupuutingimusi (pidev, juhuslik, perioodiline, suure või väikese intensiivsusega) ja põranda puhastamise viisi (kuiv- või märgpuhas-tus).

Põrandakate võib olla monoliitne (happekindlast betoonist, plastbetoonist jne.), tükkmaterjalist (plaatidest, tellistest) või rullmaterjalist (linoleumist).

Põrandakatte all olev vahekiht seob põrandakatte hüdrois-latsiooni kaitsekihiga. Vahekihiks on põrandale mõjuva agres-

Vedela keskkonna agressiivsuse aste keemiliselt vastupidava põrandakonstruktsiooni valikul

Agressiivse keskkonna grupp	Keskkonna nimetus	Agressiivsuse aste olenevalt lahuse kontsentratsioonist (kaaluprotsentides)		
		nõrk	keskmine	tugev
Anorgaanilised happed	Lämmastikhape Hüpokloorhape Kroomhape Väävelhape Soolhape Fosforhape Fluorvesinikhape	Kuni 1	1...10	Üle 10
Orgaanilised happed	Äädikhape Piimhape Sipelghape	Kuni 1 Kuni 5 "	1...10 5...20 "	Üle 10 Üle 20 "
Leelised	Naatriumhüdrosiid Kaaliumhüdrosiid Ammooniumhüdrosiid jne.	Kuni 8	8...15	Üle 15
Soolalahused	Happelised, leeliselised ja neutraalsed	Kuni 10	10...30	Üle 30

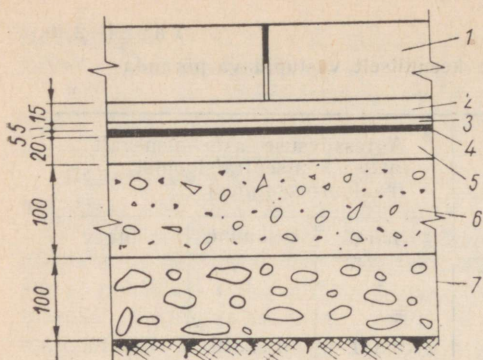
siivse keskkonna suhtes keemiliselt püsiv sideaine (silikaatkitt, bituumenmastiks, portlandtsement jne.).

Hüdroisolatsioonikihiile kantav kaitsekiht (bituumenmastiks, silikaatkitt jne.) kaitseb rullmaterjali ehitamise ajal mehaaniliste vigastuste vastu.

Hüdroisolatsioon väldib agressiivsete vedelike kokkupuutumist põranda kandekonstruktsiooniga. Kasutatakse vööp- ja kleephüdroisolatsiooni, kusjuures esimest ainult nõrga agressiivsusega keskkonna puhul. Vööphüdroisolatsioon kantakse külma bituumenkrundiga ettevalmistatud pinnale. Nakke parandamiseks järgmiste kihtidega kaetakse ta pealt kuuma liivpuistega.

Kleephüdroisolatsioonina kasutatakse rullmaterjale — brisooli, hüdroisooli, isooli ja ruberoidi külmal bituumenkrundil. Eriti vastutusrikastes konstruktsioonides kasutatakse polüisobutüleenlehti ning polüvinüülkloriid- ja polüetüleenkilet ühes või kahes kihis.

Tasanduskiht (tavaliselt tsementmördist mark 100) on vajalik hüdroisolatsioonialuse pinna tasandamiseks ja põrandakatte vajaliku kallaku andmiseks. Agressiivsete vedelike puhul peab põrandakatte kallak olema 1...2%. Pinnasele rajatud põrandale antakse kallak pinnase planeerimisega.



Joon. 2.3. Keemiliselt vastupidava põrandakonstruktsiooni elemendid (mõõtmed mm):

1 — põrandakate; 2 — vahekiht; 3 — kaitsekiht (pahtelkitt); 4 — hüdroisolatsioon (rullmaterjal); 5 — tsementtasanduskiht; 6 — aluskiht; 7 — bituumeniga immutatud killustik

Põranda kandekonstruktsioon tehakse reeglina tihedast betoonist või raudbetoonist ilma kaitseta või kaitsega, olenevalt mõjuva keskkonna agressiivsusest ja toime iseloomust.

Pinnasele rajatud põranda puhul on betoonaluskihi paksus tavaliselt 100 mm. Aluskiht rajatakse tihendatud pinnasele või pinnasesse tambitud killustikule.

Tabelis 2.10 on toodud rida põrandakonstruktsioonide näiteid.

2.2.3. Seinamaterjalid, raudbetoon- ja metallkonstruktsioonid

Tööstushoonete välisseinamaterjal peab olema vastupidav nii ilmastiku kui ka tööstusruumides valitseva keskkonna toimele.

Eesti NSV-s toodetavatest seinamaterjalidest on keemiatõustuse tingimustes kõige püsivamad keraamilised tellised. Silikaattellised, põlevkivituhk-gaasbetoonpaneelid ja silikaatbetoonpaneelid vajavad agressiivses keskkonnas spetsiaalset kaitset. Tugeva agressiivsusega keskkonnas on nende paneelide kasutamine ebasoovitav ja isegi keelatud.

Seinamaterjalide lagunemine võib keemiatehastes esineda kahes peamises vormis: keemiline lagunemine agressiivsete vedelike (hapete, soolalahuste) toimel ja mehaaniline lagunemine seinamaterjali poorides soolalahustest väljasadestunud kristallhüdraatide surve toimel (näiteks KCl ja Na₂SO₄ lahused).

Teatavasti lubavad kehtivad riiklikud standardid keraamiliste (ГОСТ 530-54) ja silikaattelliste (ГОСТ 379-53) kasutamist seinamaterjalina normaalse suhtelise õhuniiskusega ruumides ja sellistes ilmastikutingimustes, kus puuduvad agressiivsed gaasid ja tolmutud. Niisketes ruumides ja agressiivsetes keskkondades silikaattelliseid ilma spetsiaalse kaitseta kasutada ei tohi. Keraamilisi telliseid võib neis tingimustes kasutada juhul, kui nad vastavad järgmistele tingimustele:

a) kaltsium- ja magneesiumoksiidi sisaldus, eriti vabas olekus, on minimaalne;

Keemiliselt vastupidavate pörandakonstruktsioonide ja -materjalide näiteid

Pörandale sattuvate vedelike iseloomustus	Pörandakonstruktsiooni elemendid			Vuukide täide
	hüdroisolatsioon	vahekiht	pörandakate	
Lahjad leeliselahused ja neutraalsete soolade lahused ($\text{pH} < 13$)	Bituumen-rullmaterjal	Tsementmört	Keraamilised plaadid, tihe betoon või leelisekindel asfalt	Tsementmört või bituumenmastiks
Kontsentreeritud ja kuumad leeliselahused ($\text{pH} > 13$)	Bituumen-rullmaterjal või polüisobutüleen	„	Eriti tihe betoon, plastbetoon, keraamilised plaadid või klinkertellis	Tsementmört või arsamiitkitt nr. 5
Happelised lahused ($\text{pH} = 4 \dots 7$)	Bituumen-rullmaterjal või brisool	Bituumenmastiks või silikaatkitt	Happekindel asfalt, keraamilised või plastbetoonplaadid	Bituumenmastiks või plasmört
Tugevasti happelised lahused ($\text{pH} = 0,1 \dots 4$) koos neutraliseeriva pesemislahusega ($\text{pH} < 13$)	Polüisobutüleen, polüetüleen või hüdroisool	Silikaatkitt	Keraamilised happeskindlad plaadid ja tellised, plastbetoon või happeskindel betoon	Plasmört, väveltsement, bituumenmastiks või arsamiitkitt nr. 5
Fluorvesinikhapet sisaldavad veed	Polüisobutüleen, polüetüleen, brisool, isool või hüdroisool	Bituumenmastiks või grafiidil (koksil) valmistatud plasmördid	ATM-plaadid või bituumeniga (sünteesiliste vaikuudega) immutatud puitklotskate	Bituumen või grafiidil (koksil) valmistatud plasmört
Olisid või orgaanilisi lahusteid sisaldavad veed	Töry-pigimastiks või antud keskkonnas püsivad plastmassikiled	Tsementmört või vesiklaas	Keraamilised plaadid või eriti tihe betoon	Tihe tsementmört või plasmört
Suhkrulahused	Plasmört	Vesiklaas	Keraamilised plaadid või plastbetoon	Plasmört

Märkused. 1. Happekindlat betooni ja kitti vesiklaasi baasil võib kasutada ainult siis, kui pöranda pesemine leeliselega on lühiajaline.

2. Plasmört polümeersete vaikuude baasil lahustub paljudes orgaanilistes lahustites. Kasutatavam on plastbetoon ja -mört, mis on valmistatud monomeeri ΦA baasil.

3. Bituumen-rullmaterjalina kasutatakse hüdroisooli, isooli või brisooli. Ruberoidi kui mittemädanemiskindla materjali kasutamine on keelatud.

- b) tellised on väga hästi põletatud ja ilma pragudeta;
- c) telliste küllastatus veega ei ületa 8... 10%;
- d) külmakindlus on üle 50 standardtsükli.

Keemiatööstuse tingimustes on eriti oluline kaitsta välisseinu märgumise vastu sademete- ja pinnaseveega ning seina sees kondenseeruva veeauruga. Selleks tuleb kõigepealt katused ja karniisid ehitada vastavalt tehnilistele tingimustele. Eksploatatsiooni käigus tuleb seinapindu perioodiliselt katta või töödelda hüdrofoobsete materjalidega. Gaasbetooni katmiseks soovitatakse kasutada tsementperkloorvinüülvärve ЦПХВ, mis on üheks polümeertsementvärvide alaliigiks. Tsementperkloorvinüülvärvid on niiskuse- ja ilmastikukindlad, mehaaniliselt tugevad ja nakkuvad hästi poorsete pindadega. Tsementperkloorvinüülvärvid vähendavad gaasbetooni (mahukaal 700... 800 kg/m³) veeimavust kaitsmata gaasbetooniga võrreldes 10 korda (tsementvärvid 5 korda) ja tõstavad paneelide külmakindlust. Tsementperkloorvinüülvärvi katmine perkloorvinüüllakiga ХСЛ suurendab veelgi paneeli niiskusekindlust.

Ahtme Ehitismaterjalide Kombinaadi põlevkivituhk-gaasbetoonist seinapaneelide kaitsmiseks ilmastikutingimustes soovitatakse kahekihilist tsementperkloorvinüül-värvkatet mark ЦПХВ-2, nõrga agressiivsusega keskkonnas aga kuuekihilist perkloorvinüülvärvide kombinatsiooni (krunti ХС-010 kaks kihti, emaili ХСЭ 2 kihti ning emaili ja laki segu ХСЭ + ХСЛ vahekorras 1:1 — 2 kihti). Veeimavuse vähendamiseks kaetakse paneeli pind enne kruntimist laki ХСЛ 5%-lise lahusega.

Peale Ahtme Ehitismaterjalide Kombinaadi paneelitsehhi rekonstrueerimist ja viimistlusliinide väljaehitamist jääb paneelide värvimine ehitusplatsil ära. Kombinaadil on plaanis toota nii tsementperkloorvinüülvärviga kui ka graniitkillustikust viimistluskihiga paneele.

Põlevkivituhk-gaasbetoonpaneelide kasutamine keskmise agressiivsusega gaasilises keskkonnas pole soovitatav, tugeva agressiivsusega keskkonnas on aga keelatud. Sama kehtib silikaatbetoonpaneelide kasutamise kohta.

«Eesti Tööstusprojekti» projektides raudbetoon- ja betoonkonstruktsioonide kaitsmiseks kasutatavad värvkatted on esitatud tabelis 2.11.

Metallkonstruktsioonide kaitsmiseks kasutatavate meetodite ja materjalide hulk on üldiselt väga suur, kuid kõigi nende puhul peab kaetav pind olema puhastatud roostest, rübust, rasvast ja õlidest. Vastavalt kehtivatele ehitusnormidele ja -eeskirjadele СНиП III-B.5-62 puhastatakse ja krunditakse metallkonstruktsioone tehastes. Kui tehas tahab krunti muuta, tuleb küsimus kooskõlastada projekterimisorganisatsiooniga.

Metallkonstruktsiooni puhastamise ja kruntimise maksumus on metallkonstruktsiooni valmistamise hinna sees.

Raudbetoonkonstruktsioonide kaitsmiseks kasutatavaid värvkatteid

Raudbetoonkonstruktsioonile mõjuv keskkond	Suhteline õhuniiskus %	Värvkatte variant	Krundi		Värvi või laki	
			mark	kihtide arv	mark	kihtide arv
1	2	3	4	5	6	7

A. Ilmastikutingimustes asuvad konstruktsioonid

Ohus esinevad tööstusgaasid ja tolm. Ohutemperatuur -20 kuni +40° C	Üle 75	I	5% -line ГКЖ-10 lahus või lakk XCЛ	1	Värvid XФК või email ПХВ	2
		II	Lakk nr. 177			
Ohus esinevad agressiivsed gaasid ja aurud (SO ₃ , SO ₂ , NO ₂ , HF, H ₂ S, HCl, Cl ₂ , SiF ₄). Ohutemperatuur -40... +40° C	Alla 75	I	Lakk XCЛ ja pahtelkitt (XCЛ + +60...65% täiteainet)	1	Emailid ПХВ või XCЭ või XB-124	4...6
				1		
Sama	Üle 75	I	Lakk XCЛ ja pahtelkitt (XCЛ + +60...65% täiteainet)	1	Emailid ПХВ-512 või XB-124 või XCЭ	6...7
				1		

B. Ruumides asuvad konstruktsioonid

Ohus esinevad agressiivsed gaasid ja aurud. Ohutemperatuur 0...40° C	Alla 75	I	Bituumen-emulsioonvärv	1	Bituumen-emulsioonvärv	2...4
		II	Lakk nr. 177	1	Lakk nr. 177 täiteainega	2...4
Sama	Üle 75	I	Etinoollakk segus lakiga XCЛ	1	Email XCЭ ja lakk XCЛ	2...3 2...3
		II	Lakk XCЛ ja lakk XCЛ segus 60...65% täiteainega	1	Email XCЭ ja lakk XCЛ	3 3
Pidev kontakt veega			—	—	Värv ЭКЖС-40	4

Tabel 2.11 (järg 1)

1	2	3	4	5	6	7
Perioodiline kontakt 5...40%-liste leeliselahustega (lahuste temperatuur kuni 30° C) ja lühiajaline kontakt alla 10%-lise kontsentratsiooniga anorgaaniliste hapetega (hapete temperatuur kuni 60° C)		I	Etinoolakk või lakk XCJI ja pahtelkitt lakist ning täiteainest	} 1	Email XB-124 või XCƏ ja lakk XCJI	3...5 2 2
Õhus esinevad elavhõbedaurud		I	Tsementkrohv ja krunt XC-010	1	Email XCƏ ja lakk XCJI	3 1

Transpordil, ladustamisel ja montaažil vigastatud krundikihti tuleb enne värvimist uuendada. Krunti ei uuendata, kui kiht on terve, elastne, ilma nähtavate pragude ja vigastusteta ja puuduvad roostejäljed.

Täiendavaid töid, mis on seotud puhastamise ja kruntimisega, finantseeritakse ehitaja poolt koostatud erieelarve järgi ettenägemata kulude arvel.

Montaažil vigastatud kohti (montaažisõlmed, keevisliited), tuleb pärast kõigi montaažitööde lõpetamist korralikult puhastada, kruntida ja värvida.

Ehitusplatsil valmistatavaid metallkonstruktsioone tuleb puhastada, kruntida ja värvida kohapeal. Näiteid tööstusehituses kasutatavamate värvkatete kohta on tabelis 2.12.

2.3. EHITUSKONSTRUKTSIOONIDE KORROSIONI-KAITSETÖÖDEL KASUTATAVAD MATERJALID

2.3.1. Kivimid ja asbest

Kivimite ja asbesti põhilised füüsikalise-keemilised omadused on toodud tabelis 2.13.

Graniit, andesiit ja teised põhilised ränidioksiidist koosnevad tardkivimid on happelises keskkonnas väga püsivad (välja arvatud fluorvesinikhappes). Tavalised lubjakivid, dolomiit ja marmor seevastu lagunevad happelises keskkonnas kiiresti. Dolomiit ja marmor reageerivad hapetega aeglasemalt kui tavalised lubjakivid. Asbesti, olenevalt margist, on happe- ja leelisekindlat.

Metallkonstruktsioonide kaitsmiseks kasutatavaid värvkatteid

Metallkonstruktsioonile mõjuv keskkond või eksploatatsiooni tingimused	Suhteline õhuniiskus p/10	Värvkatte variant	Kruundi		Värvi või laki		Värvkatte püsivuse aeg aastais
			mark	kihtide arv	mark	kihtide arv	
1	2	3	4	5	6	7	8

A. Ilmastikutingimustes asuvad konstruktsioonid

Õhus esinevad tööstusgaasid ja tolm; mere- tuulte mõju. Ohutemperatuur —60... +60° C	Üle 75	I	ФЛ-03K, ГФ-020 või XC-010	} 2	Emailid ПХВ või ХВ-124	3	5...6	
		II	ФЛ-03K või ГФ-020		} 1			Emailid ПФ-133, ПФ-115 või МС-17
		III*	—	—		Värv АЛ-177	2	1
		IV*	Rauamennik naturaalvärnitsal	1		Olivärv välistöödeks	2	2...3
		V*	Rauamennik oksoolvärnitsal	1	Olivärv oksoolvärnitsal või värv АЛ-177	} 2	1...2	
Õhus esinevad agressiivsed gaasid ja aurud (SO ₃ , SO ₂ , NO ₂ , HF, H ₂ S, HCl, Cl ₂ , SiF ₄). Ohutemperatuur —60... +60° C	Alla 75	I	ФЛ-03K või ГФ-020	} 2	Emailid ПХВ või ХВ-124			} 3... ...5

Tabel 2.12 (järg 1)

1	2	3	4	5	6	7	8
Sama	Üle 75	I	XC-010 või ФЛ-03К	} 2	Email XCЭ ja segu XCЭ + XCЛ (1:1) või XB-124	2 2 5... ...7	3...5
		II	—		—	Pahtel Э-4020	
B. Ruumides asuvad konstruktsioonid							
Õhus puuduvad agressiivsed gaasid ja aurud. Õhu- temperatuur 0...40° C	Alla 75	I	ГФ-020	1	Emailid ПФ-115, ПФ-133, ФО- või MC-226	} 2	8...10
		II	Rauamennik naturaal- värnitsal	1	Ölivärv sisetöö- deks		
Õhus esinevad agressiivsed gaasid ja aurud. Õhu- temperatuur 0...40° C	Üle 75	I	XC-010 või ФЛ-03К	} 2	Email XCЭ ja segu XCЭ + XCЛ (1:1) või XB-124	2 2 4... ...5	4...5
Õhus esinevad ammoniaagi- ja metüülalko- holiaaurud	Alla 75	I	XC-010	2	Lakk XCЛ	6	—
Pidev kontakt veega		I	—	—	Värv ЭКЖС-40	4	2...4
		II	—	—	Kivisöe- lakk A (kusbass- lakk)	2	Kuni 1
Perioodiline kontakt 10... ...15%-lise väävel- ja soolhappega (hapete tem- peratuur kuni 40° C) ja 25...30%- lise kroom- ja lämmastik- happega (ha- pete tempera- tuur kuni 20° C)		I	XC-010	2	Email XCЭ ja lakk XCЛ	4 3	3...5
		II	XC-010	2	Email XC-710 ja lakk XC-76	4 3	„
		III*	Pahtelkitt ЭП-00-10	1	Pahtelkitt ЭП-00-10	2	„

Tabel 2.12 (järg 2)

1	2	3	4	5	6	7	8
Perioodiline kontakt alla 10 ⁰ / ₀ -lise kontsentratsiooniga väävel- ja soolhappega (hapete temperatuur kuni 50° C)		I	XC-010	2	Email XCЭ ja lakk XCЛ	3 2	3...4
Perioodiline kontakt 10... 40 ⁰ / ₀ -lise kontsentratsiooniga leeliselahustega (lahuste temperatuur kuni 30° C)		I	XC-010	2	Email XCЭ ja lakk XCЛ või email XC-710 ja lakk KC-76	3 2 3 2	2...3
		II*	—	—	Email OЭП-4171 või OЭП-4173	3	
Lühiajaline kontakt lahjade leeliselahustega ja mitmesuguse kontsentratsiooniga soolahustega (lahuste temperatuur kuni 30° C)		I	XC-010	2	Email XCЭ ja lakk XCЛ	2 2	3
		II	XC-010	2	Email XC-710 ja lakk XC-76	2 2	

C. Kõrge temperatuuriga gaasilises keskkonnas asuvad konstruktsioonid

Temperatuur metallkonstruktsiooni pinnal kuni 200° C	I*	—	—	Lakk nr. 177.	2	Kuni 1
	II	—	—	Värv AJ-177	2	1...2
	III	—	—	Email AJ-70 või AJ-701	1... ...2	2...3
	IV	—	—	Lakk nr. 170 alumiiniumipulbriga	2	"

Tabel 2.12 (järg 3)

1	2	3	4	5	6	7	8
Temperatuur metallkonstruktsiooni pinnal kuni 300° C		I	—	—	Email AJ-70 või AJ-701	} 2	1...2
		II	—	—	Lakk nr. 170 alumiiniumipulbriga		2

Märkused. 1. Ilmastikukindlaid värvkatteid võib kasutada ka ruumides, vähendades vastavalt krundi- ja värvikihtide arvu.

2. Tähekesega märgitud variandid on vähem soovitatavad.

2.3.2. Tsemendid

Portlandtsemente (ГОСТ 10178-62) toodetakse järgmiste liikidena: plastifitseeritud, hüdrofoobne, sulfaadikindel, kiirkivistuv, valge, värviline, tamponaaz- ja magnesiaalne portlandtsement, mõõduka eksotermiaga portlandtsement, räbuportlandtsement (harilik ja kiirkivistuv), putsolaanportlandtsement (harilik ja sulfaadikindel) jne.

Sulfaatse agressiivsuse puhul tuleb kasutada sulfaadikindlat portlandtsementi (mark 300 ja 400), sulfaadikindlat putsolaanportlandtsementi (mark 200, 300 ja 400) ja mõõduka eksotermiaga portlandtsementi (mark 300 ja 400).

Vahelduva külmumise-sulamise ning märgumise-kuivamise tsoonis töötavates konstruktsioonides, kus puudub sulfaatne agressiivsus, kasutatakse plastifitseeritud hüdrofoobset portlandtsementi (mark 300...600), aluminaattsementi (mark 400...600); magedas vees olevates konstruktsioonides — räbu- ja putsolaanportlandtsementi (markid 200...500).

Aluminaattsemendi baasil valmistatakse kuumakindlaid betoone.

Leeliselistes keskkondades aluminaattsemente kasutada ei tohi. Tavaline portlandtsement on kuni 10%-lise kontsentratsiooniga leelistes püsiv, hapetes ebapüsiv. Paisuva aluminaattsemendi baasil valmistatud betoonid ja mördid on püsivad sulfaatse agressiivsusega keskkonnas ning nafta ja kõigi naftaproduktide suhtes. Paisuvaid aluminaattsemente kasutatakse peamiselt betoon- ja raudbetoonkonstruktsioonide taastamiseks ja monoliitimiseks ning konstruktsioonides, millelt nõutakse erilist veepidavust.

Happekindel tsement (ГОСТ 5050-49) kujutab endast naatriumfluorosilikaadi ja happekindla täiteaine peeneksjahvatatud segu, mis segatakse enne tarvitamist vesiklaasiga. Kasutatakse

Kivimite ja asbesti iseloomustus

Materjali nimetus	Erikaal t/m ³	Mahukaal t/m ³	Survetugevus kg/cm ²	Veeimavus %	Kõvadus Mohsi skaala järgi	Märkused
Andesiit	2,56...2,85	2,2...2,7	600...2400	0,2...3	6...7	Happekindlus 96,5...98,4%
Basalt	2,7...3,3	2,6...3,25	1000...5000	0,02	7...8	"
Graniit	2,6...2,73	2,5...2,7	600...3000	0,1...0,5	6...7,5	Peenekristalliline, happekindlus 97...99,4%
Dolomiit	2,8...2,9	2,65...2,8	400...1500	0,2...5	3...4,5	Püsiv leeliselises keskkonnas, külmakindel
Lubjakivid	2,6	1,8...2,4	120...2000	1...28	3...4	Püsiv leeliselises keskkonnas, külmakindlus piiratud
Kvartsiidid (kristall- või kvartslüiv)	2,65	2,5...2,6	1200...4000, keskmine 1500...2000	0,2...2	6,5...7	Kõrge happekindlusega, külmakindel
Marmor	2,7	2,6...2,7	800...3000	0,1...1	3,5...4,5	Leelise- ja külmakindel
Liivakivid	2,5...2,75	2...2,7	200...2600	0,2...2,5	4...7	Püsivuse määrab loodusliku liivakihi koostis
Asbest:						Antofüllitasbesti kuumakindlus 600°C, happekindlus (sordid I...VI) — 83...88%
a) antofülliid (happekindel)						
b) krüsotiil (leelisekindel)	2,5					Krüsotiilasbesti happekindlus on 45%

sideainena konstruktsioonide katmisel happekindlate plaatidega, tellistega jne., samuti happekindla betooni ja mürdi valmistamiseks. Happekindel tsement ei ole püsiv leeliste ja vee suhtes, samuti fosfor- ja fluorvesinikhappe keskkonnas. Toiduainetetöötuses ei ole soovitatav happekindlat tsementi kasutada, kuna naatriumfluorosilikaat on mürgine. Happekindla tsemendi tardumise algus on 30 minutit, lõpp 6 tundi peale betoonimist.

Vääveltsementi kasutatakse sideainena tükkmaterjalide kinnitamiseks. Ta on püsiv mineraal- ja orgaanilistes hapetes ja happelistes soolalahustes kuni temperatuurini 100° C, mittepüsiv tugevates oksüdeerivates hapetes (lämmastik-, kroomhape jne.), leelistes, õlides ja orgaanilistes lahustites. Orienteeriv koostis: väävelit 58,8%, happekindlat täiteainet 40%, tiokooli 1,2%.

2.3.3. Betoon

Agressiivses keskkonnas töötav betoon peab olema tihe (vesitsemensuhte alla 0,55), survetugevusega üle 200 kg/cm², küllalt veetihe (mark üle B4) ja koosnema antud keskkonnas keemiliselt püsivatest materjalidest. Betoonide klassifikatsioon ja nende kasutusala on toodud ehitusnormides ja -eeskirjades СНиП I-B.3-62.

Nõuded tsementbetoonides ja -mörtides kasutatavate täiteainete (liiva, killustiku) kohta on toodud ehitusnormides ja -eeskirjades СНиП I-B.1-62.

Tugevalt happelise agressiivsusega keskkonnas (pH < 4) kasutatakse eriti tihedat portlandtsementbetooni vastavate kaitsekihtidega või vesiklaasil valmistatud happekindlat betooni. Killustik ja liiv peavad mõlemal juhul vastama järgmistele tingimustele:

killustik — tardkivimitest (graniidist, andesiidist, kvartsiidist jne.) survetugevusega üle 1000 kg/cm², veeimavusega alla 3% ja happekindlusega üle 94%;

liiv — looduslik kvarts- või tardkivimitest jahvatatud liiv survetugevusega üle 400 kg/cm² ja happekindlusega üle 94%.

Täiteaineid happekindlusega 80...94% lubatakse kasutada nõrgalt happelise agressiivsusega keskkonna puhul.

Kuna agressiivse keskkonna toime oleneb paljudest teguritest ja nende omavahelisest kombinatsioonist, tuleb killustiku omaduste hindamisel arvestada kogemustega, mis on saadud konstruktsioonide ekspluaterimisel analoogilises keskkonnas. ENSV paekillustikest on parim Kolga-Saka karjääri killustik, mille survetugevus on >600 kg/cm². Seda killustikku võib kasutada happelistes keskkondades (pH = 4...7) juhul, kui konstruktsioonile nähakse ette tugevdatud korrosioonikaitse ja betooni vesitsemensuhte on alla 0,45 (eriti tihe betoon).

Tugevasti leeliselistes keskkondades töötavate betoonide killus-

tiku valmistamiseks kasutatakse tihedaid karbonaatseid settekivi-meid veemavusega alla 0,5%. Killustik peab vastu pidama 15-kordsele vahelduvale märgumis-kuivamistsüklile naatriumsulfaadi lahuses.

Tugevasti leeliselistes keskkondades töötavates betoonides kasutatakse karbonaatset liiva. Tolmseid ja savilisandeid ei tohi liivas olla üle 1%.

Betooni kvaliteedi seisukohalt on väga oluline liiva ja killustiku pesemine.

Killustiku mark, arvestatuna kasutatava loodusliku kivimi survetugevuse järgi peab betoonidel margiga alla 300 olema betooni margist kõrgem poolteist korda ja betoonidel margiga üle 300 kaks korda.

Tardkivimitest valmistatud killustiku mark peab olema üle 800, metamorfsetest kivimitest valmistatud killustiku mark üle 600 ja karbonaatsetest settekivimitest valmistatud killustiku mark üle 300.

Happekindel betoon vesiklaasi baasil on püsiv kõikides happelistes keskkondades, välja arvatud fluorvesinik- ja kuum fosforhape. Leeliselistes keskkondades betoon laguneb. Tavalise vee toime vastu võib betooni pinda kaitsta hüdrofoobimisega, näiteks vedelikuga ГКЖ-94.

Happekindla betooni mahukaal on 2,2...2,3 t/m³, survetugevus 120...350 kg/cm², nake terassarrusega 18...22 kg/cm².

Reeglina tuleb kõigi happekindlate betoonide koostise täpne retsept (sealhulgas ka vesitsemensuhte) koostada laboratoorsete katseandmete põhjal. Retsepti koostamine käsiraamatute alusel ilma katselise kontrollita on keelatud.

Spetsiaaltäiteainete kasutamisel valmistatakse vesiklaasi baasil ka kuumakindlaid betoone (vt. tabel 2.14).

Kui kõrged temperatuurid esinevad pidevalt, tuleb tavalise tsementbetooni marki, võrreldes arvutuslikuga, tõsta 50...100° C puhul poolteist korda, 100...200° C puhul kaks korda. Tavalist betooni temperatuuril üle 200° C kasutada ei lubata.

2.3.4. Keraamilised materjalid

Keraamilisi happekindlaid materjale vormitakse spetsiaalselt segatud või looduslikust savist ja põletatakse kindlal režiimil. Nad on mehaaniliselt tugevad ja püsivad mineraalsetes ja orgaanilistes hapetes ning nende segudes ka kõrgetel temperatuuridel.

Keraamilised materjalid on leelismuldmetallide hüdroksiidide, fluoorvesinikhappe ja fosforhappe suhtes kõrgetel temperatuuridel ebapüsivad.

Keraamiliste materjalide iseloomustus on esitatud tabelis 2.15.

Kuumakindlate betoonide iseloomustus

Betooni lubatud maksimaalne temperatuur °C	Betooni koostis			Betooni minimaalne survetugevus kg/cm ²	Märkused
	sideained	jahvatatud lisandid	täiteained		
350	Portlandsement või räbuportlandsement	Ei kasutata	Basalt, diabaas, andesiit	250	Ebapüsiv happelises keskkonnas
600	Vesiklaas naatriumfluorosilikaadiga	Šamott klass B või B, andesiit, diabaas	„	150	Püsiv happelises keskkonnas, välja arvatud fluorvesinikhape
700	Portlandsement või räbuportlandsement	Kõrgahjuräbu (granuleeritud), räbutuhk	„	250	Ebapüsiv happelises keskkonnas
900	Vesiklaas naatriumfluorosilikaadiga	Šamott klass B, andesiit	Šamott klass B	150	Püsiv happelises keskkonnas, välja arvatud fluorvesinikhape
1100	Vesiklaas naatriumfluorosilikaadiga	Talk	Talk	100	Püsiv NaCl, Na ₂ SO ₄ , Na ₂ CO ₃ ja NaF sulatistes
1200	Portlandsement	Šamott klass B	Šamott klass B	250	Ebapüsiv happelises keskkonnas
1300	Alumiinaatsement	Ei kasutata	Šamott klass A	250	Ei soovitata konstruktsioonides seinapaksusega üle 40 cm ja temperatuuride puhul alla 800° C
1400	Vesiklaas naatriumfluorosilikaadiga	Magnesiit-tellisepuru	Magnesiit-tellisepuru	150	Püsiv NaCl, Na ₂ SO ₄ , Na ₂ CO ₃ ja NaF sulatistes. Kuulub tulekindlate betoonide gruppi

Keraamiliste materjalide iseloomustus

Nimetus	Standard	Mahu- kaal t/m ³	Veemavus %	Survetugevus kg/cm ²	Happe- kindlus %	Mõõtmed mm
Happekindlad tel- lised	ГОСТ 474-41	2,1...2,3	I sordil < 8 II " < 10 III " < 12	I sordil > 250 II " > 200 III " > 150	> 96 > 94 > 92	230×113×65; 230×113×65 (55)
Keraamilised happe- kindlad plaadid	ГОСТ 961-57	"	6...9	Suurem kui 300	96...98	50×50×10; 100×100×10; 100×100×20; 150×150×20 (25; 30); 175×175×20 (25; 30); 200×200×20 (30; 35; 50)
Keraamilised hari- likud plaadid	ГОСТ 6787-53	"	2...4	—	—	50×50×10; 100×100×10; 150×150×13; 100×50×10; 150×75×13
Klinkertellised	OCT 4245	1,9	I sordil — 2 II " — 4 III " — 6	I sordil — 1000 II " — 600 III " — 400	IV sordil — 98	220×110×65; 220×110×73
Šamott-tellised	ГОСТ 390-54	—	20...35	80...125	—	250×123×65 (suur); 230×113×65 (väike)

Andmeid kasutatavamate plastmasside kohta

Plastmassi nimetus ja standard või tehnilised tingimused	Toote iseloomustus	Temperatuurikindlus	Keemiline püsivus
1	2	3	4
Viniplast: ГОСТ 9639-61 (lehed) БТУ 2225-49 (kile) ТУ МХП 90-48 (vardad) МН 1427-61 (torud)	Lehed 1500×650 mm, paksus 2...20 mm Kile paksusega 0,3...0,9 mm ja laiusega 600...800 mm Vardad läbimõõduga 2...58 mm ja pikkusega 2 m Torud läbimõõduga 6...150 mm Viniplasti erikaal on 1,38...1,43 g/cm ³	-20... ...+65° C	Püsiv kontsenteeritud anorgaanilistes ja orgaanilistes hapetes, leelistes, ammoniaakvees, alifaatsetes süsivesinikes ja piiritustes Ebapüsiv aromaatsete süsivesinike, diklooretaani, jää-äädika ja kiortitud süsivesinike toimele
Polüetüleen БТУ МХП 4138-55: ВД (НП) — kõrgsurve-polüetüleen HD (BP) — madal-surve-polüetüleen	Kõrgsurve- ehk väikese tihedusega polüetüleeni margid on ПЭ-150, 300, 450 ja 500. Valmistatakse torusid läbimõõduga 6...150 mm ja kilet laiusega 800, 1200 ja 1400 mm (paksus vastavalt 0,2, 0,085 ja 0,06 mm) Madalsurve- ehk suure tihedusega polüetüleeni margid on П, Л ja Э. Valmistatakse torusid läbimõõduga 6...250 mm ja 324 mm	-70... ...+100° C -70... ...+60° C	Püsiv merevees, 30%-lises väävelhappes, soolhappes, 10%-lises lämmastikhappes, 40%-lises leelistes ja 40%-lises formaliinis Ebapüsiv bensooli, toluooli, kloroformi, süsiniktetrakloriidi jt. aromaatsete süsivesinike ja nende halogeeniidide lahustes
Faoliit: ТУ МХП 322-45 (lehed) ТУ ГХП 36-44 (konstruktiivne faoliit) ТУ ГХП 34-44 (võõp)	Toorfaoliitlehed 1000...2000×700...1000 mm paksusega 5...20 mm	Kuni 170° C	Püsiv kuni 70...90%-lises väävelhappes (25...70° C) ja 36%-lises soolhappes (kuni 90° C), kontsenteeritud fosforhappes (kuni 100° C), kontsenteeritud fluorsüsinhappes (kuni 100° C)

1	2	3	4
TY MXΠ 321-51 (torud)	Torud läbimõõduga 33...200 mm		lahjas lämmastikhappes, bensoolis. äädikhappes ja gaasilises SO ₂ , H ₂ S, Cl ₂ (kuni 120° C) E b a p ü s i v leelistes, tugevates oksüdeerijates, samuti atsetoonis, fenoolis ja piirituses
Ftoroplast-3: BTY M 418-54 (pulber) BTY M 481-55 (poolfabrikaadid)	Erikaal 2,09...2,16 g/cm ³ . Kasutatakse keemiatööstuse seadmete valmistamiseks	-195... ...+170° C	P ü s i v kõigis agressiivsetes keskkondades sõltumatult kontsentratsioonist temperatuuri puhul kuni +125° C E b a p ü s i v kloorisulfoonhappe ja mõne orgaanilise lahusti toimele kõrgetel temperatuuridel (kuni 140° C), metalse naatriumis ja kõrge kontsentratsiooniga ooleumis
Ftoroplast-4: ГОСТ 10007-62 (pulber) TY M 191-57 (poolfabrikaadid)	Erikaal 2...2,5 g/cm ³ . Kasutatakse keemiatööstuse seadmetes tihendite valmistamiseks	-269... ...+260° C	P ü s i v kõigis teada olevais agressiivsetes keskkondades temperatuuril kuni 250° C, samuti kõigis lahustites E b a p ü s i v metalse naatriumi ja fluori toimele kõrge temperatuuril
Antegmiit-grafiitoplast — M 367-55	Plaadid ATM-1 mõõtmetega 120×150× ×15 mm, 124×150×11 mm, 100× ×150×10 mm, 120×150×10 mm	Kuni 300° C	P ü s i v 70%-lises väävelhappes (kuni 135° C), soolhappes sõltumatult kontsentratsioonist, 20%-lises lämmastikhappes, 48%-lises fluorvesinikhappes, orgaanilistes hapetes, soolalahustes, 80%-listes leelistes (kuni 135° C) samuti peaaegu kõigis orgaanilistes lahustites E b a p ü s i v üle 60%-lises fluorvesinikhappes, üle 40%-lises lämmastik- ja üle 70%-lises väävelhappes

Tabel 2.16 (järg 2)

1	2	3	4
Polüvinüülkloriidplasti- kaat — BTY MXII 2024-49	Lehed paksusega 1...5 mm, torud (voolikud) läbimõõduga 1... ...50 mm. Kasutatakse keemiatööstuses sead- mete voorderdamiseks ja põrandak- attematerjalina juhul, kui nõutakse suurt tihedust (näiteks elavhõbeda põrandale sattumise ohu puhul)	-15... ...+60° C	Väiksema korrosioonikindlusega kui viniplast Püsiv merevees, 30% ^o -lises väävel- happes (kuni 60° C), 98% ^o -lises väävel- happes (kuni 50° C), 30% ^o -listes leelistes, äädikhappes, fluorvesinikhappes, bensiin ja ammoniaakvees Ebapüsiv klooritud süsivesinike, piirituste ja ketoonide suhtes. Nõrgalt lahustub bensoolis, toluoolis, atsetoon- is jne.
Polüisobutüleen ПСГ — TY MXII 2987-52	Plaadid 800×3000 mm paksusega 2,5 mm ja 4 mm. Kasutatakse isolatsioonimaterjalina; liimitakse liimiga nr. 88-H	-50... ...+100° C	Püsiv kuni 80% ^o -lise väävelhappe (kuni 60° C), 50% ^o -lise lämmastik- happe (kuni 50° C), kontsentreeritud fosfor-, fluorvesinik- ja äädikhappe, ammoniaagi, 60% ^o -liste leeliste (kuni 20° C), oksüdeerijate ja atsetooni toi- mele Ebapüsiv bensiin, bensoolis, toluoolis ja klooritud süsivesinikes
Asbovinüülmass — TY MXII 3109-53	Etinoollaki ja asbesti segu. Kasutatakse kattmaterjalina metalli, puidu- ja betooni kaitsmiseks korro- siooni vastu ja konstruktiivse mater- jalina torude valmistamiseks. On tuleohtlik ja mürgine	-50... ...+110° C	Püsiv anorgaaniliste ja orgaani- liste hapete, leeliste, soolalahuste, gaa- side SO ₂ , H ₂ S, Cl ₂ , NH ₃ ja orgaani- liste lahustite toimele Ebapüsiv kontsentreeritud läm- mastik- ja väävelhappe ning orgaani- liste hapete toimele kõrgel tempera- atuuril

1	2	3	4
Fenoliit — ГОСТ 5689-60	Värvilised plaadid 100×100 ja 150× ×150 mm, paksus 3...5 mm; eri- kaal 1,3...1,4 g/cm ³ . Kasutatakse põrandate ja seinte kattematerjalina keemiatööstuses	Kuni +148° C	Püsivad anorgaaniliste ja orgaa- niliste hapete, lahustite (petrooleumi, benssiini, tärpentini, lakibensiini) ja elavhõbeda toimele Eba-püsiv kontsentreeritud lämmastik- happes ja leelistes, sealhulgas ka 1%-lises soodalahuses kuni 60° C juures
Polüstürool — BTY УХП 64-58	Plaadid 100×100 ja 150×150 mm, pak- sus 1...1,5 mm, erikaal 1,1 g/cm ³ . Kasutatakse seinte kattematerjalina. Kleepaine — lakid XC-76 ja XC-71 ning nitroftaalemaili segu tsemendi- diga	Kuni +80° C	Auru- ja veekindlad. Püsivad leelistes, hapetes, piiritustes. Eba-püsivad lämmastikhappes, aro- maatsetes ja klooritud süsivesinikes
Polüvinüülkloriid ja kumeroon — BTY МЖ TC VCCP 1958	Värvilised plaadid 150×150 mm, 200× ×200 mm ja 300×300 mm. Plaatide paksus 2 ja 3 mm. Kasutatakse põrandate ja seinte kattematerjalina. Kleepaine — bituumenmastiks, mida turustatakse koos plaatidega. Polüvinüülkloriidkile laiusega 500, 600, 700 mm ja paksusega 0,1 ja 0,2 mm	Kuni 80° C	Püsivad nõrgalt agressiivses keskkonnas

2.3.5. Plastmassid

Andmed kasutatavamate plastmasside kohta on toodud tabelis 2.16.

2.3.6. Isolatsioonimaterjalid

Rullisolatsioonimaterjale valmistatakse kindlal aluskihil ja ilma kindla aluskihita.

Esimesse gruppi kuuluvad tõrv-bituumenmaterjalid ДБ, tõrvapapp, ruberoid, hüdroisool jt.

Tõrv-bituumenmaterjalide ДБ valmistamisel immutatakse katusepappi tõrvaga ja kaetakse mõlemalt poolt naftabituumeninga.

Tõrvapappi valmistamisel immutatakse katusepappi tõrvaga ning ruberoidi valmistamisel bituumeninga.

Hüdroisool kujutab endast kõrgeväärtuslikku isolatsioonimaterjali bituumeninga immutatud asbestpapi baasil.

Ilma kindla aluskihita rullmaterjale isooli ja brisooli valmistatakse side- ja täiteainest ning spetsiaalsetest lisanditest valmistatud segude termomehaanilisel töötlemisel ja valtsimisel kalandrites.

Isooli valmistatakse bituumen-kummisideaine, mineraalse täiteaine ja antiseptiku segust, brisooli bituumeni, peenestatud kummi-jäätmete, asbesti ja plastifikaatori (osokeriidi) segust. Loetletud materjalide, klaasriide ja kummi iseloomustus on toodud tabelis 2.17.

Polümeersete isolatsioonimaterjalide — polüetüleen-, viniplast-, polüvinüülkloriidkile, polüvinüülkloriidplastikaadi ning polüisobutüleenil omadused on antud tabelis 2.16.

Metall- ja betoonpindade kaitsmiseks agressiivses keskkonnas kasutatakse isolatsioonimaterjalina spetsiaalseid kummisegusid, nn. vedelaid nairiite ja tiokoole. Esimesi kantakse kaitstavale pinnale gaasleekpihustiga, teisi pahtellabidaga või pritsiga. Mõlemad materjalid nõuavad kattekihi vulkaniseerimist autoklaavides, seepärast piirab nende kasutamist kaitstava seadme või konstruktsiooni gabariit.

Viimasel ajal on välja töötatud kummisegude tüübid, mis järgnevat vulkaniseerimist ei nõua. Vedel kummeerimisegu nairiidi HT baasil ja tiokoolpastad (hermeetik У-30М, hermeetik УТ-31 jne.) omandavad kummile vastava keemilise ja mehaanilise vastupidavuse toatemperatuuri juures kohe peale lahusti väljaurumist. Vulkaniseerimata nairiidi HT temperatuurikindlus on kuni 40° C. Kõrgemate temperatuuride puhul tuleb katet hoida pikemat aega kuumas vedelas keskkonnas, näiteks 20% -lises väävelhappe või keedusoola lahuses 60...70° C juures, kus ta aegamööda vulkaniseerub.

Rull- ja lehtisolatsioonimaterjalide iseloomustus

Materjali nimetus	Standard või tehnilised tingimused	Mark	Rulli mõõtmed		Katkepinge kg/cm ²	Temperatuurikindlus °C	Materjali kleepimiseks kasutatav sideaine või liim
			pindala m ²	laius paksus mm			
1	2	3	4	5	6	7	8
Tõrv-bituumenmaterjalid ДБ . . .	—	ДБ-350	20	650...1050	30	70	Külm või kuum bituumen- või tõrvmastiks
Tõrvapapp liivpuis- tega	ГОСТ 10999-64	ТП-350	15	750...1050	28	70	Kuum tõrvmastiks
Ruberoid jäme- puis- tega	ГОСТ 10923-64	РК-420	10	650...1050	34	80	Külm või kuum bituumen- mastiks
Hüdroisool	ГОСТ 7415-55	ГИ-1, ГИ-2	20	950	30	50...60	Kuum bituumenmastiks
Pergamiin	ГОСТ 2697-64	П-350	20	750...1050	27	—	"
Brisool	ТУ УХП 21-58	БО	23... ...27	$\frac{425}{1,8}$	8	140	"
Isool	ГОСТ 10296-62	—	10	$\frac{1000}{2}$	4	150	"
Leelisevaba klaas- riie	ТУ 266-54	Nr. 1, nr. 2	—	$\frac{600; 700; 1000;}{0,15; 0,20}$	> 150	kuni 400	Liim epoksüüdvaigu baasil (vt. tabel 2.24)
Pehme kummi . . .	ТУ МХП 815-53	Nr. 1976, nr. 4476, nr. 829, nr. 2566	—	$\frac{800...1100}{1,5; 3,0}$	52 — 200 160	Oleneb kesk- konna agressiiv- susest. Hapetes ja leelistes pü- siv kuni 65° C	Liim nr. 4508 (pehme kummi liimimiseks me- tallile)

Tabel 2.17 (järg)

1	2	3	4	5	6	7	8
Kummi-pooleboniit	TY MXΠ 815-53	Nr. 1751	—	$\frac{800 \dots 1100}{1,5; 2,0}$	274	Oleneb kesk- konna agressiiv- susest. Hapetes ja leelistes pü- siv 65° C tem- peratuurini	Liim nr. 2572 (kummi- pooleboniidi liimimiseks metallile ja kummi- pooleboniidi kihtide omavaheliseks liimimi- seks)
Kummieboniit	„	Nr. 2169		$\frac{800 \dots 1100}{1,5; 3,0}$	450	„	Liim nr. 2572 (kummi- eboniidi liimimiseks me- tallile ja kummieboniidi kihtide omavaheli- seks liimimiseks)
		Nr. 2109	—	$\frac{800 \dots 1100}{1,5; 2,0}$	320		
		Nr. 1814		$\frac{800 \dots 1100}{1,5}$	364		

Märkus. Kummi on ebapüsiv tugevates oksüdeerivates hapetes (kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhape, kroomhape jne. ning orgaanilistes lahustites (bensiin, bensool, diklooretaan jne.).

Metallpindade katmisel nairiidiga HT peab metalli pind olema puhastatud ja krunditud kaks korda kloornairiitkrundiga (BTY nr. JIV 108-61). Nairiit HT kantakse peale 3...5 kihis. Kuivamine toimub 7...15 päeva jooksul.

Tiokooli baasil valmistatud pastasid turustatakse kolme komponendina, mis segatakse vahetult enne kasutamist. Nairiigid on tiokoolidest keemiliselt püsivamad, kuid bensiini ja õlide suhtes on tiokoolid vastupidavamad. Tiokoolpastasid kantakse betoonile ja puidule ilma krundita.

2.3.7. Sideained ja liimid

Tükk-, rull- ja lehtmaterjalide kinnitamiseks kaitstavale pinnale kasutatakse mitmesuguseid orgaanilisi ja anorgaanilisi sideaineid ning liime.

Sideainetest on tuntumad bituumen-, faisool- ja epoksüüdmas-tiksidsid ning arsamiit- ja silikaatkitid.

Bituumen ja bituumenmastiksid on nendest sideainetest kõige odavamad ja kättesaadavamad. Bituumenid on püsivad kuni 50%-lises väävel-, 10%-lises lämmastik-, 30%-lises sool- ja fosfor-ning 10%-lises äädikhappes temperatuuriga kuni 30° C, samuti kloriidide ja sulfaatide lahustes. Vähempüsivad on bituumenid leeliste ja ebapüsivad tugevate oksüdeerijate (kontsentreeritud läm-mastik- ja väävelhape, kroomhape jne.), orgaaniliste lahustite

Tabel 2.18

Bituumenite iseloomustus

Nimetus ja standard	Mark	Pehmene- mistem- peratuur ° C	Leek- täpp	Lahustu- vus or- gaanilis- tes lahus- tites %
Tee-ehituse naftabituumen ГОСТ 1544-52 . . .	БН-I;	25	200	99
	БН-II; II-Y	40...50	„	99
	БН-III; III-Y	45...50	„	98
Ehitustööde naftabituu- men ГОСТ 6617-56 .	БН-IV	70	230	99
	БН-V	90	„	„
Leeliseline naftabituumen (rubraks) ГОСТ 781-51	A	125...135	Ei normita	99
	Б	135...50	„	„
Eribituumenid (akumu- laatorimastiksitate val- mistamiseks) ГОСТ 3508-55	Б	110...125	260	100
	Г	125...135	„	„

Bituumenmastiksitate koostis

Mastiksi mark	Koostis (kaaluprotsentides)				
	nafta-bituumenit BH-III või BH-IV	mineraalset täiteainet	rohelist õli	lakoili	asbesti nr. 6
Kuummastiksidad:					
1	30	53	—	—	17
2	32	53	—	—	15
3	45	50	—	—	5
4	54	40	—	—	6
Külmastiksidad:					
1	50	—	30	—	20
2	55	—	25	—	20
3	50	25	25	—	—
4	45	—	—	35	20
5	40	20	—	30	10

Märkus. Kuummastiksitate 1 ja 2 pehmenemistemperatuur on 70...90° C, mastiksitel 3 ja 4 — 65...80° C.

Tabel 2.20

Bituminooli koostis

Mark	Koostis kaaluosades				Erikaal g/cm ³	Pehmenemistemperatuur °C	Keemiline püsivus
	rubraksi	bituumenit BH-V	tolmset täiteainet	asbesti			
P-1	100	—	100	5	1,48	158	Kasutatakse lahjade hapete ja leeliste ning gaaside NO ₂ , SO ₂ ja NH ₃ esinemisel temperatuuri puhul —20...+60° C. On ebapüsivad tugevate oksüdeerijate (kroom-, kontsentreeritud lämmastik- ja väävelhape), orgaaniliste hapete (äädik- ja oblikhape), orgaaniliste lahustite (bensool, toluool, bensiin jne.), õlide ja kontsentreeritud leeliste toimele.
P-2	100	—	80	5	1,44	148	
P-3	100	—	60	5	1,35	147	
H-1	—	100	100	5	1,45	113	
H-2	—	100	80	5	1,41	108	

Märkus. Tolmse täiteainena kasutatakse happekindlaid materjale — happekindlat tsementi, kvartsiiliva, diatomiiti jne. kindla jahvatuspeenusega (läbivus sõelast nr. 02 üle 99,5%).

Arsamiitkittide iseloomustus

Näitaja	Arsamiitkiti mark			Keemiline püsivus
	1	4	5	
Happekindlus %	>98	>98	>98	Arsamiit mark 4 ei ole püsiv atsetoonis. Arsamiit mark 5 on püsiv vees, kuni 50%-lises naatriumhüdrokksiidis ning leelise (10...20%-lise kontsentratsiooniga) ja hapete (kuni 10%-lise sool- või väävelhappe) vahelduva mõju suhtes. Arsamiitkittid on veetihedad ja kasutatavad lahuste temperatuuril kuni 100° C.
Leelisekindlus %	—	—	>98	
Nake (kg/cm ²):				
plaatidega ATM-1	—	—	27	
viniplastiga	24	—	—	
terasega	40	40...	38...	
Arsamiitpulbri koostis (kaaluprotsentides):		...50	...43	
grafiitjahu	—	90	90	
kvartsjahu	70	—	—	
maarjat	20	—	—	
paratoluoolsulfo- kloriidi	10	10	10	

(bensiin, bensool, triklooretaan, petrooleum, toluool, väävelsüsinik jt.) ja kontsentreeritud leeliste toimele.

Bituumenite ja bituumenmastiksiste iseloomustus on toodud tabelites 2.18, 2.19 ja 2.20.

Arsamiitkittide valmistatakse fenoolformaldehüüdvaigu baasil. Turustatakse kahe eraldi pakitud komponendi — arsamiiitpulbri ja -lahusena, mis segatakse kohapeal vahetult enne tarvitamist. Lahust lisatakse 0,28...0,6 kg 1 kg pulbri kohta. Segu hakkab lõvenema toatemperatuuril juures 6 tunni möödumisel ja kivistub kõplikult ööpäeva jooksul. Arsamiitkittide toodetakse järgmiste markidena:

- mark 1 ja 4 — happekindlad;
- „ 2, 5 ja 7 — happe- ja leelisekindlad;
- „ 6 — suure kuumakindlusega.

Arsamiitkittide iseloomustus on tabelis 2.21.

Faisoolmastiksid koosnevad furfuroolatsetoonmonomeerist ΦA , tahkestist (bensosulfohape) ja täiteainest (kvartsliiv, andesiit, koks, grafiit jne.).

Peale mastiksiste valmistatakse faisoolist plastbetooni ja plastmörti monoliitsete põrandate katematerjaliks. Komponentide kogused ja täiteaine liik on toodud tabelis 2.22.

Faisool on kasutatav temperatuuridel kuni 200° C.

Faisool hakkab kõvastuma, olenevalt ruumi temperatuurist ja tahkesti kogusest, 20 minuti kuni 3...4 tunni jooksul.

Faisooliga kaetavad metall- ja betoonpinnad tuleb enne hoolikalt puhastada ja krundida krundiga XC-010 kaks korda.

Niiskele pinnale faisooli kanda ei tohi. Samuti on keelatud värske faisoolkatte niisutamine. Faisool on püsiv hapete (välja

Faisooli baasil valmistatud materjalide koostise näiteid

Komponendi nimetus	Koostis (kaaluprotsentides)		
	faisool- mastiks	plast- mört	plast- betoon
Monomeer ΦA	30	16	10
Tahkesti (bensosulfohape)	6	3	3
Furfurool	2	1	1
Kvartslüiv	—	50	33
Killustik tardkivimitest (graniit)	—	—	53
Andesiidijahu	—	30	—
Grafiit või koks	62	—	—

arvatud oksüdeerivad happed), leeliste ja soolalahuste ning orgaaniliste lahustite (välja arvatud ketoonid) suhtes. Ebapüsiv on faisool halogeenide mõjumisel.

Mastiksid epoksüüdvaikude baasil. Epoksüüdvaikudest on levinum ЭД-6. Tahkestina kasutatakse polüamiine. Peale mastiksite valmistatakse epoksüüdvaikude baasil ka plastrmõrte põrandate katmiseks. Tabelis 2.24 on toodud mastiksi ja plastrmõrdi koostise näide.

Tabel 2.23

Komponent	Koostis (kaaluprotsentides)	
	mastiks	plastrmört
Epoksüüdvaik ЭД-6	60	15
Heksametüleendiamiin	6	5
Kvartsijahu	34	28
Kvartslüiv	—	52

Mastiksid ja mördid on püsivad hapete, leeliste, soolalahuste, enamiku orgaaniliste lahustite, estrite ja piirituste toimele. Lagunevad jää-äädika, tugevate oksüdeerijate, aromaatsete ja mõninate klooritud süsivesinike ja ketoonide toimetel.

Epoksüüdvaigud on püsivad temperatuuridel kuni 100...150° C, samuti miinustemperatuuridel.

Silikaatkitid on tuntud happekindla sideainena, mida valmistatakse vesiklaasist, naatriumfluorosilikaadist ja happekindlast täiteainest. Viimane annab kitile nimetuse. Andesiitkitis on andesiidijahu 67%, naatriumfluorosilikaati 3% ja vesiklaasi (erikaa-

luga 1,4)) 30%; diabaaskitis on diabaasijahu (pulber nr. 2) 70%, naatriumfluorosilikaati 4% ja vesiklaasi 26%.

Silikaatkitid lahustuvad vee- ja leeliselahustega kokkupuutumisel.

Liimid plastmasskilede ja kummi liimimiseks on esitatud tabelis 2.24.

Liimide iseloomustus

Tabel 2.24

Liimi nimetus ja mark	Tehnilised tingimused või koostis	Liimitavad materjalid
1	2	3
Kummiliimid: termopreenliim lateks-albumiinliim nr. 4508 liim nr. 2572	TY HKXII 35-I-H TY MXII 1105-50 Tehase «Kautšuk» tehnilised tingimused nr. 104-6120	Pehme kummi — metall Pehme kummi — metall; pehme kummi — pehme kummi Eboniit — metall; eboniit — eboniit
Liimid nr. 88-H ja nr. 88	TY MXII YT 880-58	Kummi — metall; polüisobutüleen ПЦГ — metall; polüvinüülkloriidplastikaat — betoon; polüvinüülkloriidplastikaat — puit
Perkloorvinüülliiim	Perkloorvinüülvaiku 13%, diklooretaani 87% (liimimisel betoonile ja metallile)	Polüvinüülkloriidkile — metall; polüvinüülkloriidkile — betoon. Liim on püsiv õlis, bensiinis, lahjades anorgaanilistes hapetes ja leelistes
Universaalliim БФ: mark БФ-2 ja БФ-4 mark БФ-6		Metallide, plastmasside ja klaasi liimimiseks Kangaste liimimiseks. Liim on peale kuivamist püsiv vees, mineraalhapes (välja arvatud oksüdeerivad happed), bensiinis, petrooleumis, õlides ja piiritustes ning kaitseb metalli korrosiooni vastu

Tabel 2.24 (järg)

1	2	3
Liimid plastmasside liimimiseks: ПЭД-Б ПЭД-10	БТУ ГХПП 207-60 БТУ П 208-60	Viniplast — metall; polüvinüülkloriidplastikaat — metall. Kasutatakse samuti plastmasside liimimiseks omavahel
Liimid epoksüüdvaikude baasil	ЭД-5 või ЭД-6 — 100 ja heksametüleendiamiini 6,5 kaaluosa. Segu kõvastub tavalisel temperatuuril	Kasutatakse alumiiniumi ja tema sulamite, terase, plastmasside, orgaanilise klaasi, puidu, keraamika ja portselani liimimiseks omavahel ja igas vastastikusel kombinatsioonis. Liim on püsiv vees, leelistes, hapetes ja lahustites

2.3.8. Värvid

Metall- ja raudbetoonkonstruktsioonide katmiseks kasutatavate värvide nomenklatuur on väga lai.

Tabelis 2.25 on esitatud väike osa tööstusehituses kõige sagedamini kasutatavatest värvidest kasutusala järgi.

Kuna üks ja sama värv võib olla vastupidav mitmes erinevas keskkonnas (happelises või leeliselises keskkonnas, ilmastikutingimustes jne.), on tabelis kordamise vältimiseks värv esitatud ainult ühe keskkonna alajaotuses ja püsivus muudes keskkondades on nimetatud märkuste lahtris.

2.4. KORROSIONIKAITSETÖÖD

Käesolevas peatükis on käsitletud betoon- ja metallpindade puhastamist ning mõningate ehitustel sagedamini esinevate korrosioonikaitsetööde tegemist.

2.4.1. Betoonpindade ettevalmistamine värvimiseks

Betoonpinda puhastatakse käsi- või mehaaniliste traatharjadega. Tolmu eemaldatakse tolmuimejaga. Agressiivse keskkonnaga kokkupuutunud ja kahjustatud pindu pestakse puhta veega ja neutraliseeritakse vajaduse korral 4...5%-lise soodalahusega, pestakse uuesti veega ja lastakse kuivada.

Betoon- või krohvpinna niiskus ei tohi enne värvimist ületada 5...6%.

Suured augud ja praod täidetakse betooni või tsementmördiga (soovitatav polümeertsementmördiga). Krundiks kasutatakse pealekantava värvi lahjendatud lahust, lakki (kas täiteainega või ilma) või spetsiaalseid krunte, mida kasutatakse ka metallpindade jaoks. Kruntida tuleb mitte hiljem kui 24 tundi peale puhastamist.

Üleliidulise Raudbetooni Teadusliku Uurimise Instituudi (НИИЖБ) poolt väljatöötatud instruksioon nõuab monteeritavate raudbetoonkonstruktsioonide värvimist valmistaja-teshes.

2.4.2. Metallpindade ettevalmistamine värvimiseks

Kuna värvkatte kvaliteet oleneb otseselt metallpindade ettevalmistamisest, peab vastavate tööde teostamist kontrollima vastutav isik; kontrolli tulemused fikseeritakse kattuvate tööde aktis.

Metallpinna puhastamiseks roostest ja rübust kasutatakse mehaanilisi, keemilisi ja termilisi meetodeid.

Mehaanilistest meetoditest on tuntumad puhastamine metalliiva või haavlitega, liiva-veejoaga ja metallharjadega. Kvartsliiivaga puhastamine on sanitaarorganite poolt keelatud kahjuliku tolmueralduse tõttu.

Puhastamine metalliivaga annab hästi ettevalmistatud pinna, mille värvikiht püsib kauem kui keemiliselt ettevalmistatud pinnal. Töödeks kasutatakse liivajoa- või haavlijoaaparaati (-pritsi). Puhastamine metalliivaga ei nõua liivapritsi konstruktsiooni muutmist. Metall-iiva kasutatakse fraktsiooniga 0,3...0,5 mm, haavleid fraktsiooniga 0,8...1,0 mm.

Liivapritsi vajab õli- ja vee-eralduri abil puhastatud suruõhku 5 at.

Töötingimuste parendamiseks kasutatakse puhastamist liiva-veejoapritsiga, mille puhul tolmu tekkimine on täielikult välditud.

Liiva-veejoapritsi vajab suruõhku 6...8 at. Pulbile tuleb lisada korrosiooniinhibiitorit (naatriumnitritit, trinaatriumfosfaati või kaaliumkromaati 5...10% pulbi kaalust).

Kohtades, kus liivapritse kasutada ei saa, samuti väga väikeste töömahtude puhul puhastatakse metallpinda kas käsi- või mehaaniliste harjadega. Metallil pinnale sadestunud tolmu eemaldatakse tolmuimejaga.

Liiva-veejoapritsi kasutamisel tuleb metallpind pesta ja kuivatada hiljemalt ühe tunni jooksul peale puhastamise lõpetamist.

Metallpinna puhastamiseks rasvast ja õlist kasutatakse laki-bensiini või bensiini Б-70. Petrooleumi ja tärpentini kasutamine on keelatud, kuna need jätavad metalli pinnale õliplekid. Metallpinna mehaaniliseks puhastamiseks kasutatavate statsionaarsete ühe-

Tööstusehituses kasutatavate värvide iseloomustus

Jrk. nr.	Nimetus, mark	Standard või tehnilised tingimused	Värvus	Viskoossus B3-4 järgi 18...20° C juures	Kuivamise	
					kestus tundi	temperatuur ° C
1	2	3	4	5	6	7
Siseruumides kasutatavaid						
1.	Ölivärv (pasta)	ГОСТ 695-55	Mitmesugune	30...35 70...80 ¹	24	18...23
2.	Bituumenlakk nr. 177	ГОСТ 5631-51	Must	18...30	24	„
3.	Glüftaalemailid ПФ-133	ГОСТ 926-63	Mitmesugune	25...30 35...40 ¹	36	„
4.	Stüroolbutadiienvärvid КЧ-26	МРТУ 6-10-567-63	„	25...30 40...50 ¹	2	„
5.	Polüvinüülatsetaatvärvid ПВА (BA)	СТУ 30-14066-63	„	25...30 45...50 ¹	4	„
6.	Perkloorvinüülemailid ПХВ	ГОСТ 6993-54	Mitmesugune (värvuse näitab number margi tähises)	17...20 35...40 ¹	1	„
7.	Keemiliselt vastupidavad perkloorvinüülemailid: XCЭ	ГОСТ 7313-55	Mitmesugune (värvuse näitab number margi tähises)	35...40 ¹	1	„
	XB-124 lakk ХСЛ	10144-62 7313-55	Hall Värvitu	17...20 18...22 30...40 ¹	2 1	„ „
	email XC-710 lakk XC-76	9355-60 9355-60	Hall Värvitu	14...16 14...16	2 2	„ „

Tabel 2.25

Lahusti	Orienteeriv kulu ühe kihi jaoks g/m ² värvimisel		Orienteeriv hind rbl./t	Värvkattele lubatud maksimaalne temperatuur °C	Märkused
	värvipüstoliga	pintsliga			
8	9	10	11	12	13
värvid					
Naturaal- või oksoolvärnits või emulsioonlahjendi	75...110	70...105	310...335	150	Agressiivses keskkonnas ebapüsiv
Lakibensiin või ksülool	120	80	190	200	Püsiv nõrgalt happelises keskkonnas (gaaside HCl, CO ₂ , SO ₂ jne. esinemisel), kui õhuniiskus on alla 60%
Tärpentin või ksülool	120...145	85...120	640	35	Püsivad ka ilmastikutingimustes, kui õhus puuduvad agressiivsed gaasid
Vesi	120	80	450	40	Ei tohi kanda vitriolkrundile, valgendatud pinnale, metallile
"	—	100... ...150	550... ...600	"	Kasutatakse ka välitöödel. On niiskuse- ja valguskindlad
P-4	200	160	580	60	Püsivad ka agressiivsete gaaside HCl, Cl ₂ , SO ₂ , NO ₂ jne. väikeste kontsentratsioonide puhul suhtelisel õhuniiskusel üle 75%
P-4	200	160	700	Kuni 60	Püsivad leeliste, hapete, soolalahuste, orgaaniliste hapete ja agressiivsete gaaside toimele. Ebapüsivad aromaatsete ja klooritud süsivesinike toimele
P-5	200	160	690	"	
P-4	200	110	510	"	
"	200	160	730	"	
"	200	—	640	"	

1	2	3	4	5	6	7
8.	Perkloorvinüülvärv XΦK	TY MXII KY 407-56	Mitmesugune	20 ... 30 46 ... 60 ¹	4	18 ... 23
9.	Pentaftaalemailid ΠΦ-115	ГОСТ 6465-63	„	30 ... 35 40 ... 45 ¹	48	„
10.	Nitroglüftaalemailid	ГОСТ 6631-65	„	26 ... 30 45 ... 50 ¹	3	„
11.	Ölivärv välistöö- deks	ГОСТ 1292-57	Sinine ja hall	30 ... 35 70 ... 80 ¹	24	„
12.	Alküülstüroolemail MC-17	TY MXII 105-59	Must	20 35 ¹	0,5	„
13.	Värv AJ-177		Höbedane	18 ... 22 35 ... 40 ¹	16	„
14.	Pentaftaallakk nr. 170	TY YXII 1308-45	Värvitu	18 ... 22	72	„

Häppekindlad

15.	Etinoolvärv ЭКЖС-40		Punakas- pruun	30 ... 35 ¹	10	18 ... 23
-----	------------------------	--	-------------------	------------------------	----	-----------

Tabel 2.25 (järg 1)

8	9	10	11	12	13
Ksülool	500	—	260	—20... ...+40	Kasutatakse betoon-, tellis- ja krohvpindate katmiseks (fassaadivärv)
Lakibensiin või tärpentin	145	110	785	—40... ...+50	Värvkatted on veekindlad, vastupidavad järskudele temperatuurikõikumistele ja mehaaniliselt tugevad
Lahusti nr. 649	200	140	900	—	Oli- ja bensiinikindlad; veekindlus rahuldav
Naturaal- või oksoolvärnits	110	105	490	Kuni 150	—
Ksülool	—	—	640	60...80	Talub määrideõlide, bensiini, soolalahuste ja leeliste toimet. Ebapüsiv aromaatsete ja klooritud süsivesinike, atsetooni ja äädikhappe toimele
Lakibensiin või ksülool	90	80	340	Kuni 200	Valmistamiseks segatakse kohapeal bituumenlakki nr. 177 alumiiniumipulbriga ПІАК-4
Solventnafta	120	80	790	—40... ...+150	Segatult alumiiniumipulbriga on püsiv temperatuurini 300° C
värvid					
Ksülool	110	80	0,17 rbl./m ² (neli kihti)	40...50	Püsiv kontsentreeritud äädikhappes 3... ...18° C juures. Veekindel. Ei püsi päikese ja õhuhapniku käes. Valmistamiseks segatakse kohapeal etinoollakki rauamennikuga

1	2	3	4	5	6	7
16.	Etinoolvärvid ДП — raua- mennikuga	ТУ МХП 2650-53	Punakas- pruun	23...25 50 ¹	36	18...23
17.	Epoksüüdpahtel Э-4020	ВТУ КУ 496-57	Punakas- pruun	17...20	24	„
Leelisekindlad						
18.	Epoksüüdemalid: ОЭП-4171 ОЭП-4173	ТУ ЯН 21-57 ТУ ЯН 22-57	Roheline Kreem	20...22 „	24 24	18...23 „
19.	Epoksüüdlakid: Э-4001 Э-4100	ВТУ УХП 03-57 ТУ ЯН 35-58	Värvitu „	10...12 „	2 „	120 „
Veekindlad						
20.	Värv ДП alumii- niumiga (etinool- lakk + alumiiniu- mipulber ПАК-4)	ТУ МХП 2651-53	Höbedane	23...25 50 ¹	36	18...23
21.	Email ВЛ — 515	ВТУ УХП 138-59	Punakas- pruun	20	24 1	18...23 120
22.	Perkloorvinüüllakk ХС-76 alumiiniu- mipulbriga	ГОСТ 9355-60 ГОСТ 5494-50	Höbedane	18...23	3	18...23
23.	Kivisöelakk mar- giga А (kus- basslakk)	ГОСТ 1709-60	Must	32...36 ¹	24	„
24.	Etinoollakk	ТУ МХП 1267-57	Värvitu	18...20	15... ...20	„

Tabel 2.25 (järg 2)

8	9	10	11	12	13
Etinoolakk	—	—	190		Happe-, leelise- ja õli-kindel
P-5	—	—	2100	Kuni 100 ... 150	Happe-, leelise- ja bensiinikindel. Samade omadustega on ka pahtelkitid Э-4022 ja ЭП-00-10
värvid					
Nr. 646 (ГОСТ 5630-51)	135	100	2100	Kuni 100 ... 150	Püsiv 40%-listes leeliselahustes 100° C juures, hapete lahustes, bensiinis ja vees
"	150	120	2710	"	
PC-1 (TY MXII 1848-52) või toluool	140 "	110 "	1.90 rbl./m ² (kolm kihti)	"	—
värvid					
Etinoolakk	—	—	400	—	Püsiv ka happelises keskkonnas ja mineraalõlide toimele
P-60 (BTY MXII 313-54)	130	90	1.27 rbl./m ² (neli kihti)	Kuni 105	Püsiv õlide, naftaproduktide ja lahustite toimele
P-4	160	120	0.39 rbl./m ² (neli kihti)	Kuni 60	Püsiv etüülalkoholi, bensiini, bensooli jt. lahustite toimele
Solventnafta	120	80	0.14 rbl./m ² (neli kihti)	—	Püsiv magedas vees, ebapüsiv päikesevalguse käes
Ksülool	200	100	183	—	Püsiv vees temperatuuriga kuni 40... 50° C. Laguneb päikesevalguse ja õhuhapniku toimel

1	2	3	4	5	6	7
Termiliselt püsivad						
25.	Räniorgaaniline email KO-84	ВТУ ГИПИ-4 167-61	Sinine	20	3	18...23
26.	Räniorgaaniline email KO-88	ВТУ ГИПИ-4 179-61	Hõbedane	5...20 (B3-1 järgi)	2	10
27.	Email nr. 9	—	„	15...17	2	10
28.	Email АЛ-70	ТУ КУ 312-53	„	„	1	15
Bensiini, bensooli jt.						
29.	Furüüllakk Ф-10	ВТУ II-186-60	Must	12...15	4	150... ...160

Märkused. 1. Indeksiga 1 märgitud viskoossusnäitajad on kehtivad misel.

2. Ilmastikukindlastest värvidest kasutatakse poorsete materjalide (betoon, gaasbetoonpaneelide värvimiseks tsementperkloorvinüülvärvi ЦПХВ-2.

kambriliste haavlipritside margid on ПА-60, ПА-140, ПА-350 ja МХЗ.

Kahekambrilist haavlipritsi mudel 334 toodab Pavlodari Masinatehas. Kirjanduse andmeil toodetakse NSVL-s ka portaatiivseid haavlipritse inglise firma «Vacu-Blast» aparaadi eeskujul.

Metallpinna keemiliseks puhastamiseks kasutatakse inhibeeritud hapete baasil kohapeal valmistatavaid söövituspastasid näiteks järgmise koostisega:

Tabel 2.25 (järg 3)

8	9	10	11	12	13
värvid					
P-5 (MXII-2191-50)	150	120	2.50 rbl./m ² (kaks kihti)	Pidevalt kuni 250	—
„	130	100	—	Kuni 500	—
Toluool	120	90	0.61 rbl./m ² (kaks kihti)	Pidevalt kuni 250, lühiajaliselt kuni 500	Valmistamiseks sega- takse lakki ФГ-9 ja alumiiniumipulbrit (8...10%)
PC-2 (TY MXII 1763-52)	50...70	—	620	Kuni 300	—
lahustite toimele püsivad värvid					
Atsetoon	120	90	—	—	Leelise- ja happeskindel teatud kontsentratsioonide puhul. Kuivamiseks normaalsel temperatuuril tuleb lakile lisada tahkest

pintsliga värvimisel, ilma indeksita viskoossnäitajad — mehhaniseeritud värvitelis, krohv) katmiseks laialdaselt tsement- ja silikaatvärve ning põlevkivituhk-

soolhape (36%-line) 0,5 l
 paberimass (ilma liimita) 30 g
 formaliin 10 ml
 vesi 0,5 l
 vesiklaas 50 ml

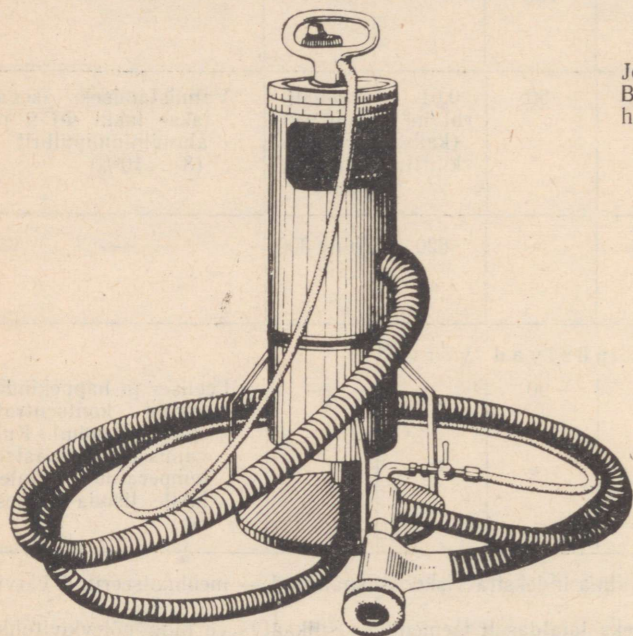
Pasta kantakse mustusest, ehitusprahist ja vanast värvist puhastatud metallpinnaile pahtellabidaga 0,3...0,5 cm paksuse kihina ja hoitakse seal 15 minutit kuni 6 tundi (olenevalt roostekihi paksusest). Pasta eemaldatakse pinnalt veejoa või pintsliga.

Pind neutraliseeritakse 3%-lise soodalahusega (pintsliga) ja kiuvatatakse.

Rasv eemaldatakse metallpinnalt samuti kui mehaaniliste puhastusviiside puhul.

Metallpinna puhastamine termilisel teel toimub hapniku-atsetüleenileegiga. Krunditakse enne jahtumist.

Termiline meetod on kõige suurema tootlikkusega, kuid puuduseks on metalli deformeerumine kõrge temperatuuri mõjul. See tõttu pole see meetod kasutatav õhukeseseinaliste konstruktsioonide puhul.



Joon. 2.4. Firma «Vacu Blast» portatiivne haavliprits

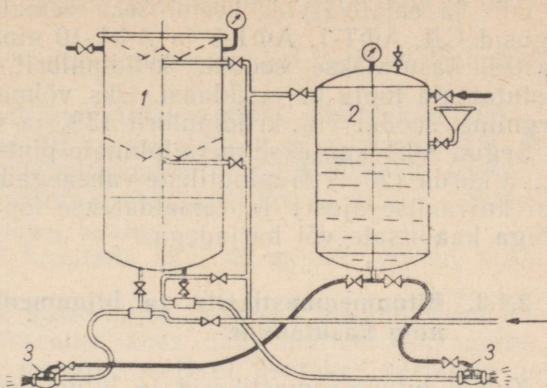
Puhastatud pinnad tuleb üle 70%-lise õhuniiskuse juures krundida 2 tunni, 60...70%-lise õhuniiskuse juures 8 tunni ja alla 60%-lise õhuniiskuse juures 24 tunni jooksul pärast puhastamise lõpetamist.

Roostes pinna värvimine. Kui metallpinna ühegi nimetatud meetodiga roostest puhastada pole võimalik, eemaldatakse lahtine roostekiht kaabitsaga ja värv kantakse otse roostes pinnale.

Meetodi põhimõte seisneb selles, et kasutatav ortofosforhape ja kollase veresoola segu seob rooste kompleksühendiks — berliini siniseks. Fosforhape ülejääk ja reaktsiooniproduktid seotakse omakorda värvina kasutatava furüüllaki Φ -10 poolt, mille suhtes fosforhape on tahkesti.

Värvimise tehnoloogia on järgmine.

Joon. 2.5. Liiva-veejoa-
pritsi skeem:
1 — liivapaak; 2 — vee-
paak; 3 — pihusti koos
voolikuga



Ööpäev enne kasutamist segatakse 75... 85% -lise kontsentratsiooniga ortofosforhappe kollase veresoolaga vahekorras 8:1 kuni ühtlase valge massi saamiseni. Säilitamisel hermeetilises klaas-, keraamilises või polüetüleentaaras on segu püsiv üle 2 aasta.

Segu kantakse pintsliga roostes pinnale arvestusega 160... 180 g/m² ja hoitakse seal 2... 3 ööpäeva. Peale kuivamist eemaldatakse berliinisinise lahtised kihid metall- või jõhvharjaga.

Pind krunditakse furüüllaki Φ -10 või Φ J-1 ja täiteaine seguga kahes kihis. Kummagi kihi kuivamise aeg on 24 tundi.

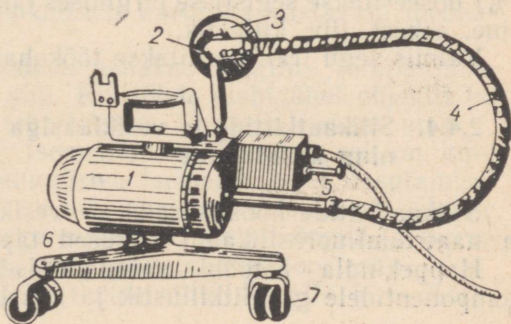
Täiteainena kasutatakse diabaasijahu või grafiiti koguses 15% laki kaalust. Teine kiht valmistatakse lakist, millele on lisatud 2% Petrovi kontakti laki kaalust. Krundi viskoossus B3-4 järgi 20° C juures on 24... 28 s. Laki lahendamiseks nõutud viskoossuseni kasutatakse lahusteid nr. 646, 648 või etüülatsetaati.

Furüüllakikiht kaetakse täiendavate värvikihtidega vastavalt eksploatatsioonitingimustele. Perkloorvinüülvärvide kasutamisel lisatakse esimese emailikihi nakke parandamiseks emailile kuni 15% sama täiteainet, mida kasutati furüüllakis.

Vana värvikihi eemaldamiseks kasutatakse mehaanilisi, termilisi ja keemilisi meetodeid.

Joon. 2.6. Elektromehaaniline
hari:

1 — elektrimootor; 2 — reduk-
tor; 3 — metallhari; 4 — pain-
duv völli; 5 — lüliti; 6 — pöör-
detelg; 7 — vanker



Õli- ja emailvärvide keemiliseks eemaldamiseks kasutatakse segusid CД, АФТ-1, АФТ-5 ja АФТ-10 ning leeliselahuseid. Viimastes kasutatakse soodat, kriidipulbrit, naatriumhüdroksiidi, kustutamata lupja ja vesiklaasi. Üks võimalikest variantidest on järgmine: soodat 7%, kriidipulbrit 13% ja vett 80%.

Segud АФТ kantakse metallpinnale pintsliga või mehaaniliselt 2...3 korda (20...25-minutiliste vaheaegadega, olenevalt eelmise kihi kuivamise ajast) ja eemaldatakse lõpuks koos vana värvi-kihiga kaabitsate või harjadega.

2.4.3. Bituumenmastiksise ja bituumenbetooni valmistamine ning kasutamine

Kuumi bituumenmastikseid ja bituminoole valmistatakse veevaba bituumeni (keedetud temperatuuril kuni 220° C), mineraalse jahvatatud täiteaine ja asbesti (kuivatatud niiskusesisalduseni 2% ja kuumendatud temperatuurini 105...110° C) segamisega. Mastiksi temperatuur peab kasutamisel olema üle 170° C.

Külmi bituumenmastikseid valmistatakse temperatuurini 120° C jahutatud veevabale bituumenile mineraalse täiteaine lisamisega.

Lahusti — roheline või solaarõli lisatakse 120° C, bensiin 80° C juures. Külmmastiksise temperatuur on 50...60° C kasutamisel külmal aastaajal.

Töötamisel positiivsete temperatuuride puhul mastiksid eelsoojendamist ei vaja.

Külma bituumenkrunti (praimerit) saadakse bensiini lisamisega 80°-ni jahutatud bituumenile. Vahekord määratakse laboratoorselt, olenevalt krundikihi kuivamise ajast pinnal.

Viimane võetakse järgmiselt:

värskel betoonpinnal	— 48 tundi,
kuival betoonpinnal	— 10 tundi,
metallpinnal	— 4 tundi.

Bituumenbetooni saadakse 180...220° C juures sulatatud bituumeni ning 105...110° C juures kuivatatud mineraalsete täiteainete segamisega ja 15-minutilisel keetmisel. Täiteained (niiskusesisaldus 2%) doseeritakse segistisse järgmises järjekorras: jahvatatud täiteaine, asbest, liiv, killustik.

Valmis segu transporditakse töökohale soojustatud taaras.

2.4.4. Silikaatkittide ja vesiklaasiga betooni valmistamine ning kasutamine

Silikaatkittide koostisosade — vesiklaasi, pulbrilise täiteaine ja naatriumfluorosilikaadi kogused täpsustatakse laboratoorselt.

Happekindla betooni valmistamisel lisanduvad nimetatud komponentidele graniitkillustik ja kvartslüiv.

Kasutatava vesiklaasi erikaal peab olema 1,38...1,55 ja moodul 2,4...3.

Pulbriline täiteaine ja naatriumfluorosilikaat vajavad sõelumist läbi sõela nr. 03.

Naatriumfluorosilikaati kuivatatakse 60° C, täiteainet 105...110° C juures. Lubatud niiskusesisaldused on vastavalt 1% ja 2%. Happekindla fluorosilikaattsemendi (ГОСТ 5050-49) kasutamisel ei tohi üldine naatriumfluorosilikaadi kogus valmis segudes ületada 15...18% vesiklaasi kaalust.

Kitti ja betooni tuleb kasutada 30...40 minuti jooksul peale valmistamist.

Materjalide segistisse doseerimise järjekord betooni valmistamisel: killustik, liiv, täiteaine koos naatriumfluorosilikaadiga. Kuiva segu segatakse 2 minutit, seejärel lisatakse vesiklaas ja segatakse veel 2...3 minutit.

Kittide valmistamisel on materjalide doseerimise järjekord sama, kuid ilma killustikuta.

Õhu temperatuur peab happekindlate segude ja betoonidega töötamisel olema üle 10° C. Keelatud on betooni pinna niisutamine kivistumise ajal.

Kivistumisaeg 10...15° C juures on 4 ööpäeva. Survetugevus 4 päeva pärast on üle 130 kg/cm², 28 päeva pärast üle 160 kg/cm².

2.4.5. Hüdroisolatsiooni tegemine

Hüdroisolatsiooni kasutatakse laialdaselt maa-alustes ehitistes, veemahutites, põrandates jne. konstruktsioonide kaitsmiseks niiskuse ja agressiivsete vedelike mõju vastu.

Hüdroisolatsioon liigitatakse kasutatavate materjalide järgi järgmiselt: vööp-, tsemmentkrohv-, kuum asfaltkrohv-, külm asfaltkrohv-, kleep- ja metallhüdroisolatsioon. Tegemise juhised on toodud ehitusnormides ja -eeskirjades СНиП III-B.9-62.

Vööphüdroisolatsiooni — kuuma bituumenit ja bituumenmastikseid külmal bituumenkrundil kasutatakse nõrgalt agressiivse keskkonna puhul. Kui töömaht ühe hoone või ehitise ulatuses on üle 500 m², tuleb vööpamiseks kasutada vastavaid mehhanisme.

Tsemmentkrohv-hüdroisolatsioon tehakse reeglina torkreetimismeetodil — tsemendikahuri abil. Kui tööde maht ühel objektil on alla 100 m², lubatakse töid teha käsitsi. Ühe kihi paksus on 6...10 mm. Kivistumise aeg tsemmentmördi kasutamisel on kuni üks ööpäev, kiirkivistuva mahupüsiva tsemendi ВБЦ kasutamisel kuni 30 minutit. Enne järgmise kihi pealekandmist tuleb eelmine suruõhuga üle puhuda ja veega niisutada. Metallvõrgud ja sarrus puhastatakse metallharjadega enne paigaldamist roostest.

Torkreetimistöid ei tohi teha temperatuuridel alla 5° C. Tork-

reetkrohvi tiheduse suurendamiseks ja traatvõrgu kaitsmiseks roostetamise vastu lisatakse mördile vesiklaasi 3% ja naatriumnitritit 2% kuiva tsemendi kaalust.

Kuummastiksiga asfaltkrohv-hüdroisolatsioon tehakse mehhaniseeritult. Kihtide arv on tavaliselt 2...3, iga kihi paksus 5...7 mm vertikaalpindadel ja 7...10 mm horisontaalpindadel. Mastiksi temperatuur peab pealekandmisel olema 180...200° C.

Külmastiksiga asfaltkrohv-hüdroisolatsioon kantakse isoleeritavale pinnale mördipriitsiga. Kui töömaht ühe hoone või ehitise ulatuses on alla 500 m², lubatakse töid teha käsitsi.

Külma asfaltkrohvi kihi paksus ja kihtide arv on sama mis kuumal asfaltkrohvil. Eelmine kiht peab enne järgmise pealekandmist olema kuivanud.

Külm asfaltkrohv on tunduvalt ökonoomsem ja vastupidavam kui kleephüdroisolatsioon.

Kleephüdroisolatsioon tehakse rullmaterjalidest (tõrv-bituumenmaterjalidest ДБ, hüdroisoolist, isoolist, brisoolist, ruberoidist, klaasriidest, polümeersest plastmasskiledest jne.). Rullmaterjali kleepimiseks kasutatavad sideained ja liimid on toodud tabelites 2.17 ja 2.24.

Polüisobutüleeni (ПЦГ) kasutamisel tuleb materjal lahti rullida ja sirgestada; talk pestakse maha 15%-lise sooja seebilahusega. Bensiini ja muude lahustite kasutamine on keelatud.

Liimimiseks võib liimi nr. 88-H asemel kasutada ka bituumenmastikseid kihi paksusega 1,5 mm. Plaatide kattuvad servad (30...40 mm), mis jäetakse liimist vabaks, keevitatakse kuuma õhujoaga temperatuuril 200° C. Servi määrida bensiini, liimi või mõne muu kergeltsüttiva vedelikuga keevitamisprotsessi kiirendamiseks pole lubatud. Bituumenmastiksitate kasutamisel jäetakse plaatidele ülekate 80...100 mm.

Polüvinüülkloriidplastikaat kinnitatakse kaitstavale pinnale kas liimiga nr. 88-H või mehaaniliselt (poltidega). Poldipead kaetakse plastikaadiribaga.

Plastikaadi servade keevitamine toimub kuuma õhujoaga (õhu temperatuur 220...260° C) viniplastist manusmaterjalide (varaste) kasutamisega.

Metallhüdroisolatsioon. Kasutatavad teraslehed või kessoonid (väikeste süvendite puhul) puhastatakse enne monteerimist roostest ja räbust. Isoleeritava pinna ja metallhüdroisolatsiooni vahelisse pilusse pumbatakse (survega mitte üle 0,5 at) tsementmört.

Metallhüdroisolatsiooni kaitsmiseks korrosiooni vastu kasutatakse värvkatteid või tsementkrohvi metallvõrgul. Pinnase vastu jääv metallpind kaetakse bituumenmastiksiga külmal bituumenkrundil ja vajaduse korral ka kleepisolatsiooniga koos savilukuga.

2.4.6. Voodrid happekindlatest tükkmaterjalidest

Happekindlatest tükkmaterjalidest voodreid kasutatakse raudbetoon- ja metallkonstruktsioonide ning -seadmete kaitsmiseks agressiivsetes keskkondades ning põrandakattena.

Happekindlaid tükkmaterjale paigaldatakse alati mõjuva agressiivse keskkonna suhtes püsival sideainel. Sideainena kasutatakse happekindlaid silikaatkitte, vääveltsementi, happe- ja leelisekindlaid arsamiitkitte, leelisekindlat portlandtsementmörti jne. Vedela agressiivse keskkonna puhul tehakse tükkmaterjalidest voodri alla rullmaterjalidest hüdroisolatsioonikiht. Polüisobutüleenplaatidest (ПЦГ) hüdroisolatsioon krunditakse ja pahteldatakse enne tükkmaterjali paigaldamist happekindlate silikaatsegu- dega.

Kui rullmaterjalidest isolatsiooni pole vaja, kasutatakse võõr- hüdroisolatsiooni.

Metallkonstruktsioonide ja -seadmete kruntimiseks kasutatakse külm bituumenkrunt peab olema valmistatud bensiiniga.

Petrooleumi, ligroini, autobensiini jt. raskemate lahustite kasutamine on keelatud. Krunt kantakse peale vähemalt kahes kihis, iga kihi kuivamise aeg on 1...2 tundi.

Kaitstav pind tuleb enne kruntimist puhastada vastavalt ehitusnormidele ja -eeskirjadele СНиП III-B.В-62 ja III-B.6.2-62.

Tükkmaterjalide paigaldamisel silikaatsideainel tuleb silmas pidada järgmist:

töökoht olgu kaitstud sademete eest. Öhu temperatuur peab olema üle 10°C ;

tükkmaterjale ei tohi paigaldada niiskele aluskihile;

aluskihi paksus peab olema 10...15 mm mördi või 6...10 mm kiti puhul;

vuugi laius tellistel peab olema 4...5 mm, plaatidel 2...3 mm; plaadid ja tellisvooder ($\frac{1}{2}$ kivi) kuivavad temperatuuridel üle 10°C 10...15 päeva jooksul;

tükkmaterjalide vuuke määratakse 10 päeva pärast paigaldamist sool- või väävelhappe 20...40%-lise lahusega kaks korda.

Tükkmaterjalide paigaldamisel bituumenmastiksitel tuleb sortitud, puhastatud ja kuivatatud plaatide või telliste alumine pool ja küljed kruntida külma bituumenkrundiga.

Vääveltsementi kasutamisel tükkmaterjalide sideainena peab rullmaterjal olema pahteldatud bituumenmastiksiga ja kaetud kuumast liivast puistega, polüisobutüleenplaadid (ПЦГ) silikaatkitiga. Sulatatud vääveltsementi kasutamistemperatuur on 130...
... 135°C .

Arsamiitkittide kasutamisel on vuugi laius plaatide puhul 1...2 mm, telliste puhul 3...4 mm.

Voodri kuivamise aeg 20°C juures on üle 7 päeva, soojendamisel 60... 80°C — 8 tunni piires.

Arsamiitkitti valmistatakse kohapeal vahetult enne tarvitamist. Kogused 5...10 kg tehakse käsitsi; suuremate koguste jaoks on vaja segistit. Valmissegatud kitt on temperatuuri 20...25°C juures kasutamiskõlblik 1...1,5 tundi. Pikemal seismisel segu kõveneb. Vedeldamine arsamiitlahusega pole lubatud.

Arsamiitkitti ei tohi vahetult metalli ja betooni pinnale kanda, kuna ta sisaldab agressiivse komponendina paratoluoolsulfokloriidi. Aluskihina kasutatakse silikaatpahtleid.

Arsamiitkitti nr. 4 ja 5 kasutatakse kõige sagedamini antegmiitplaatide ATM-1 sidumiseks. Vooder on ühe- või kahekihiline. Esimest kihti hoitakse 20°C juures 6 ööpäeva, teist kihti 8 ööpäeva. Järgneb voodri kuumutamine 80...100°C juures 6...8 tundi.

2.4.7. Värvimistööd

Käesolevas osas on käsitletud ainult kasutatavamate värvide, nagu perkloorvinüül-, bituumen- ja etinoolvärvide kasutamist.

Kõigi värvide kasutamist juhendid on toodud ehitusnormides ja -eeskirjades СНиП III-B.6-62 ja III-B.6.2-62.

Peaaegu kõigi värvide kasutamisel peab õhu temperatuur olema üle 10°C.

Vihma- ja lumesajus välistöid teha ei tohi.

Perkloorvinüülvärve kantakse alati eelnevalt krunditud pinnale. Kasutatavate kruntide iseloomustus on toodud tabelis 2.26.

Perkloorvinüülvärve kantakse niiskele krundile õhukese kihina. Mitmekihilise katte puhul on soovitatav kasutada erivärve, et hilisemal kontrollimisel oleks võimalik kindlaks teha pealekantud kihide arvu. Värvitutele lakkidele (XCЛ, XC-76) lisatakse värvuse andmiseks väikeses koguses eri värvi emaile.

Värvkate peab enne ekspluatatsiooni andmist seisma 3...5 ööpäeva kui õhu temperatuur on 15...20°C ja 15 ööpäeva kui õhu temperatuur on 10...15°C.

60°C juures on üldine kuivamise-hoidmise aeg 5...6 tundi. Temperatuuri puhul üle 70°C hakkavad perkloorvinüülvärvid lagunema.

Äärmise vajaduse korral võib perkloorvinüülvärvidega värvida ka miinustemperatuuride puhul, kuid see halvendab tunduvalt katte kvaliteeti. Õhuniiskus ei tohi sel juhul olla üle 60%, kaetav pind peab olema kuiv.

Perkloorvinüülvärve saadakse tehastest valmiskujul. Kohapeal tuleb ainult lisada lahustit vajaliku viskoossuse saavutamiseks.

Kuna perkloorvinüülvärvid on tule- ja plahvatusohtlikud ning inimorganismile kahjulikud, tuleb nendega töötamisel hoolikalt täita ohutustehnika eeskirju ja normide CH 24-58 nõudeid.

Perkloorvinüülvärvkatete ekspluatatsioonaja pikendamiseks

Kruudid perkloorvinüülvärvidele

Kruundi nimetus	Viskoossus B3-4 järgi s		Lahusti	Kuivamise režiim		Värvi mark
	värvipüstoliga töötamisel	pintsliga töötamisel		temperatuur °C	aeg tundi-des	
ФЛ-03К (ГОСТ 9109-59)	20	45	Lakibensiini ja ksülooli segu	18...23	16	ПХВ
ГФ-020 (ГОСТ 4056-63)	18...20	22...24	Ksülool, tärpentin või lakibensiin	18...20 või 100...110	24 1	ПХВ
ХС-010 (ГОСТ 9355-60)	17...20	30...40	Lahusti P-4	18...23	2	ХСЭ, ХВ
ХФГ	6...8	10...15	Ksülool	18...23	3	ХФК

Märkused. 1. Kruundi ХФГ viskoossus on määratud НИИЛК leetri ($d = 7$ mm) järgi.

2. Ühe kruudikihi paksus on 0,017...0,02 mm.

3. Betoonpindade kruntimiseks kasutatakse ka lakke ХСЛ ja ХС-76 kas koos happekindla täiteainega või ilma.

võõbatakse kuiv värvipind igal aastal üle kaitsevõõbaga ПП-95-5 (ГОСТ 4113-48). Võõp soojendatakse temperatuurini 60...80° C, lahustatakse vahekorras 7:3 petrooleumis või lakibensiinis ja kantakse pintsliga õhukese kihina kuivale värvipinnale. Kaitsekihi uuendamisel eemaldatakse vana võõp lakibensiiniga. Võõp koosneb petrolaatumist (95%) ja parafiinist (5%).

Tsementperkloorvinüülvärvi ЦПХВ-2 kasutatakse põlevkivituhk-gaasbetoonist välisseinapaneelide kaitsmiseks ilmastiku mõju vastu. Värv kantakse paneeli pinnale värvipüstoliga kahes kihis. Ohu temperatuur värvimise ajal ei tohi olla alla 5° C.

Esimese kihi kuivamise aeg temperatuuri puhul üle 10° C on 2...3 tundi. Kui õhu temperatuur on alla 5° C, võib teist kihti peale kanda alles 24 tunni pärast.

Paneeli niiskusekindlust tõstab tsementperkloorvinüülvärvi kihtide katmine perkloorvinüüllaki ХСЛ 5%-lise lahusega ühes või kahes kihis.

Tsementperkloorvinüülvärvi ЦПХВ-2 valmistatakse tehastes, kuid seda on võimalik valmistada ka kohapeal järgmiste komponentide segamisega: perkloorvinüüllaki ХСЛ 15%-line lahus — 1,25 kaaluosa, pesu- või naftaseebi 5%-line vesilahus — 0,25 kaalu-

osa, hall või valge portlandtsement — 1,0 kaaluosa, jahvatatud liiv (sõelutud sõelal 600 ava/cm²) — 1,5...2,0 kaaluosa. Valmis segu võib hoida pikemat aega isegi madalatel temperatuuridel. Soovi korral võib lisada ka pigmente. Värv viskoossus B3-4 järgi on 80...120 s, värvi kulu 600...800 g/m² (üks kiht). Värvipüstitoli jaoks on vaja suruõhku survega 2...3 atü.

Bituumen-emulsioonvärve saadakse bituumenpasta segamisel veega. Kasutatakse betooni ja teiste poorsete materjalide kaitsmiseks niiskumise vastu nõrgalt agressiivses keskkonnas.

Bituumenpasta valmistatakse kohapeal bituumeni ja savi segamisel vahekorras 5:1. Kasutatakse bituumenit BH-IV (kui kaitstav konstruktsioon asub keskkonnas temperatuuriga kuni 40° C) või BH-V (kui keskkonna temperatuur on üle 40...60° C). Savi ei tohi sisaldada liiva.

Pastat tuleb hoida hermeetiliselt suletud või tavalises nõus veekihi all positiivse temperatuuri juures. Nendes tingimustes säilib ta tarvitamiskõlblikuna 6 kuud.

Külmunud või õhu käes kuivanud pasta enam veega ei segune ja on tarvitamiskõlbmatu.

Emulsioonvärvi valmistamiseks segatakse pastat 70...90° C juures veega kuni viskoossuseni 20...25 s seadme B3-4 järgi. Vahetult enne värvimist niisutatakse poorseid pindu imavuse vähendamiseks veega või 0,3%-lise seebilahusega.

Emulsioonvärv kantakse pinnale kolmes kihis üldpaksusega 0,5...0,7 mm. Igat kihti tuleb kuivatada 24 tundi (kui temperatuur on üle 0° C).

Külmad bituumenvärvid ja bituumenlakid. Värv AJI-177 valmistamiseks segatakse lakki nr. 177 alumiiniumipulbriga vahetult enne tarvitamist. Värv ja lakk kantakse metallile ja klaasriidele tavaliselt kahes kihis ilma krundita.

Kivisõelakk A ehk kusbasslakk on veekindel, kuid laguneb päikesevalguse toimetel. Ilmastikukindluse tõstmiseks segatakse teda kohapeal lakiga XCI vahekorras 1:1 ja kantakse puhastatud metallpinnale kolmes kihis.

Külmi bituumenlakte valmistatakse kohapeal, segades bituumenit mark BH-III või BH-IV benssiini ja asbestiga.

Etinoollvärvid. Külma bituumen-etinoollakki mineraalse täiteainega ja ilma valmistatakse kohapeal, segades bituumenit mark BH-IV või BH-V etinoollakiga vahekorras 1:5 (lakk) või 1:10 (krunt). Täiteaineks kasutatakse diabaasi- või andesiidijahu ja asbesti koguses kuni 20% laki kaalust.

Bituumen-etinoollakki ja -värve kasutatakse betoon- ja teiste poorsete pindade kaitsmiseks happelises keskkonnas ja agressiivsetes pinnasevetes.

Valmis lakki hoitakse hermeetilistes metallnõudes. Soovitav on lakki kasutada kohe peale valmistamist.

Lakk on tuleohtlik.

Etinoolvärvi valmistatakse samuti kohapeal. Värviga koostis on järgmine:

etinoollakk	58,5%
asbest nr. 1	34,0%
titaanvalge või diabaasijahu	7,5%

Täiteained peavad olema kuivatatud.

Etinoolvärvi ЭКЖС-40 valmistamiseks segatakse etinoollakk (60%) ja rauamennikut (40%) kohapeal.

Etinoolvärve ДП (rauamenniku või alumiiniumipulbriga) saadakse tehastest valmiskujul, kuid neid võib valmistada ka kohapeal üksikute komponentide segamisega. Värvide ДП säilimisega on 6...8 kuud.

Etinoolvärve saab kasutada õhutemperatuuril kuni -25°C .

Etinoolvärvidega võib värvida ka pindu, mis varem olid värvi- või õlivärvi või kusbasslakiga. Metallpind kruntimist ei vaja. Betoonpind tuleb kruntida kasutatava värvi ja etinoollaki seguga. Krunt kuivab 2...6 tundi.

Iga järgnev värvikiht kantakse veel poolniiskele alumisele kihile (ka metallpindade katmisel).

Metallpindade fosfaatimine enne värvimist pikendab etinoolvärvide eksploatatsiooni aega peaaegu kahekordselt.

2.4.8. Värvimistööl kasutatavaid seadmeid

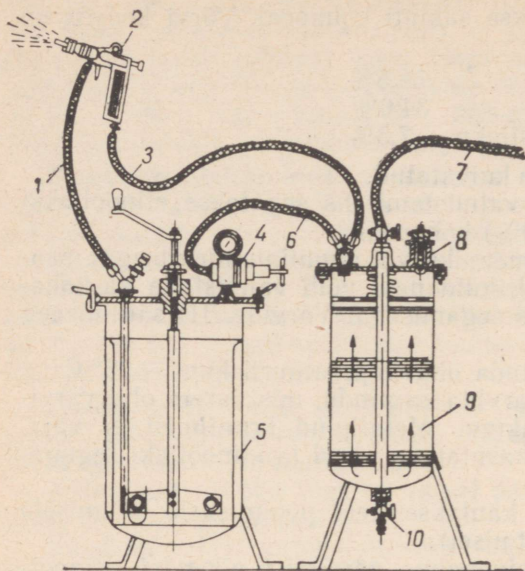
Vibrosõelad. Värvide sõelumiseks kasutatakse vibrosõelu O-26 A ja C-459 tootlikkusega 600...650 kg tunnis õlivärvide puhul ja 1500 kg tunnis liimvärvide puhul.

Värvimisagregaadid koosnevad liikuvast kompressorist, värvipaagist, püstolist ja voolikute komplektist. Tabelis 2.27 on toodud kahe värvimisagregaadi iseloomustus.

Tabel 2.27

Värvimisagregaatide iseloomustus

Näitaja	Agregaadi tüüp	
	O-27	O-30
Keskmine tootlikkus (m ² tunnis)	140	70
Kompressori tüüp	O-16	O-22
Värvipaagi tüüp	O-20	O-25
Paakide arv	2	1
Värvipüstoli tüüp	O-19	O-19
Püstolite arv	2	2
Värvi- ja suruõhuvoolikutete läbimõõt (mm)	9	9
Agregaadi üldkaal (kg)	225	144



Joon. 2.7. Värvimisagregaadi skeem:

1 — värvivoolik; 2 — värvipüstol; 3 — suruõhuvoolik; 4 — rõhuregulaator; 5 — survetank; 6, 7 — suruõhuvoolikud; 8 — õhu väljalasketuts; 9 — suruõhufilter; 10 — õli ja vee väljalasketkraan

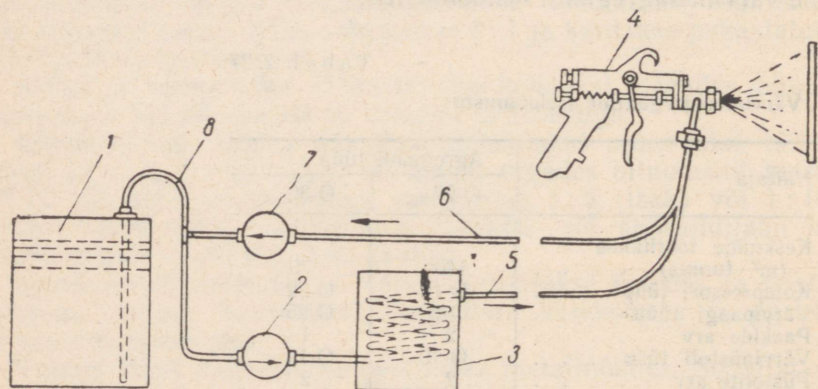
Suruõhupuhasteid toodetakse tüüpidenä MBO-1 ja C-418 maksimaalse töö rõhuga vastavalt 6 ja 5 at.

Käesoleval ajal hakatakse järjest laialdasemalt kasutama eelsoojendatud värvi pihustamist ilma suruõhuta.

NSV Liidus toodetavatest ilma suruõhuta värvimisagregaatidest võiks nimetada tüüpi СФ 9982-020.

Kõiki nimetatud vibrosõelu ja värvimisagregaate toodab Vilniuse Värvimisaparatuuride Tehas.

Värvipüstolid. Värvipüstolite näitajad on toodud tabelis 2.28.

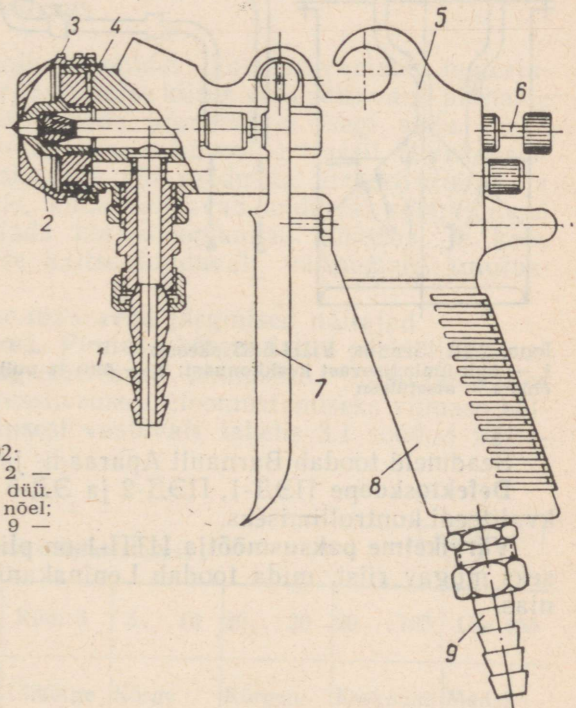


Joon. 2.8. Ilma suruõhuta töötava värvimisagregaadi skeem:

1 — värvitank; 2 — pump; 3 — kalorifeer; 4 — värvipüstol; 5, 6, 8 — toruühendused; 7 — klapp

Värvipüstolite iseloomustus

Püstoli tüüp	O-37	БТО-1	O-19	O-31A	O-45	ПУ-1	C-592	БТО-3М
Näitaja								
Tootlikkus (m ² tunnis)	15	65	70	50...350	110...400	80	75	78
Suruõhu kulu (m ³ tunnis)	2	12	10...12	16...30	14...26	12	16	12...15
Suruõhu rõhk (at)	2	3,5	3	3...4	3...4	3,5	3,5	5...7

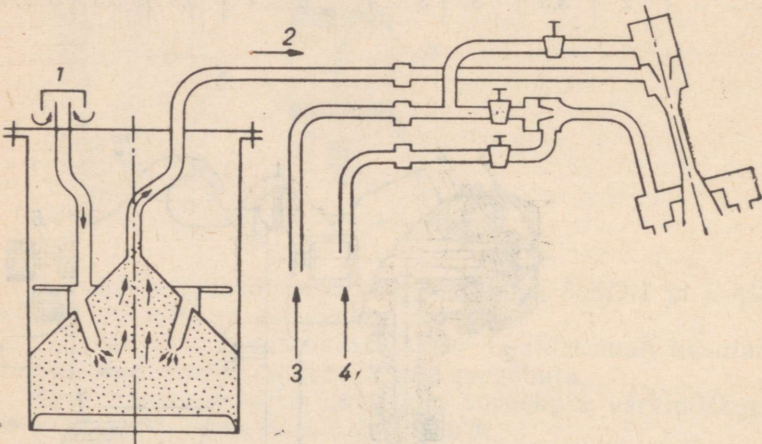


Joon. 2.9. Värvipüstol C-592:
 1 — värvi sisenemistuts; 2 —
 düüs; 3 — püstolipea; 4 — düü-
 situts; 5 — korpus; 6 — nõel;
 7 — päästik; 8 — käepide; 9 —
 suruõhu sisenemistuts

Gaasileekpihusteid kasutatakse plastmassi ja metallipulbri kandmiseks metallpindadele. Seadmete iseloomustus on toodud tabelis 2.29. Seadmega УПН-6-63 saab pihustada materjale sulamistemperatuuriga kuni 500° C.

Gaasilekpihustusseadmete iseloomustus

Näitaja	Seadme tüüp		
	УПН-1	УПН-4	УПН-6-63
Suruõhu rõhk (kg/cm ²)	3...6	3...5	3...5
Atsetüleeni rõhk (mm H ₂ O)	50	50	50
Suruõhu kulu (m ³ tunnis)	9...12	12...15	10...15
Atsetüleeni kulu (1 tunnis)	250...300	250...300	250...300
Tootlikkus, arvestatud pihustatava metallipulbri kogust (kg tunnis)	2	2,5	3...5
Seadme kaal (kg)	40	30	7,8



Joon. 2.10. Seadme УПН-6-63 skeem:

1 — õhk ümbritsevast keskkonnast; 2 — õhu ja pulbri segu; 3 — suruõhk, 4 — atsetüleen

Seadmeid toodab Barnauli Aparaa-di- ja Mehaanikatehas.

Defektoskoobe ПЭД-1, ПЭД-2 ja ЭД-5 kasutatakse värvkatete kvaliteedi kontrollimiseks.

Värvikelme paksusmõõtja ИТП-1 on pliiaatsikujuline, käsitsemiseks mugav riist, mida toodab Leninakani Aparaaditehas Armeenias.

3. MAA-ALUSTE METALLKOMMUNIKATSIOONIDE JA -SEADMETE KORROSIONIKAITSE

3.1. METALLIDE ELEKTROKEEMILINE KORROSION PINNASES

3.1.1. Pinnase agressiivsus

Maa-alustes kommunikatsioonides kasutatavamate materjalide — rauasulamite korrodeerumise kiirus võib sõltuvana pinnaste erinevast agressiivsusest erineda kümneid ja isegi sadu kordi. Seetõttu on pinnase agressiivsuse määramine trassil (territooriumil) enne kommunikatsioonide või seadmete projekteerimist ja paigaldamist väga tähtis, kuna saadavad andmed võimaldavad ratsionaalsemalt lahendada korrosioonikaitse küsimusi ja koos sellega tagada efektiivse kaitse tunduvalt väiksemate kulutustega.

Pinnase agressiivsuse määravad järgmised näitajad.

Pinnase elektrijuhtivus. Pinnase kõrgendatud elektrijuhtivust loetakse kõrgendatud agressiivsuse tunnuseks. Käsiraamatutes kasutatakse pinnase agressiivsuse iseloomustamiseks viimase sõltuvust pinnase eritakistusest vastavalt tabelis 3.1 toodud näitajatele.

Pinnase agressiivsuse sõltuvus eritakistusest

Tabel 3.1

Pinnase eritakistus Ωm	Kuni 5	5 ... 10	10 ... 20	20 ... 100	Üle 100
Pinnase agressiivsus	Ülikõrge	Kõrge	Kõrgendatud	Keskmine	Madal

Tuleb märkida, et üksikjuhtudel ei ole pinnase suur eritakistus madala agressiivsuse tunnuseks. See tingib vajaduse kontrollida eriti tähtsate objektide puhul ka teisi näitajaid.

Niiskus. Pinnase niiskuse suurenemisega kuni teatava kriitilise piirini suureneb ka pinnase agressiivsus; kriitilisest suurema niiskuse puhul pinnase agressiivsus väheneb. Selliseks kriitiliseks suuruseks on malmkonstruktsioonide kasutamisel 20...25%, teras-konstruktsioonide puhul 25...35%. Elektrokeemilise korrosiooni protsessist lähtudes on selline pinnase agressiivsuse sõltuvus pinnase niiskusest lihtsalt mõistetav: vähese niiskuse korral on pinnase oomiline takistus väga suur ning anood- ja katoodprotsessid ei saa tõkestamatult areneda, kõrge niiskuse korral on aga tõkestatud katoodpolarisatsiooni tekkimiseks vajaliku hapniku juurdepääs.

pH suurus (vesinikioonide kontsentratsioon). Enamusele pinnastest on pH väärtuseks 6...7,5, s. t. nad on vaadeldavad neutraalsetena. Kuid esineb ka leeliselise iseloomuga pinnaseid (liiv-savi, soolakud) pH väärtusega 7,5...9,5 ning happeliste omadustega pinnaseid (huumus, soopinnas) pH väärtusega 6...3.

pH vähenemisega pinnase agressiivsus kasvab, sest happelises keskkonnas saab vesinik-depolarisatsioon areneda märgatava kiirusega.

pH suurenemisega kaasneb agressiivsuse langus.

Pinnase tihedus. Praktiliste vaatlustega on kindlaks tehtud, et sama niiskusesisalduse juures on tihedamates pinnastes korrosioon väiksem.

Pinnase temperatuur. Nagu enamiku keemiliste reaktsioonide kiirust, saab ka metalli korrosioonikiirust pinnases sõltuvana temperatuurist ligikaudu iseloomustada *Arreniuse* valemiga:

$$v = Ae^{-\frac{b}{T}}$$

kus v — protsessi kiirus;

A ja b — konstandid;

e — naturaallogaritmi alus;

T — absoluutne temperatuur ($^{\circ}$ K).

Toodud valemi alusel kasvab metalli korrosioonikiirus pinnases temperatuuri tõustes üldjuhul eksponentsiaalselt. Kuid arvestades korrosiooniprotsessi keerukust võib esitatud seosest esineda märgatavaid kõrvalekalduisi ja seda eriti kõrgemate temperatuuride puhul (kui kõrge temperatuuriga kaasneb pinnase kiire kuivamine ja tiheduse muutus, võib pinnases toimuva korrosiooni kiiruse sõltuvus temperatuurist muutuda põhimõtteliselt).

3.1.2. Pinnase agressiivsusest tingitud korrosioon metallidel

Maa-aluste kommunikatsioonide ja seadmete materjalina kasutatakse põhiliselt vähelegeeritud terast ja malmi, vähemal määral alumiiniumi (kaablite kestad ja torud), tina (kaablite kestad), tsinki (terase katematerjalina) ja vaske (mitmesugused maandused).

Raud, süsinikterased, vähelegeeritud terased ja malm korrodeeruvad mitmesugustes pinnastes peaaegu ühtlaselt, keskmine korrosioonikiirus kõigub piirides 0,2...0,4 mm aastas. Eriti agressiivsetes pinnastes võib korrosioonikiirus kasvada 2 mm-ni aastas. Vaske sisaldavad terased (vaske 0,2...2%) ei oma pinnasesse paigaldatuna tavaliste terastega võrreldes kõrgemat korrosioonikindlust. Ilmastikutingimustes omavad nimetatud terased aga tunduvalt eeliseid.

Tina korrosioonikindlus pinnastes on terasega võrreldes 3...4 korda suurem. Pinnastes, mis sisaldavad palju orgaanilisi aineid või on küllastatud süsihappega, on tina korrosioonikindlus terasega võrreldes tunduvalt väiksem. Tina korrodeerumise iseloom on aga tunduvalt ebaühtlasem kui terasel, olles rohkem kolmelise iseloomuga.

Alumiiniumi ja tema sulameid võib tavaliste pinnaste puhul võrrelda terasega; agressiivsete pinnaste puhul võib korrosioonikiirus kasvada või väheneda olenevalt seni väheuuritud teguritest.

Tsinki võib neutraalsete ja nõrgalt leeliseliste pinnaste puhul võrrelda terasega; korrosioonikiirus kõigub piirides 0,1...0,3 mm aastas. Happelistes pinnastes on tsink ebapüsiv. Efektiivne on tsingi kasutamine terase katematerjalina kaitseks korrosiooni vastu, sest tsingi potentsiaal on märgatavalt negatiivsem kui terasel. Kuid pikemaajalise kaitse tagamiseks peab terasele kantava tsingikihi paksus olema küllalt suur ja, arvestades praktikas kasutatavat tsingiga katmise tehnoloogiat (madal produktiivsus), ei ole tsingi kasutamine iseseisva katematerjalina maa-aluste kommunikatsioonide puhul suuremas ulatuses otstarbekohane.

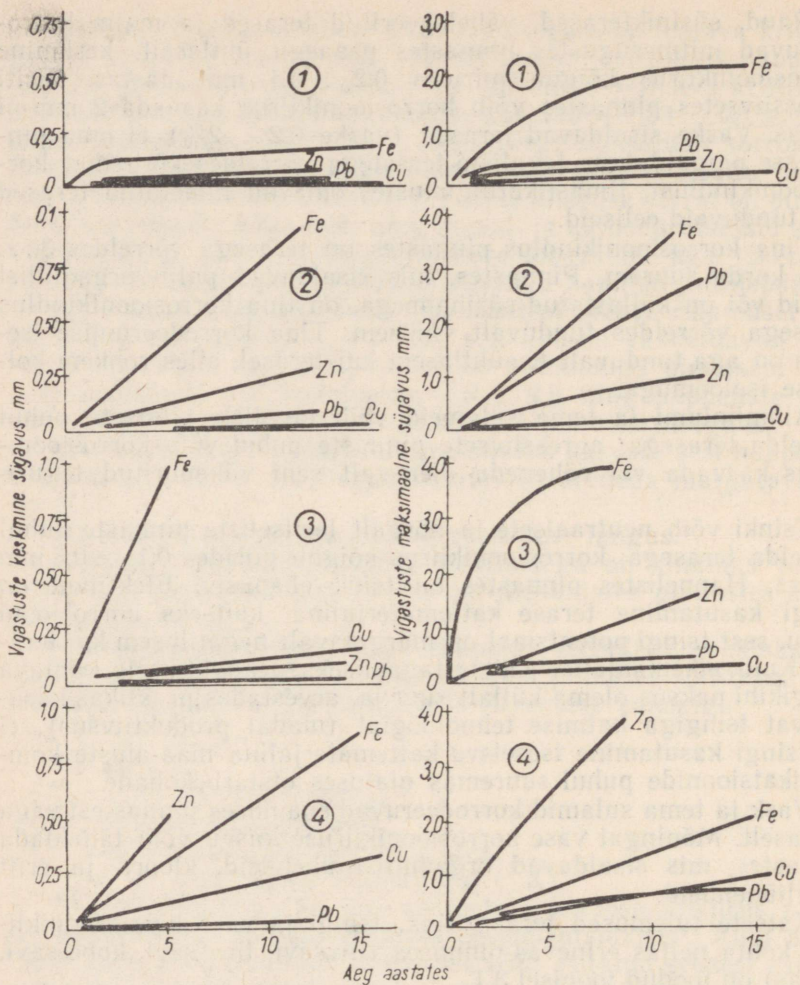
Vask ja tema sulamid korrodeeruvad enamuses pinnastest väga aeglaselt. Mõningat vase korrosioonikiiruse kasvu võib täheldada pinnastes, mis sisaldavad orgaanilisi ühendeid, kloori- ja eriti väävliühendeid.

Katsete tulemused terase, tina, tsingi ja vase korrosioonikiiruse kohta neljas erinevas pinnases (liivsavi, tihe savi, kobe savi, turvas) on toodud joonisel 3.1.

Joonisel toodud kõverate võrdlemisest nähtub, et terase korrosioonikiirus on kõikides pinnastes teiste metallide omast tunduvalt suurem, välja arvatud eriti happelised pinnased (turvas), kus kõige ebapüsivamaks osutus tsink.

3.1.3. Uitvoolude allikad

Tramme varustatakse elektrienergiaga (alalisvooluga) toitealajaamadest (nimipingega 600 V) toite- ja imevkaablite ning kontaktvõrgu ja rööbasteede kaudu. Nõukogude Liidus kasutatakse ühtset trammide toiteliinielementide polaarsust: kontaktvõrk ühendatakse toitealajaama positiivse potentsiaaliga (pluss-) lattidega



Joon. 3.1. Terase, tina, tsingi ja vase korrosiooni välikatsete tulemused Pinnaseliigid: 1 — liivsavi; 2 — tihe savi; 3 — kobe savi; 4 — turvas

ja rööbasteed negatiivse potentsiaaliga (miinus-) lattidega. Ühest alajaamast toidetav kontaktvõrgu osa sektsioonitakse, kusjuures iga sektsioon on alajaamaga ühendatud eraldi kaabli kaudu. Rööbasteed moodustavad aga keerulise kujuga voolujuhtide võrgu, millest vool juhitakse alajaamadesse paralleelselt ühendatud imevkaablite süsteemi kaudu.

Vaatamata kõrgele potentsiaalile maa suhtes, ei ole kontaktvõrk uitvoolude allikaks ja seda tänu heale maast isoleeritusele.

Seega osutuvad uitvoolude allikateks trammide rööbasteed seoses voolu juhtivate elementide (rööpad, kinnitused) ja maa vahelise väikese takistusega. Teatavatel juhtudel võivad rööbasteedest pinnasesse suubuvad voolud moodustada 10...20% koormusvoolust.

Voolu lekkimine trammi rööbasteest pinnasesse on tingitud järgmistest põhjustest. Imevoolude kulgemine rööbastes kutsub esile viimastel pingelangu tekkimise, millega seoses rööbasteerinevad punktid võivad omada väga mitmesuguseid potentsiaale. Erinevad potentsiaalid rööbasteerivate osade vahel põhjustavad voolu kulgu mööda ahelat, mis sündib rööpaide erinevate potentsiaalidega punktide vahel järgmises ahelas: rööpad — tee konstruktsioon — lähedal asuvad pinnasekihid — kaugemal asuvad pinnasekihid (mille takistus seoses suure ristlõikepindalaga on väga väike) ja tagasi rööbastesse vastupidises järjekorras.

On selge, et mida suurem on pingelang rööbastes ja sellega kaasnev rööpa ja maa potentsiaalide vahe ning mida väiksem on takistus rööbaste ja kaugemal asuvate pinnasekihtide vahel, seda suurem on pinnasesse suubuva voolu ja ühtlasi ka uitvoolude tugevus.

Pingelangu suurus rööbastes sõltub koormusest, imevpunktide vahelisest kaugusest ja rööpaniitide takistusest (s. o. rööpa ristlõikest ja jätkude seisukorrast). Rööbaste ja maa vaheline takistus sõltub rööbasteerivate konstruktsioonist ja rööbasteed ümbritseva pinnase eritakistusest.

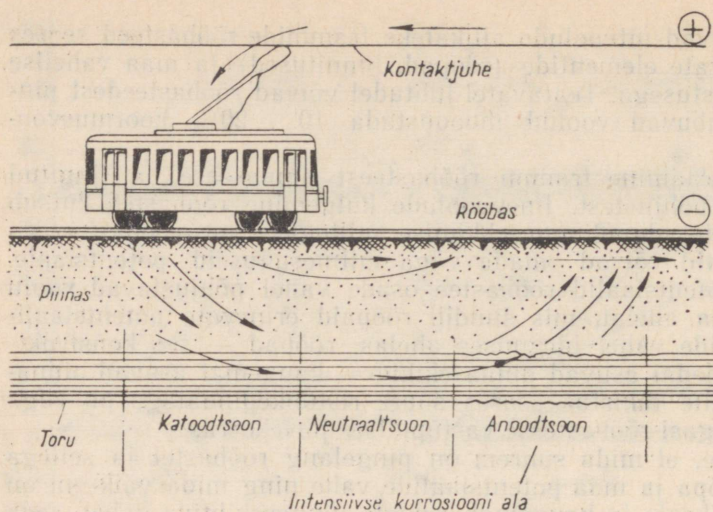
Trammide rööbasteed jagunevad konstruktsioonilt lahtisteks ja kinnisteks. Esimesel juhul ei puuduta rööpad üldse tee ballasti või puudutavad ainult osaliselt, teisel juhul on rööpad paigaldatud süvitatult tänavakattesse. Lahtise konstruktsiooni korral ulatub rööbasteerivate ja pinnase vaheline üleminekutakistus mõne oomini ühe kilomeetri kohta, kinnise konstruktsiooni korral võib aga üleminekutakistus vähendada mõne sajandiku oomini kilomeetri kohta.

Analoogilisteks uitvoolude allikateks on ka elektrifitseeritud raudteede rööpmed. Voolu lekkimine pinnasesse on tingitud samadest põhjustest kui trammiteedel.

Üheks uitvoolude allikaks on alalisvoolu-elektrienergia ülekandeliinid, kus ühe juhtmena kasutatakse maad. Selliste liinide hulka kuuluvad esmajärjekorras tööstuslikud ülikõrgepingeliinid (vool kuni 1500 A), mis võivad perioodiliselt töötada režiimis «juhe-maa», ja side-magistraalkaablite võimenduspunktide toiteliinid (vool kuni 10 A), mis töötavad nimetatud režiimis pidevalt.

3.1.4. Metallide korrosioon uitvoolude mõjupiirkonnas

Eeltoodu alusel (p. 3.1.3) on uitvoolud tingitud voolu lekkimisest elektrifitseeritud transpordi rööbasteedest pinnasesse. Need voolud, kohates oma teel maa-alust kommunikatsiooni (torustikku,



Joon. 3.2. Uitvooludest tingitud elektrolüütiliste korrosiooni-
 protsesside skeem

kaablit), sisenevad viimasesse. Voolu sisenemiskohas moodustub katoodtsoon, tõuseb pinnase leeliselisus, suuremate voolutiheduste korral (üle $0,15 \text{ A/dm}^2$) eraldub vesinik. Voolu kommunikatsioonist väljumiskohas tekib anoodtsoon, kus esineb kiire metalli elektrolüütiline lahustumine. Seega on maa-aluste metallkommunikatsioonide korrosioon vahetult sõltuv uitvooludest kommunikatsioonide ümbritsevas keskkonnas-elektrolüüdis, milleks osutub pinnase niiskus koos viimases lahustunud ainetega. Metallide korrosioon uitvoolude mõjupiirkonnas on elektrolüütiline protsess, mille kohta kehtib Faraday seadus:

$$W = \frac{A}{nF} It$$

- kus W — eraldunud aine hulk grammides;
 n — lahustuva aine valents;
 A — aatomikaal;
 F — Faraday arv;
 I — voolutugevus;
 t — aeg.

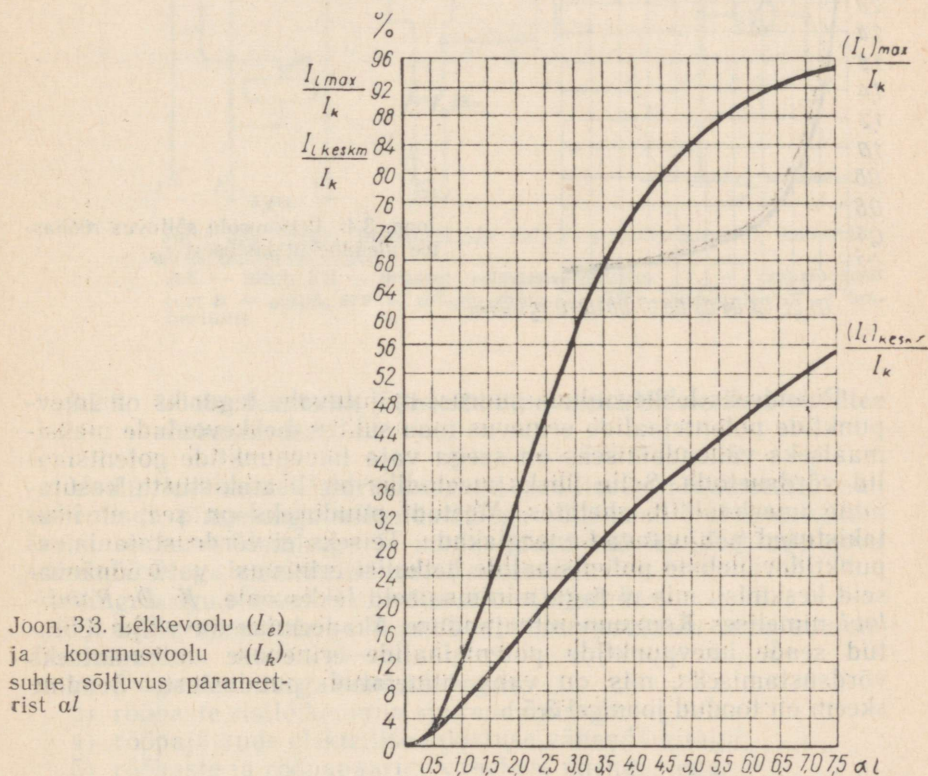
Kui näiteks kommunikatsioonist pinnasesse suubuva voolu tugevus on 1 A, siis Faraday seadust rakendades saame, et ühe aasta jooksul eraldub rauda 9120 g või tina 23800 g. On aga teada, et uitvoolude tugevus torustikus võib ulatuda sageli mõnesaja amprini, millega loomulikult kaasneb (eelnevate näidete alusel) kiire aukude tekkimine torude seintes kohtades, kus isolatsioon on rikutud.

Režiimis «juhe-maa» töötavate alalisvoolu-elektrienergia ülekandeliinide maandite läheduses paiknevad maa-alused metallkommunikatsioonid omandavad märgatavaid positiivseid või negatiivseid potentsiaale (vastupidine maandi potentsiaalile). Maandite mõju intensiivsus sõltub liinis ülekantava voolu tugevusest, maandi ja kommunikatsiooni vahelisest kaugusest, kommunikatsiooni ja maa vahelisest üleminekutakistusest, pinnase eritakistusest ja muudest teguritest.

3.2. UITVOOLUDE VÄHENDAMINE

3.2.1. Voolu lekkimise vähendamine trammi rööbasteedest

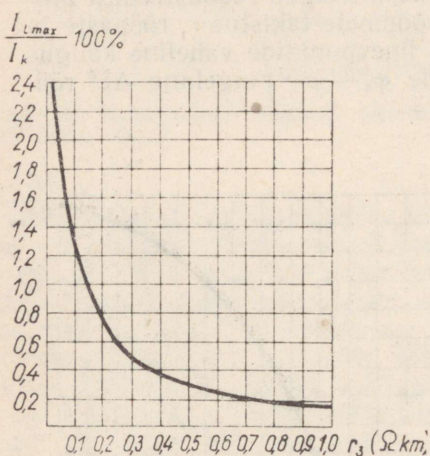
Peamisteks teguriteks, millest sõltub trammi rööbasteedest pinnasesse lekkiva voolu tugevus, on rööpmete takistus r , rööbaste ja maa vaheline üleminekutakistus $r_{ü}$, imevpunktide vaheline kaugus l , imevpunktide potentsiaalide vahe $\varphi_2 - \varphi_1$, pingelang ΔU röö-



Joon. 3.3. Lekkevoolu (I_e) ja koormusvoolu (I_k) suhte sõltuvus parameetrist α

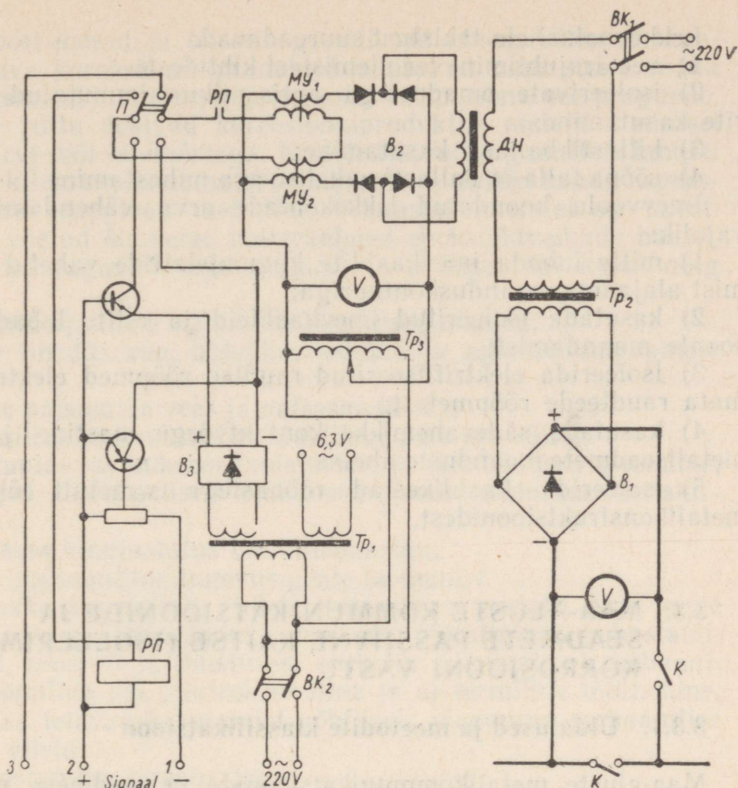
basteedel, maa-aluste kommunikatsioonide drenimise režiim ja kontaktvõrgu sektsioonimine.

Joonisel 3.3 on toodud maksimaalse ja keskmise lekkevoolu ning koormusvoolu suhte sõltuvus parameetrist αl ($\alpha = \sqrt{\frac{r}{r_{ii}}}$). Joonise analüüs näitab, et mida väiksemad on l ja r ning mida suurem on r_{ii} , seda väiksem on lekkevool. Imevpunktide vahelise kauguse l vähendamine on seotud suurte kulutustega, kuid rööpmete takistuse vähendamine ei vaja märgatavaid kulutusi ja on seejuures lekkevoolude vähendamiseks vägagi efektiivne abinõu. Mitte vähem tähtsaks teguriks on rööbaste ja maa vaheline üleminekutakistus r_{ii} , sest lekkevoolu I_l ja üleminekutakistuse r_{ii} suurused on hüperboolses sõltuvuses (vt. joon. 3.4).



Joon. 3.4. Lekkevoolu sõltuvus rööbaste üleminekutakistusest r_{ii}

Peamiseks lekkevoolude suurust mõjutavaks teguriks on imevpunktide potentsiaalide erinevus maa suhtes. Lekkevoolude maksimaalseks vähendamiseks on seega vaja imevpunktide potentsiaalid võrdsustada. Selle üheks meetodiks on lisatakistuste kasutamine imevkaablite ahelates. Meetodi puuduseks on see, et liisatakistused põhjustavad energiakadu. Teiseks ei võrdsustata imevpunktidevaheliste potentsiaalide hetkelisi erinevusi, vaid ööpäeva-seid keskmisi, mis ei taga minimaalseid lekkevoole. *K. D. Pamfilovi* nimelises Kommunaalmajanduse Akadeemias on välja töötatud seade imevpunktide potentsiaalide erinevuse automaatseks võrdsustamiseks, mis on vaba nimetatud puudustest. Seadme skeem on toodud joonisel 3.5.



Joon. 3.5. Seade imevpunktide vaheliste potentsiaalide automaalselt ühtsustamiseks:

BK — lüliti; DH — drossel eelmagneetamiseks; T_p — transformator; B — alaldi; MY — magnetvõimendi; PII — vaherelee; Π — ümberlülit

3.2.2. Voolu lekkimise vähendamine elektrifitseeritud raudtee rööbasteedest

Voolu lekkimist elektrifitseeritud raudteede rööpmetest saab vähendada pingelangu vähendamisega rööbastel, lekkevooluahela takistuse suurendamisega ja voolu koondatud lekkekohtade arvu vähendamisega maandatud metallseadmetel.

Pingelangu rööbastel on võimalik vähendada:

1) toitealajaamade ja täiendavate imevpunktide arvu suurendamisega;

2) pinge tõstmisega kontaktvõrgus;

3) rööbaste ristlõikepinna suurendamisega;

4) rööpajätkude elektrilise takistuse vähendamisega;

5) rööbaste ja rööppaaride vaheliste ühendustega.

Lekkevooluahela takistust suurendavad:

- 1) vee ärajuhtimine tee ülemistest kihtidest;
- 2) isoleerivate omadustega antiseptikus immutatud puitliiprite kasutamine;
- 3) killustikballasti kasutamine;
- 4) rööpa talla ja ballasti vahelise ava puhastamine.

Imevoolu koondatud lekkekohtade arvu vähendamiseks on vajalik:

- 1) mitte lubada imevkaablite kogumislattide vahetut ühendamist alajaama maanduskontuuriga;
- 2) kasutada isoleeritud imevkaableid ja mitte lubada nende soonte maandamist;
- 3) isoleerida elektrifitseeritud raudtee rööpmed elektrifitseerimata raudteede rööpmetest;
- 4) kasutada sädevahemikke kontaktvõrgu mastide ja muude metallseadmete maanduste ahelas;
- 5) isoleerida kaablikestad rööbastega vahetult ühendatud metallkonstruktsioonidest.

3.3. MAA-ALUSTE KOMMUNIKATSIOONIDE JA SEADMETE PASSIIVNE KAITSE (ISOLEERIMINE) KORROSIONI VASTU

3.3.1. Üldalused ja meetodite klassifikatsioon

Maa-aluste metallkommunikatsioonide ja seadmete passiivne kaitse seisneb nende isoleerimises ümbritsevast keskkonnast. Praktikas kasutatavaid isoleerimismeetodeid võib jaotada järgmiselt:

- a) isoleerimine dielektrilise kihiga;
- b) isoleerimine ülitugeva dielektrilise kihiga;
- c) isoleerimine kommunikatsiooni paigaldamisega täitepinnasesse (liiva);
- d) isoleerimine kommunikatsiooni paigaldamisega spetsiaalsetesse kanalitesse või kollektoritesse¹;
- e) isoleerimine metallist kaitsekihiga.

Isolatsiooni kaitsevõime sõltub paljudest teguritest, sealhulgas isoleeritava metalli pinna ettevalmistusest, isoleermaterjalist ja selle pealekandmise viisist.

Metalli kvaliteetseks isoleerimiseks on eelkõige vajalik tagada maksimaalne nake isolatsioonikihi ja metalli vahel. Tugev nake takistab korrosiooni tekkimist metalli ja isolatsiooni piiril. Nõrga nakke korral võivad isolatsiooni ja metalli vahele tungida vesi,

¹ Nõukogude Liidus paigaldatakse gaasitorud vahetult pinnasesse, kuna gaasi lekkimisvõimaluse tõttu nende paigaldamine kanalitesse või kollektoritesse on ohtlik.

hapnik, klooriioonid ja teised agressiivsed ained. Viimase tagajärjel tekkiva korrosiooni produktid tekitavad oma suure mahu tõttu isolatsioonikihis sisepingeid, mille tulemusena see praguneb. Võrdlemisi ruttu tekivad korrosiooniproduktid metalli katmisel õhukese värvi- või lakikelmega. Nimelt tekivad orgaanilise lahuse aurumisel kilesse paratamatult mikroavad, mille kaudu agressiivsed ained tungivad metallini. Viimastel aastatel on uuesti kasutusele võetud õhukesed kaitsekilmepoksuüdvaiakude baasil, sest viimased tagavad tugeva nakke ja ei lase läbi ioone ning hapnikku.

Isoleermaterjalidele esitatakse järgmised nõuded:

1) suur tihedus vee, hapniku, ionide ja agressiivsete ainete suhtes;

2) väike paisumine vees ja naftasaadustes;

3) keemiline ja struktuurne stabiilsus pika aja vältel;

4) vastupidavus mikroorganismidele ja taimede juurte toimele;

5) kõrged dielektrilised omadused (suur mahuline eritaktisus);

6) tööstuse kindlustatus toorainebaasiga;

7) suur mehaaniline tugevus peale tardumist.

Hea nakke tagamiseks tuleb isoleeritava metalli pind enne isolatsioonikihi pealekandmist puhastada. Metallpinna puhastamiseks tagist, roostest ja mustusest on kolm moodust: a) mehaaniline, b) keemiline või elektrokeemiline ja c) termiline töötlemine.

Praktikas leiavad kasutamist põhiliselt järgmised mehaanilise töötlemise viisid:

1) puhastamine terasharjaga;

2) puhastamine kaabitsaga;

3) puhastamine liivapritsiiga;

4) puhastamine haavlipritsiiga.

3.3.2. Isolatsiooni liigid

Korrosioonivastase isolatsiooni materjalid jagunevad järgmiselt:

a) orgaanilised — bituumen, kummi, plastmassid jt.;

b) anorgaanilised (mittemetalsed) — tsemendid, silikaadid;

c) metalsed — kaitstava seadme metalli suhtes anoodsed ja katoodsed;

d) kombineeritud — tsementbituumen, asbesttsement, liiv- asfalt, bituumenkummi jt.

Füüsikaliste omaduste järgi jagunevad isoleermaterjalid dielektrikuteks ja voolujuhtideks. Dielektrikisolatsioonid jagunevad ühe- ja mitmekihilisteks.

Reeglina ulatub isolatsiooni paksus mõnest sajandikust millimeetrist kümnete millimeetriteni. Praktikas on orgaanilistest aine-

test isolatsiooni paksus piirides 3...9 mm, anorgaanilistest ainetest või kombineeritud isolatsiooni paksus piirides 15...30 mm.

Metallkaitsekihte kui pinnases ebapüsivaid siinkohal ei käsitleta.

Korrosioonivastase isolatsiooni konstruktsiooni ja materjali valikul tuleb lähtuda uitvoolude olemasolust, pinnase agressiivsusest, torustikus transporditava keskkonna temperatuurist ja torustiku paigaldamis- ning eksploatatsioonitingimustest. Terasest magistraaltorudel kasutatakse kolme tüüpi isolatsioone:

1) normaalne (bituumen või samaväärne materjal) — madala ja keskmise agressiivsusega pinnastes;

2) tugev (bituumen või samaväärne materjal) — kõrgendatud ja kõrge agressiivsusega pinnastes;

3) ülitugev (bituumen või samaväärne materjal) — ülikõrge agressiivsusega pinnastes ja uitvoolude olemasolul.

Tabelites 3.2 ja 3.3 on toodud isolatsioonikihtide näitlikud konstruktsioonid bituumenkummi ja plastmasside kasutamisel.

Tabel 3.2

Trassil torustikule kantava bituumenkummist isolatsiooni näitlik konstruktsioon

Isolatsiooni tüüp	Konstruktsioon	Isolatsiooni-kihi paksus mm
Normaalne	Krunt, mastiks 3 mm, klaasriie või jõupaber	3
Tugev	Krunt, mastiks 4 mm, brisool 1,5 mm	5,5
"	Krunt, mastiks 5,5 mm, klaasriie või jõupaber	5,5
Ülitugev	Krunt, mastiks 7 mm, brisool 1,5 mm	8,5
"	Krunt, mastiks 4 mm, brisool 1,5 mm, mastiks 3 mm, klaasriie või jõupaber	8,5

Tabel 3.3

Polüvinüülkloriid- või polüetüleenlindist kleepisulatsiooni näitlik konstruktsioon

Isolatsiooni tüüp	Konstruktsioon	Isolatsiooni paksus mm
Normaalne	Üks kiht kleeplinti	Mitte alla 0,35
Tugev või ülitugev	Kaks kihti kleeplinti	Mitte alla 0,7

Märkused tabelite 3.2 ja 3.3 juurde.

1. Klaasriide puudumisel võib seda asendada jõupaberiga.

2. Mastiksiste pehmenemistemperatuur peab olema vähemalt 25° C võrra kõrgem torus transporditava keskkonna temperatuurist.

3. Polümeerestest ainetest kleeplindiga on lubatud isoleerida torusid, milles transporditava keskkonna temperatuur ei ületa 70° C.

Isolatsiooni tüübi ja materjali valikul tuleb juhinduda normide CH 266-63 nõuetest ja vastavates käsiraamatutes toodud andmetest.

3.3.3. Isolatsiooni kvaliteedi kontroll

Isolatsiooni head kvaliteeti iseloomustavad:

- 1) pragude ja mullide puudumine;
- 2) ettenähtud paksus;
- 3) silmale nähtamatute mikropooride puudumine;
- 4) tugev nake;
- 5) kõrge üleminekutakistus.

Praad ja mullid on tavaliselt tingitud bituumenmastiksi valmistamise ja pealekandmise tehnoloogilise režiimi rikkumisest. Peened mullikesed ja praod tekivad ülekuumutatud bituumeni kasutamisel, ühtlaselt jaotunud suured mullid tekivad niiske torupinna korral. Tuul võib põhjustada mitmesuguse kujuga piklike mullide tekkimist; kuumenemine päikesekiirte mõjul (kuni 50... ..60° C) põhjustab pragusid isolatsiooni pinnal.

Seda liiki defekte võimaldab vältida ainult range tehnoloogilist režiimist kinnipidamine tööde tegemisel.

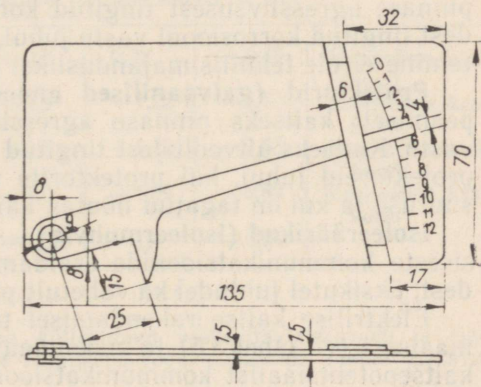
Lihtsaim seade isolatsiooni paksuse kontrollimiseks on kang-sügavusmõõtja (joon. 3.6).

Isolatsiooni paksust mõõdetakse toru perimeetril iga 500 m järel. Meetodi puuduseks on seadme nõelast tingitud aukude tekkimine mõõtmiskohtades. Nimetatud puudus on välditud väikese-gabariidiliste paksusmõõtjate T-55 ja MT-57 kasutamisel. Mõlema paksusmõõtja juures saadakse isolatsiooni paksus lugemina mõõteskaalalt.

Silmale nähtamatute mikropooride olemasolu võib avastada sädedefektoskoobi ДР-12 abil.

Isolatsiooni nakke kontrollimiseks lõigatakse see ristküjuliselt läbi (lõigetevaheline nurk ca 50°) ja püütakse isolatsiooni toru küljest noaga eemaldada.

Isolatsiooni üleminekutakistust kontrollitakse spetsiaalsete plaatelektroodide ja megeri abil. Üleminekutakistus võimaldab hinnata isolatsiooni kvaliteeti (vt. tabel 3.4).



Joon. 3.6. Kang-sügavusmõõtja
(mõõtmed millimeetrites)

Üleminekutakistus Ωm^2	Defektide olemasolu	Üldine hinnang
Üle 10 000	Puuduvad	Väga hea
10 000 ... 1 000	Üksikud, väga väikesed	Hea
1 000 ... 100	Väikesed, hõredalt	Rahuldav
100 ... 10	Märgatavad, suhteliselt suurel hulgal	Halb
Alla 10	Suured	Väga halb

3.4. MAA-ALUSTE KOMMUNIKATSIOONIDE JA SEADMETE AKTIIVNE (ELEKTRILINE) KAITSE KORROSIONI VASTU

3.4.1. Üldalused

Maa-aluseid kommunikatsioone ja seadmeid kaitstakse korrosiooni vastu järgmiste elektriliste seadmete abil.

Vahetu dreanaž — kasutatakse juhtudel, kui: a) rööpad on ühendatud alajaamades miinuslattidega; b) rööpa ja kommunikatsiooni vaheline pinge (U_{rk}) ületab pinge kommunikatsiooni ja maa vahel (U_{km}) ning samal ajal kommunikatsiooni potentsiaal rööpa suhtes on pidevalt positiivne.

Polariseeritud dreanaž — kasutatakse juhtudel, kui kaitstava kommunikatsiooni potentsiaal rööbastel, alajaama miinuslattide või maa suhtes on positiivne või vahelduva märgiga.

Tugevdatud dreanaž — kasutatakse juhtudel, kui kaitstava kommunikatsiooni potentsiaal (tingituna mitmest uitvoolude allikast) maa suhtes on positiivne või vahelduva märgiga või juhtudel, kui see on õigustatud tehnilis-majanduslike näitajatega.

Katoodjaam — kasutatakse kommunikatsioonide kaitseks pinnase agressiivsusest tingitud korrosiooni vastu ning uitvooludest tingitud korrosiooni vastu juhul, kui elektrilise dreanaži kasutamine ei ole tehnilis-majanduslikel kaalutlustel otstarbekas.

Protektorid (galvaanilised anodelektroodid) — kasutatakse peamiselt kaitseks pinnase agressiivsusest tingitud korrosiooni vastu. Kaitseks uitvooludest tingitud korrosiooni vastu kasutatakse protektoreid juhul, kui protektorite vool kompenseerib uitvoolude suuruse ja kui on tagatud nõutav kaitsepotentsiaali suurus.

Isoleeräärrikud (isoleermuhvid) — kasutatakse peamiselt hoonesiseste kommunikatsioonide eraldamiseks väliskommunikatsioonidest, üksikutel juhtudel ka vahetult pinnases.

Elektrilise kaitse rakendamisel tuleb lähtuda nõutavast minimaalsest (vt. tabel 3.5) ja maksimaalselt lubatavast (vt. tabel 3.6) kaitsepotentsiaalst kommunikatsiooni ja maa vahel.

Kaitsepotsiaalide minimaalsed väärtused

Tabel 3.5

Kommunikatsiooni (seadme) materjal	Kaitsepotsiaalide minimaalsed suurused polarisatsioonivabade elektroodide suhtes V			Keskfond
	vesinik-elektrood	vasksulfaat-elektrood	tina-elektrood	
Teras	-0,55	-0,87	-0,38	Kõik keskkonnad
Tina	-0,20	-0,52	-0,03	Happeline keskkond
„	-0,42	-0,74	-0,25	Leeliseline keskkond
Alumiinium	-0,68	-1,0	—	—

Kaitsepotsiaalide maksimaalsed väärtused

Tabel 3.6

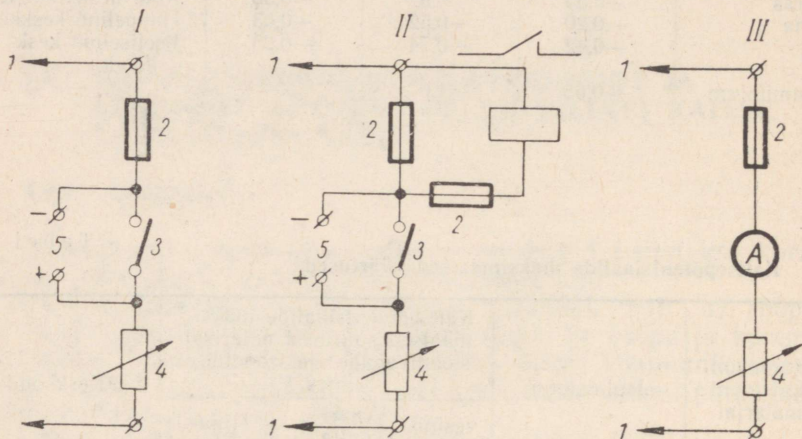
Kommunikatsiooni materjal	Isolatsioon	Kaitsepotsiaalide maksimaalsed suurused polarisatsioonivabade elektroodide suhtes V			Keskfond
		vesinik-elektrood	vasksulfaat-elektrood	tina-elektrood	
Teras	Isoleeritud	-0,9	-1,22	-0,73	Kõik keskkonnad
„	Isolatsioon osaliselt vigastatud	-1,2	-1,52	-1,03	„
„	Isoleerimata	Piiratakse kahjuliku mõjuga lähedalasuvatele metallseadmetele (vt. CH 266-63, p. 97)			„
Tina	Isoleeritud	-0,6	0,92	-0,43	Happeline keskkond
„	„	-0,9	-1,22	-0,73	Leeliseline keskkond
„	Isoleerimata	-0,8	-1,12	-0,63	Happeline keskkond
„	„	-1,0	-1,32	-0,83	Leeliseline keskkond
Alumiinium	„	-1,08	-1,4	-0,91	—

Märkus. Polariseeritud vasksulfaatelektroodi ja tinaelektroodi potentsiaalid standardse vesinikelektroodi suhtes on võetud vastavalt +0,32 V ja -0,17 V.

3.4.2. Drenaažkaitse

Maa-aluste metallkommunikatsioonide (-seadmete) kaitseks kasutatakse vahetut, polariseeritud või tugevdatud drenaaži. Drenaaži tüüp valitakse sõltuvalt seadme ja maa (U_{km}) ning seadme ja rööpa (U_{rk}) vahelisest pingest (potentsiaalide vahest).

Vahetu drenaaž (vt. joon. 3.7) omab kahesuunalist voolujuhtivust, s. t. ta laseb takistamatult läbi voolu maa-alusest seadmest rööbastesse ja vastupidi.



Joon. 3.7. Vahetute drenaažide elektrilisi skeeme:

1 — drenaažikaablid; 2 — kaitse; 3 — lüliti; 4 — reostaat; 5 — klemmid ampermeetri ühendamiseks

Vahetu drenaaž ühendatakse kaitstava kommunikatsiooni ja elektrifitseeritud transpordi toitealajaama miinuslattide vahele või kommunikatsiooni ja rööbastee imevpunkti vahele. Vahetu drenaaži ühendamine otseselt rööbastega ei ole lubatud.

Polariseeritud drenaaž on ühesuunalise voolujuhtivusega, mis saavutatakse alaldite või drenaažirelee abil. Polariseeritud drenaaž ühendatakse kaitstava kommunikatsiooniga ja

a) trammi või elektrifitseeritud raudtee rööbastega (viimasega on ühendamine lubatud juhul, kui signalisatsiooni- ja tsentraalse blokeeringu ahelana kasutatakse ühte rööpaniiti),

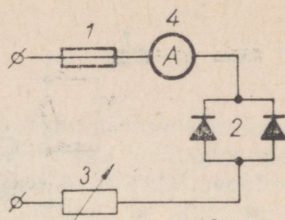
b) elektrifitseeritud raudtee rööbaste drosseli keskväljavõttega juhul, kui signalisatsiooni- ja tsentraalse blokeeringu ahelana kasutatakse kahte rööpaniiti,

c) trammi toitealajaama miinuslattidega või

d) elektrifitseeritud raudtee toitealajaama imevkaablite kogumislattidega (ainult siis, kui rööpmed on negatiivse potentsiaaliga).

Joon. 3.8. Alalditega polariseeritud dreanaazi põhimõtteline skeem:

1 — kaitse; 2 — alaldi; 3 — reostaat; 4 — ampermeeter



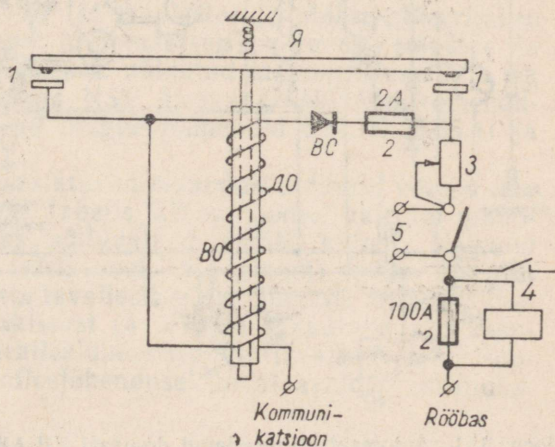
Polariseeritud dreanaazi vahetu ühendamine imevkaabli soonega ei ole lubatud.

Elektrifitseeritud rööbastranspordi suure liiklussageduse korral, millega kaasneb kommunikatsiooni ja rööpa vahelise pinge muutumise suhteline sujuvus, kasutatakse alalditega polariseeritud dreanaaze (vt. joon. 3.8). Kommunikatsiooni ja rööpa vahelise pinge muutumise järsu iseloomu korral on soovitatav kasutada elektromagnetilisi (dreanaazireleega) polariseeritud dreanaaze (vt. joon. 3.9).

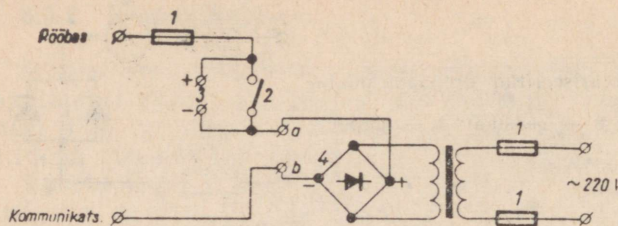
Praktikas kasutatakse põhiliselt polariseeritud dreanaaze ПГД-200 (alalditega, lubatav voolutugevus $I_l = 200$ A) ja ПД3А (dreanaazireleega, $I_l = 400$ A, tundlikkus 0,01 V).

Tugevdatud dreanaaz koosneb vahetust dreanaazist, mille ahelasse on ühendatud alalisvooluallikas (vt. joon. 3.10).

Viimase ajani kasutati tugevdatud dreanaaze, mille töörežiim oli valitud sõltuvuses kommunikatsiooni ja maa vaheliste potentsiaalide erinevuse keskmisele vastavast kaitsepotentsiaalist. Et sõltuvalt elektrifitseeritud rööbastranspordi liikumise intensiivsusest, pinnase niiskusest ja temperatuurist kommunikatsiooni ja maa vaheline potentsiaalide vahe võib suurtes piirides muutuda, ei garanteeri keskmise alusel valitud kaitsepotentsiaal kommunikatsiooni tegelikku kaitset. Nimetatud puudused on välditud



Joon. 3.9. Elektromagnetilise polariseeritud dreanaazi põhimõtteline skeem: 1 — dreanaazirele kontakt; 2 — kaitse; 3 — reostaat; 4 — signaalrele; 5 — klemmid ampermeetri ühendamiseks

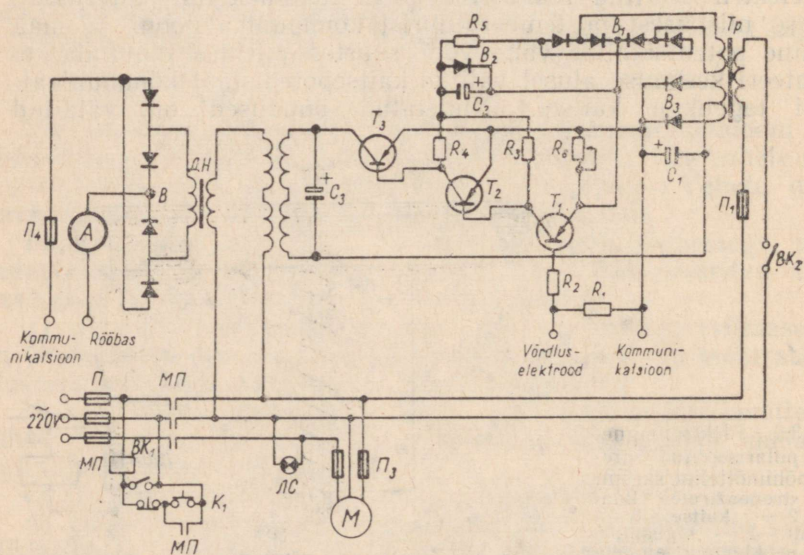


Joon. 3.10. Tugevdatud дренаaži põhimõtteline skeem:
 1 — kaitse; 2 — lüliti; 3 — klemmid ampermeetri ühendamiseks; 4 — alaldi

K. D. Pamfilovi nimelises Kommunaalmajanduse akadeemias konstrueeritud automaatse tugevdatud дренаaži УД-АКХ (vt. joon. 3.11) kasutamisel. Drenaazis УД-АКХ tagatakse kaitsepotsentsiaali automaatne reguleerimine küllastunud drosseli ДН amperkeerude muutmisega sõltuvalt kommunikatsiooni ja maa vahelisest pingest.

Täiendavalt vahetu дренаaži ühenduskohtadele on lubatud tugevdatud дренаaže ühendada trammitee rööbastega ja elektrifitseeritud raudtee rööbaste drosseli keskväljavõttega.

Drenaazkaitse kasutamisel tuleb jälgida, et ööpäevane keskmine дренаaživoolu tugevus ei ületaks 27% toitealajaama antud rajooni kogu koormusvoolust (vt. СН 266-36, p. 112).



Joon. 3.11. Automaatse tugevdatud дренаaži УД-АКХ põhimõtteline skeem

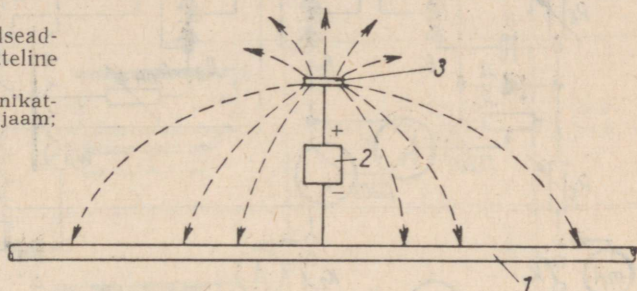
3.4.3. Katoodkaitse

Käesolevas punktis käsitletakse maa-aluste metallkommunikatsioonide korrosioonikaitset katoodseadmetega. Iga katoodseade koosneb järgmistest põhilistest lülitest: katoodjaam (alalisvooluallikas koos mõtteseadmetega), maanduskontuur ja ühenduskaablid.

Joonisel 3.12 on toodud katoodseadmega kaitse põhimõtteline skeem.

Joon. 3.12. Katoodseadmega kaitse põhimõtteline skeem:

- 1 — kaitstav kommunikatsioon;
- 2 — katoodjaam;
- 3 — anoodmaandi

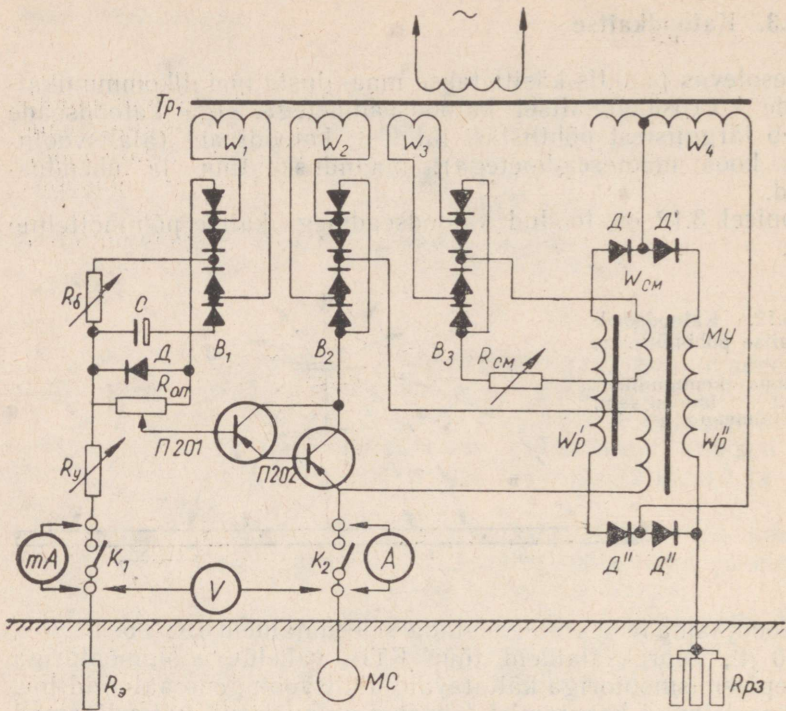


Katoodjaamadena võib kasutada seleenalaldeid BCA-5, BCA-6, BCA-10 jt., kuproksalaldeid tüüp KTB, vahelduvvolumootoriga või sisepõlemismootoriga kätatavaid alalisvoolugeneraatoreid jne. Praktikas leiavad kasutamist tehastes valmistatud katoodjaamad KCC-61 võimsusega 150, 300, 600 ja 1200 W. Kuna nimetatud seadmete töörežiimid valitakse seadme ja maa potentsiaalide keskmise erinevuse alusel, siis kaasnevad sellega tugevdatud дренаažide juures käsitletud puudused (vt. p. 3.4.2).

Joonisel 3.13 on toodud automaatse katoodjaama põhimõtteline skeem. Magnetvõimendi MY ja transistoride abil reguleeritakse katoodjaama väljundpinget automaatselt sõltuvana seadme ja maa vahelisest pingest. Skeemis näidatud magnetvõimendina on edukalt kasutatavad Ukraina NSV Aleksandriiski Elektromehaanika Tehases valmistatavad magnetvõimendid $YM.1\Pi.25.35.41$ ja $YM.1\Pi.32.45.41$.

Katoodkaitse korral kasutatavad maanduskontuurid võivad olla väga mitmesuguse kujuga. Tabelis 3.7 on toodud valemid maandustakistuse arvutamiseks sõltuvalt maandite kujust. Valemid kehtivad üksiku maandi (elektroodi, lati, plaadi) kohta. Et pinnase suure eritakistuse tõttu tavaliselt ei ole võimalik üksiku maandiga vajalikku maandustakistust ($4 \dots 10 \Omega$) saavutada, siis kasutatakse mitme maandi paralleelühendust. Vertikaalsete ja horisontaalsete elektroodide paralleelühenduse korral avaldub maandustakistus valemiga:

$$R = \frac{R_2}{n\eta_2}$$



Joon 3.13. Automaatse katoodjaama põhimõtteline skeem

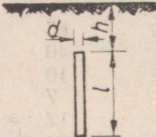

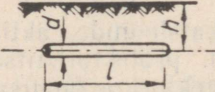
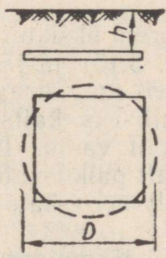
Üksikute elektroodide ühendamiseks kasutatav latt-teras omab samuti mingit maandustakistust ja kogu maanduskontuuri takistus avaldub valemiga

$$R_{\bar{u}} = \frac{R_1 R_2}{R_2 \eta_1 + R_1 \eta_2 n}$$

- kus R_1 — ühenduslati maandustakistus;
 R_2 — üksiku elektroodi maandustakistus;
 η_1 — ühenduslati kasutegur (praktiliselt 0,5...0,7);
 η_2 — varraste kasutegur (praktiliselt 0,7);
 n — üksikute varraste arv.

Maanduskontuuride töötamisaja pikendamise ja maandustakistuse vähendamise eesmärgil ümbritsetakse maanduselektroodid mitmesugustest mittemetalsetest ainetest puistekihiiga. Tabelis 3.8 on toodud elektroodi maandustakistuse ja kaalukao vähenemine sõltuvalt puistekihi koostisest.

Valemid maandustakistuste arvutamiseks

Maandi kuju	Pinnases paiknemise skeem	Arvutusvalem	Kasutamistingimused
Vertikaalne elektrood (toru- või nurkteras)		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l(2l+h)}{d(4l+h)}$	$l \gg \frac{d}{2}$
Latt		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{1,5l}{\sqrt{bh}}$	$l > b$ $h > b$
Horisontaalne elektrood (toru)		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{l}{\sqrt{dh}}$	
Plaat		$R = \frac{\rho}{4\pi D} \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{D}{3h} \right)$	

Tabelis kasutatud tähised:

- R — üksiku maandi takistus Ω ;
 ρ — pinnase eritakistus Ωm ;
 l — elektroodi pikkus m;
 b — lati laius m;
 d — toru läbimõõt (nurkterase külje laius) m;
 h — paigaldamissügavus m;
 D — ekvivalentse ringi diameeter m.

Ühe elektroodi ($l = 3$ m) maandustakistuse ja kaalukao vähenemine sõltuvalt puiste koostisest

Puistekihi koostis	Maandustakistus (Ω)	Kaalukadu kg/A (aastas)
Liiv (loodusliku tihedusega)	65	7...8
Liivsavi (loodusliku tihedusega)	40	7...9
Koksipuru	10	3...4
Koksi ja soola segu (5:1)	7	4...5
Koksi ja lubja segu (5:1)	12	2...3
Peenräbu	10	5...6
Räbu ja soola segu (5:1)	8	6...7

Kohtades, kus puudub võimalus suhteliselt suurt maa-ala vajavate maanduskontuuride ehitamiseks, kasutatakse sügavmaandeid. Tavaliselt suudab üks 20 m pikkune sügavmaandi asendada 15... 20 kolme meetri pikkust elektroodi.

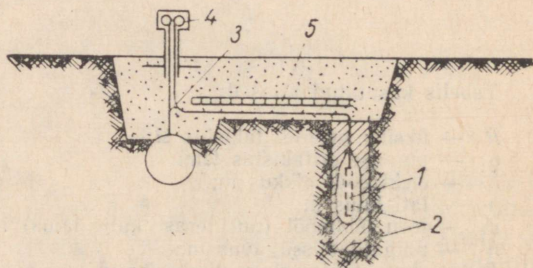
3.4.4. Protektorkaitse

Maa-aluste metallkommunikatsioonide aktiivse korrosioonikaitse üheks mooduseks on nn. protektorkaitse. Protektorkaitse põhimõtteline skeem üksiku protektoriga on toodud joonisel 3.14.

Kaitsevool (polariseeriv vool) tekib pinnases leiduva elektrolyüdi, protektori metalli ja kaitstava seadme metalli elektrokeemilise koostöö tulemusena.

Praktikas kasutatakse protektoreid üksikult ja gruppidega, grupid võivad olla koondatud (joon. 3.15) ja jaotatud (joon. 3.16). Protektoreid kasutatakse laialdaselt magistraalorustike ja -kaablite kaitseks; sageli on nad põhiliseks kaitsevahendiks pinnase agressiivsusest tingitud korrosiooni vastu. Linnade ja tööstuste maa-aladel, kus on tegemist tihedalt paiknevate insenerivõrkudega, kasutatakse protektoreid põhiliselt koos katood- ja dreanažkaitsega.

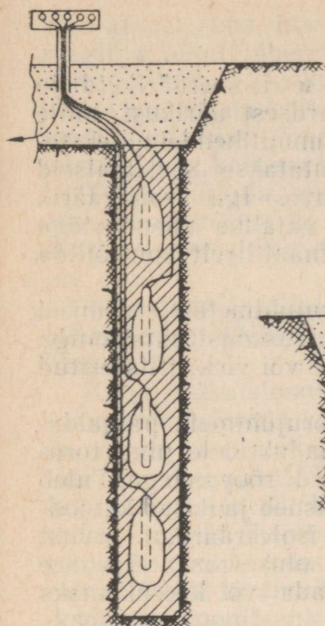
Protektorkaitset iseloomustavad järgmised parameetrid:



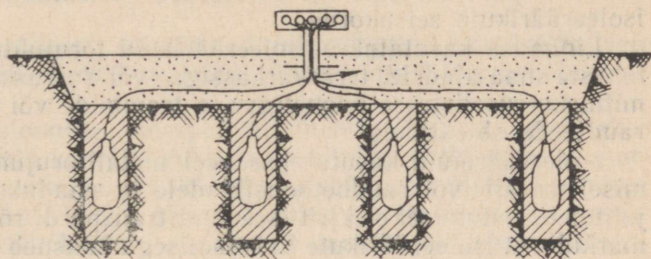
Joon. 3.14. Protektorkaitse üksiku protektoriga:

1 — protektor; 2 — aktivaator ja täiteaine; 3 — ühendusjuhtmed; 4 — ühendusklemmid; 5 — tellised

Joon. 3.15. Protektorite koondgrupi skeem



Joon. 3.16. Protektorite jaotatud grupi skeem



1) protektorite (üksiku või grupi) koguvool I_p , mis sõltub peamiselt protektori konstruktsioonist, pinnase eritakistusest ja ekspluatatsioonikestusest;

2) protektoriseadme elektromotoorne jõud E_p , mis näitab kommunikatsiooni ja protektori potentsiaalide vahet. Tüüpkonstruktsiooniga protektoritel muutub E_p piirides 0,8... 1,2 V;

3) ahelas protektor-kommunikatsioon esinev takistus, mis on määratud peamiselt protektori maandustakistusega;

4) protektoriseadme jõudlus Q_p ampertundides, mis sõltub protektori metalli elektrokeemilisest ekvivalendist ja kaalust;

5) protektori kasutegur η , mis näitab kui suur osa metallist kulutatakse kaitsevoolu tekitamiseks. Sõltuvalt protektori konstruktsioonist võib see olla 10... 95%;

6) protektoriseadme ekspluatatsioonikestus — aeg, mille vältel protektoriseade tagab metallkommunikatsiooni (-seadme) kaitse.

Käesoleval ajal kasutatakse peamiselt protektoreid МГА-5, mis väljastatakse tehastest ühises pakendis aktivaatoriga. Pinnasesse protektori jaoks kaevatud süvend täidetakse hoolikalt tambitud niiske (tainataolise) saviga. Ühendusjuhtmetena on kõige sobivam kasutada juhet ПБ ristlõikega 4... 6 mm². Juhuslike mehaaniliste vigastuste vältimiseks kaetakse juhtmed tellistega. Juhtmete ja maa-aluste kommunikatsioonide ühenduskohad isoleeritakse bituumenmastiksi ja isoleerpaelaga.

3.4.5. Elektriline sektsioonimine

Elektriliseks sektsioonimiseks kasutatakse isoleeräärikuid ja -muhve. Isoleeräärik koosneb kahest standardsest äärikust, mille vahel isoleeriva materjalina kasutatakse kummitihendeid, tekstiilidist torukesi ja seibe. Sidekaablitel kasutatakse spetsiaalseid tinast, plastmassist ja malmist isoleermuhve. Iga isoleeräärik (muhv) varustatakse kontrollmõõtmisteks vajalike ühendustega mõlemal pool äärikut; see võimaldab süstemaatiliselt kontrollida isoleeräärikute seisukorda.

Linnades kasutatakse isoleeräärikuid torujuhtmete sisenemisel tehaste maa-aladele, teraskarkassiga või sarruskonstruksiooniga mitmekorruselistesse hoonetesse ja trammide või elektrifitseeritud raudteede objektidele.

Isoleeräärikuid kasutatakse veel metalltorujuhtmete paigaldamisel metall- või raudbetoonsildadele ja -viaduktidele ning torujuhtmete ristumisel elektrifitseeritud transpordi rööpmetega. Tuleb märkida, et isoleeräärikute kasutamisega kaasneb jaotatud katoodja anoodtsoonide tekkimine, mille arv sõltub isoleeräärikute arvust proportsionaalselt. Tingituna konkreetsest olukorrast võib see asjaolu kommunikatsiooni kaitsmist lihtsustada või keerukamaks muuta.

3.4.6. Kaitse täiendava maandiga

Torujuhtmel püsiva anoodtsooni esinemisel võib uitvoolude väljumiskoha torult üle viia väikest maandustakistust omavale täiendavale maandile. Koos uitvoolude väljumiskoha üleviimisega viiakse ka väljumiskohas esinev intensiivne korrosioon üle torult maandile.

Täiendava maandi efektiivsus sõltub põhiliselt kahest tegurist: täiendava maandi ja uitvoolude allika vahelisest kaugusest ning toru ja täiendava maandi maandustakistuste suhtest. Täiendavate maandite maandustakistus peab olema märgatavalt väiksem toru maandustakistusest ja need tuleb paigutada elektrifitseeritud transpordi rööbasteedele võimalikult lähedale.

3.4.7. Kompleksne ja ühendkaitse

Maa-aluse metallkommunikatsiooni üheaegset kaitsmist kahe või enama kaitseeadmega (näiteks katoodjaam ja protektorid, dreanaž ja katoodjaam jne.) nimetatakse kompleksseks kaitseks. Kompleksset kaitset kasutatakse juhul, kui ühe kaitseeadme rakendamisel ei saavutata minimaalseid kaitsepotentsiaale kogu kommunikatsiooni ulatuses.

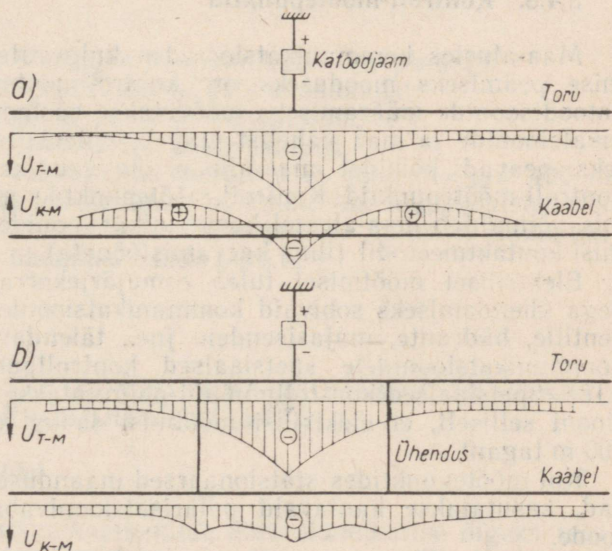
Ühendkaitseks nimetatakse mitme maa-aluse metallkommunikatsiooni kaitsmist ühiste kaitseeadmetega. Linnade ja tööstuste

maa-aladel, kus insenerivõrkude tihedus on suur, kasutatakse reeglina ainult ühendkaitset (vt. CH 266-63). Elektrilist kaitset võib rakendada üksikule kommunikatsioonile ainult juhul, kui see kaitse on hiljem ehitatava ühendkaitse osaks. Ühendkaitse kvaliteedi hindamisel omab esmast tähtsust valitud süsteemi kompleksus, s. o. kaitseadmete maksimaalselt efektiivne kasutamine.

Tuleb märkida, et ühendkaitse on üksikute kommunikatsioonide eraldi kaitsmisest ka majanduslikult otstarbekam, kuna see võimaldab vähendada drenaažide, katoodjaamade, ühenduskaablite jne. arvu.

Tehnilisest küljest kaasnevad ühendkaitse rakendamisele mõningad praktilised raskused, eriti ühendkaitsel tugevvoolukaablitega.

Kommunikatsioonide kompleksi ühendkaitses ühendatakse kommunikatsioonid kaablite AAB-1kV abil ühe ohtlikumas olukorras oleva kommunikatsiooni külge. Kaablisooone ristlõikepindala valitakse drenaažide korral sõltuvalt ahelas kulgeva voolu tugevusest, katoodjaamade korral — sõltuvalt kaablis tekkivast võimsuskaost. Kaablid ühendatakse kommunikatsioonidega vastavalt kommunikatsioonide montaažitööde eeskirjadele, kusjuures ühendamist võivad teostada ainult kommunikatsiooni valdava organisatsiooni eksploatatsiooniteenistuse töötajad. Kaablite ühenduskohad isoleeritakse bituumenmastiksiga ja mähitakse üle isoleerpaelaga.



Joon. 3.17. Paralleelselt kulgeva sidekaabli ja torujuhtme ühendkaitse skeem:

- a) potentsiaalide jaotus ilma ühendkaitseta;
 b) potentsiaalide jaotus ühendkaitsel korral.

Ühendkaitset on lubatud kasutada kõikide maa-aluste kommunikatsioonide kaitseks; metalltorude ja tugevvoolukaablite ühendkaitsmisel tuleb rangelt täita ohutustehnika nõudeid (vt. «Elektriseadmete ehitamise eeskirjad» ja CH 266-63).

Joonisel 3.17 on toodud ühendkaitse näide paralleelselt kulgeva torujuhtme ja sidekaabli puhul. Jooniselt on näha, et ühendkaitse puudumisel (joon. 3.17, a) avaldab torujuhtmele rakendatud katoodjaam kahjulikku mõju sidekaablile ja põhjustab viimasel anoodtsoonide tekkimist. Peale sidekaabli ühendamist torujuhtmega anoodtsoonid hävivad (joon. 3.17, b).

Kommunikatsioonidevaheliste ühenduste asukohad valitakse vastavalt potentsiaalide jaotumisele kaitseseadme proovirakendamisel (analoogiliselt joonisel 3.17 toodule). Ühenduskohtades monteeritakse kõikidele kommunikatsioonidele kontroll-mõõtepunktid. Tugevvoolukaablite ja teiste kommunikatsioonide ühendusahelatesse lülitatakse sulavkaitse, mis valitakse vastavalt voolule ja tugevvoolukaabli pingele. Ühendusahelas peab voolu suund alati vastama kaitsevoolu suunale; kahesuunalise voolu korral tuleb ühendusahelasse lülitada kas seleen-, germaanium- või mõni teist liiki alaldi (ventiil).

Ühendkaitse montaažitöödel tuleb rangelt täita ohutustehnika eeskirju.

3.4.8. Kontroll-mõõtepunktid

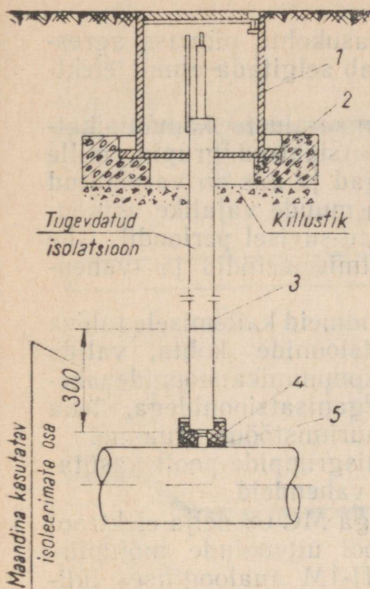
Maa-alustes kommunikatsioonides kulgevate uitvoolude uurimise peamiseks mooduseks on kontrollmõõtmised. Anood- ja katoodtsoonide määramiseks mõõdetakse süstemaatiliselt kommunikatsioonide ja maa vahelist pinget (potentsiaalide vahet). Selleks peavad kõikidel maa-alustel kommunikatsioonidel olema kontroll-mõõtepunktid. Kontroll-mõõtepunktiks nimetatakse seadet, mis võimaldab maa-alustel kommunikatsioonidel elektrilisi mõõtmisi kontaktmeetodil (ilma kaevamistöödeta).

Elektrilisel mõõtmisel tuleb esmajärjekorras kasutada torudega ühendamiseks sobivaid kommunikatsioonielemente — kaeve, ventiile, hüdrante, majasisendeid jne., täiendavalt monteeritakse kommunikatsioonidele spetsiaalsed kontrollpunktid (vt. joonis 3.18). Spetsiaalsed kontrollpunktid paigutatakse piki kommunikatsiooni selliselt, et elektrilisi mõõtmisi saaks teha vähemalt iga 200 m tagant.

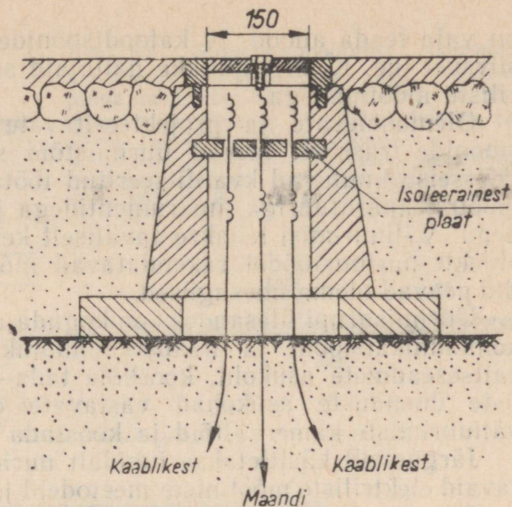
Kui mõõtepunktides statsionaarsed maanduselektroodid puuduvad, kasutatakse kantavaid polarisatsioonivabu või teraselektroode.

Kõikide mõõtepunktide asukohad tuleb kanda kommunikatsiooni trassi plaanile; nende asukohad peavad olema seotud kohalike orientiiridega.

Mõõtepunktid peavad:



Joon. 3.18. Kontroll-mõõtepunkt terastorul:
1 — kate; 2 — betoonalus; 3 — toru; 4 — ümbris; 5 — bituumen



Joon. 3.19. Kontroll-mõõtepunkt kaablil

- tagama hea ühenduse kommunikatsiooni pinnaga;
- võimaldama hõlpsat mõõteriista ühendamist;
- olema kaitstud mehaaniliste välismõjude eest;
- olema mittedefitsiitsetest materjalidest.

Mõõtepunktide vahekaugus kaablitel ei tohi ületada 400 m. Kaablitel kasutatava mõõtepunkti põhimõtteline konstruktsioon on toodud joonisel 3.19. Linnades koondatakse mitmelt kommunikatsioonilt tulevad ühendused ühte punkti.

3.5. MAA-ALUSTE KOMMUNIKATSIOONIDE JA SEADMETE KORROSIONIKAITSETÖÖD

3.5.1. Uurimistööd

Maa-aluste kommunikatsioonide korrosioonikaitse õigeks teostamiseks on vaja teha spetsiifilisi välisuurimisi. Nii näiteks valitakse torustiku isolatsiooni tüüp sõltuvalt pinnase agressiivsusest, viimane võib aga torustiku trassil olla väga mitmesugune. Kommunikatsiooni efektiivseks kaitsmiseks uitvoolude mõjupiirkonnas

on vaja teada anood- ja katoodtsoonide asukohti, pinnase agressiivsust jne. Kõiki vajalikke näitajaid saab selgitada ainult elektriliste mõõtmistega.

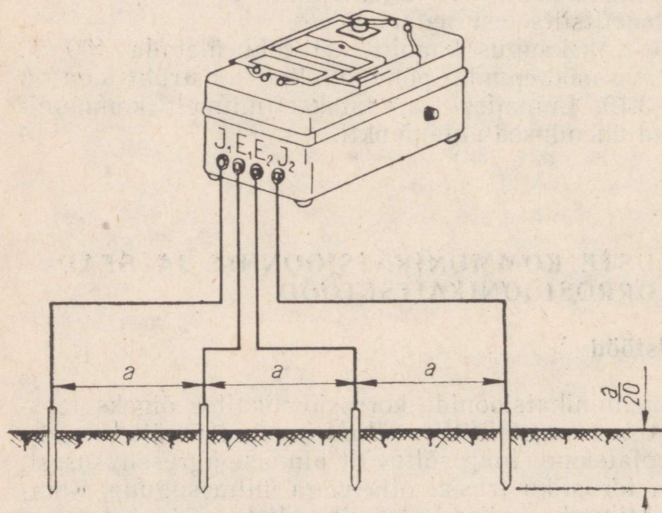
Olemasolevate ja projekteeritavate maa-aluste kommunikatsioonide trassidel teevad uurimistöid spetsiaalsed grupid, mille koosseisu kuuluvad kvalifitseeritud töötajad ja mis on varustatud mõõtmisaparatuuriga, instrumentidega ja muude vajalike abinõudega. Väliuurimisi tehakse tavaliselt kevad-suvisel perioodil. Uhe objekti uurimistöödel rakendatavad mõõtmismeetodid ja -vahendid peavad olema ühesugused.

Uurimisgrupi ülesandeks on koguda andmeid kaitsmisele tuleva kommunikatsiooni ja naaberkommunikatsioonide kohta, valida kaitseseadmete asukoht, kooskõlastada kommunikatsioonidevaheliste ühenduste asukohad vastavate organisatsioonidega, teha väliuurimiste kameraaltöid ja koostada uurimistööde aruanne.

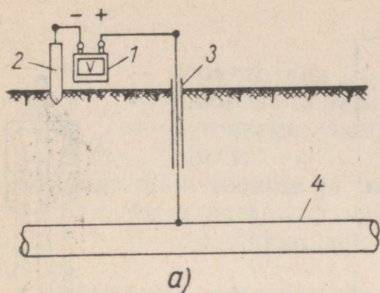
Järgnevalt käsitletakse lühidalt uurimisgruppide poolt kasutatavaid elektriliste mõõtmiste meetodeid ja vahendeid.

Pinnase eritakistust mõõdetakse riistaga MC-08 nelja elektroodiga lülituses (vt. joon. 3.20). Väljaspool uitvoolude mõjupiirkonda võib kasutada potentsiomeetrit ЭП-1М analoogilises lülituses.

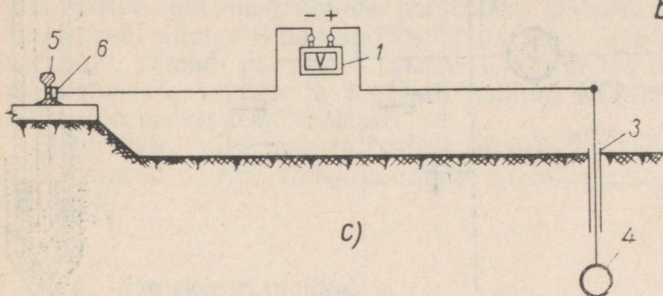
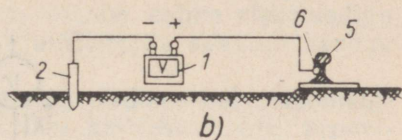
Enne pinnase eritakistuse mõõtmist reguleeritakse mõõteriista osuti punasele joonele (piirkondade lüliti asendis «reguleerimine»). Kui osutit pole võimalik punasele joonele viia, on kasutatavate elektroodide maandustakistus liiga suur. Elektroodide maandustakistuse vähendamiseks niisutatakse elektroode ümbrit-



Joon. 3.20. Pinnase eritakistuse mõõtmise skeem



Joon. 3.21. Pingete mõõtmise skeemid:
 a) kommunikatsiooni ja maa vahelise pinge mõõtmine; b) rööpa ja maa vahelise pinge mõõtmine; c) kommunikatsiooni ja rööpa vahelise pinge mõõtmine
 1 — voltmeter; 2 — maanduselektrood;
 3 — mõõtepunkt; 4 — kommunikatsioon;
 5 — rööbas; 6 — magnetkontakt



sevat pinnast veega või keedusoolalahusega. Pinnase eritakistus arvutatakse valemiga

$$\rho = 2 \pi a R$$

kus ρ — pinnase eritakistus,
 R — mõõteriista näit,
 a — elektroodide vahekaugus.

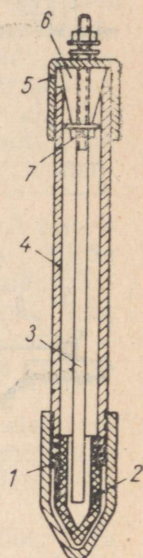
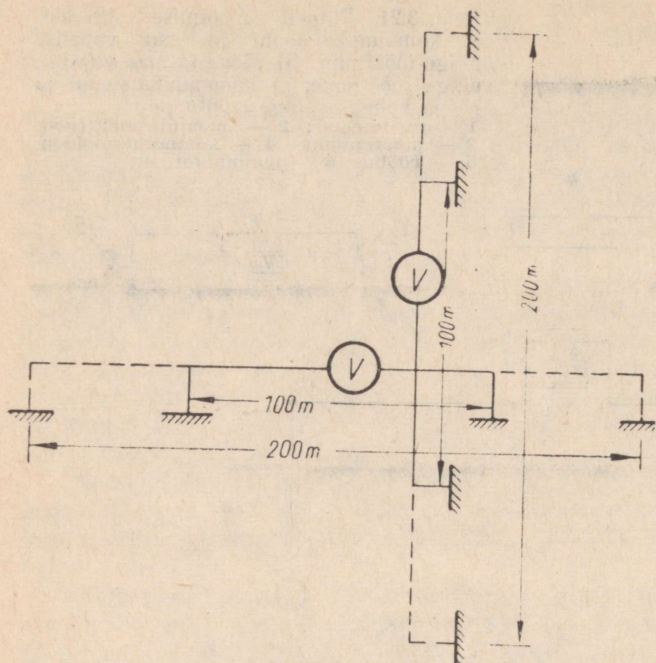
Elektroodide vahekaugus vastab mõõdetava pinnasekihi sügavusele maapinnast.

Teiste pinnase agressiivsust mõjutavate tegurite määramisel lähtutakse normides CH 266-63 toodud juhenditest.

Pingete (potentsiaalide vahede) mõõtmiseks kasutatakse suurt täpsust vajavate mõõtmiste korral registreerivaid voltmetreid H-373-3, väiksema täpsusega mõõtmistel visuaalselt jälgitavaid voltmetreid M-231 (või mõnda teist tüüpi voltmetrit, mille sisetakistus on vähemalt 20 000 Ω/V). Mõõtmisele kuuluvad kommunikatsiooni ja maa (joon. 3.21, a), kommunikatsiooni ja rööpa (joon. 3.21, c) ning rööpa ja maa vahelised pinged (joon. 3.21, b).

Visuaalselt jälgitavate voltmetrite kasutamisel registreeritakse näidud iga 10 sekundi järel vastavasse protokollis; mõõtmise kestus peab olema vähemalt 10 minutit.

Uitvoolude olemasolu kindlakstegemiseks mõõdetakse projekteeritava kommunikatsiooni trassil olemasolevate kommunikatsioonide ja maa vahelisi pingeid. Kommunikatsioonide puudumisel kasutatakse joonisel 3.22 toodud lülitust.



Joon. 3.22. Skeem uitvoolude olemasolu määramiseks pinnases

Joon. 3.23. Keskkonnast sõltumatu potentsiaaliga elektrood:
1 — kaitsekoonus; 2 — poorne anum; 3 — vaskvarras; 4 — korpus;
5 — kaas; 6 — kork; 7 — mutter

Kui mõõtmiskohtades puuduvad statsionaarsed maandid, kasutatakse kantavat, keskkonnast sõltumatu potentsiaaliga vasksulfaat- või teraselektroodi (vt. joon. 3.23 ja 3.24). Vasksulfaatelektroodi püsivaks potentsiaaliks loetakse + 0,32 V.

Juhtme ühendamiseks rööpaga kasutatakse magnetkontakti.

Torujuhtmes kulgeva voolu tugevus määratakse kahe mõõtepunkti vahelise pingelangu alusel. Voolutugevus arvutatakse valemiga

$$I = \frac{\Delta U}{Rl}$$

kus I — voolutugevus torujuhtmes (A),

U — ühenduspunktidevaheline pingelang (V),

R — toru 1 m pikkuse osa takistus (Ω),

l — ühenduspunktide vaheline kaugus (m).

Torujuhtmest pinnasesse suubuva voolu tihedust mõõdetakse praktikas abielektroodiga (vt. joon. 3.25).

Voolutihedus arvutatakse valemiga

$$j = \frac{I}{S}$$

kus j — voolutihedus (mA/dm²),

I — mõõteriista näit (mA),

S — pinnasega kontaktis olev abielektroodi pindala (dm²).

Kommunikatsioonide ja maanduskontuuride **maandustakistuse** määramiseks kasutatakse mõõteriista MC-08 kolme elektrodiga lülituses. Maandustakistuseks osutub mõõteriista skaalalt saadav lugem.

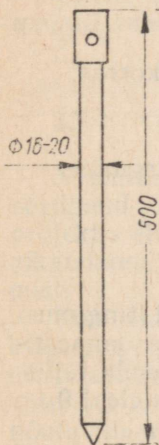
Elektriliste mõõtmiste alusel selgunud ohtlikes korrosioonikolletes viiakse uurimisgruppide poolt läbi kaitseseadmete proovirakendused. Viimased on vajalikud kaitsemeetodite õigeks valikuks (drenaaž-, katood- või protektorkaitse), kaitse tagamiseks vähima kaitseseadmete arvuga ja lõplikult valitud kaitseseadmete optimaalse töörežiimi selgitamiseks.

Elektriliste mõõtmiste ja kaitseseadmete proovirakenduse alusel koostatud uurimistööde aruanne on lähtematerjaliks projekteerijatele.

3.5.2. Projekteerimistööd

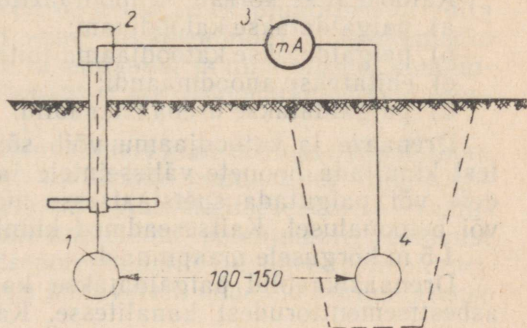
Maa-aluste kommunikatsioonide korrosioonikaitse projekteeritakse kahes staadiumis — projektülesandes ja tööjoonistes. Projektülesanne koostatakse koos kommunikatsiooni projektülesande koostamisega ja ta peab sisaldama territooriumil tehtud uurimistööde alusel koostatud seletuskirja (kaitseseadmete valiku,

Joon. 3. 24. Teraselektrood



Joon. 3.25. Torust pinnasesse suubuva voolutiheduse mõõtmine abielektroodiga:

1 — toru; 2 — kontrollmõõtepunkt; 3 — milliampermeeter; 4 — abielektrood



nende orienteerivate asukohtade küsimustes jne.), ehitus- ja montaažitööde finants-eelarvelise arvestuse ning projekteerimis- ja uurimistööde eelarve. Korrosioonikaitse tööjoonised koostatakse pärast kommunikatsiooni paigaldamist. Tööjoonistes antakse andmed elektriliste mõõtmiste ja kaitseseadmete proovirakenduste kohta, kaitseseadmete lõplik valik, joonised ehitus-montaažitööde teostamiseks ja vastavad eelarved. Olemasolevate maanaluste kommunikatsioonide korrosioonikaitse projekteeritakse reeglina ühes staadiumis (tööjoonised).

Normide CH 266-63 alusel tuleb reeglina projekteerida ja rakendada ainult ühendkaitset. Seetõttu on otstarbekas koondada projekteerimistööd ühte projekteerimisinstituuti ja mitte lubada kaitse-seadmeid paigaldada ilma projektdokumentatsioonita. Eesti NSV-s on maa-aluste ehitiste ja kommunikatsioonide korrosioonikaitse komplekssete seadmete projekteerimine pandud Riiklikule Projekteerimise Instituudile «Eesti Projekt»; teiste projekteerimisorganisatsioonide poolt projekteeritud korrosioonikaitse-seadmeid lubatakse paigaldada üksnes pärast nende kooskõlastamist «Eesti Projektiga».

Ülatuluslikult kommunikatsioone omavates organisatsioonides on loodud korrosioonikaitseteenistused, mis viivad kommunikatsioonidel läbi regulaarseid elektrilisi mõõtmisi. Uurimistööde dubleerimise vältimiseks on kehtestatud kord, et maa-aluseid metall-ehitisi ja -kommunikatsioone ning elektrifitseeritud raudteid omavad ENSV ministeeriumid ja keskasutused peavad Riiklikule Projekteerimise Instituudile «Eesti Projekt» üle andma komplekssete korrosioonikaitse-seadmete projekteerimiseks vajalikud lähteandmed.

3.5.3. Montaažitööd

Dreanaažkaitse montaažitöid tehakse järgmises järjekorras:

- a) paigaldatakse dreanaaž;
- b) paigaldatakse dreanaažikaablid.

Katoodkaitse korral on montaažitööde järjekord järgmine:

- a) paigaldatakse katoodjaam;
- b) paigaldatakse katoodjaama toiteliin;
- c) ehitatakse anoodmaandi;
- d) paigaldatakse dreanaažikaablid.

Dreanaaže ja katoodjaamu võib sõltuvalt kohalikest tingimustest kinnitada hoonete välisseintele ja puit- või raudbetoonpostidele või paigutada spetsiaalsesse metallkappi, mis asub tellis- või betoonalusel. Kaitse-seadmed kinnitatakse välisseintele 1,0... .. 1,5 m kõrgusele maapinnast.

Dreanaažikaablid paigaldatakse kas vahetult pinnasesse või asbesttsementtorudest kanalitesse. Kaablid paigaldatakse liiva-

padjale 0,7 m sügavusele maapinnast ja kaitstakse juhuslike mehaaniliste vigastuste vältimiseks tellistega. Ristumisel teiste maa-aluste kommunikatsioonidega või sõiduteedega tõmmatakse kaablid asbesttsementtorudesse, mis on paigaldatud 1,0 m sügavusele maapinnast. Asbesttsementtorudest kanalite paigaldamis-sügavuseks on 0,7...0,8 m. Drenaažikaabli ühendamiseks röö-paga või drosseli keskväljavõttega ehitatakse rööpmete vahele või kõrvale spetsiaalne ühenduskaev.

Katoodjaama toiteliiniks võib olla kaabel või õhuliin. Tingi-mused kaabli paigaldamiseks on analoogilised eelnevaga.

Katoodkaitse anoodmaandi montaažitööde järjekord on järg-mine:

a) kaevatakse või puuritakse šurfid ja kraavid elektroodide ja ühenduslattide paigaldamiseks;

b) paigaldatakse elektroodid ja ümbritsetakse need puiste-kihiga (vt. tabel 3.7);

c) ühendatakse elektroodid ja latid keevisliitega ühiseks kon-tuuriks;

d) täidetakse šurfid ja kraavid pinnasega.

Ühenduslatid paigaldatakse 0,6...0,7 m sügavusele maapin-nast.

Protektorkaitse montaažitööde hulka kuuluvad:

a) ühendusjuhtme jootmine protektori terasvarda külge ja jootekoha hüdroisoleerimine;

b) süvendite kaevamine või puurimine protektorite paigalda-miseks;

c) protektori ja täite paigaldamine süvendisse;

d) juhtme ühendamine kommunikatsiooniga;

e) süvendite ja kraavide täitmine pinnasega.

Ühenduskohad hüdroisoleeritakse vahetult peale jootmist (enne metalli jahtumist).

3.5.4. Tööde vastuvõtmine

Normide CH 266-63 kohaselt on keelatud eksploatatsiooni võtta seadmeid-uitvoolude allikaid enne lekkevoolude vähendamiseks projektis ettenähtud abinõude rakendamist ja maa-aluseid kommuni-katsioone enne projektis ettenähtud korrosioonikaitsetööde tege-mist.

Korrosioonikaitsetööde vastuvõtmisel kontrollitakse isolatsiooni kvaliteeti (paksus, pragude ja mullikeste puudumine) enne kom-munikatsioonikraavi kinniajamist. Aktiivkaitseesadmete vastu-võtmisel kontrollitakse kommunikatsiooni potentsiaali vastavust nõutavale minimaalsele kaitsepotentsiaalile ja ühenduste normi-dele vastavust. Tööde vastavus kehtivatele nõuetele vormistatakse vastava aktiga.

3.6. KAITSESEADMETE EKSPLUATATSIOON

3.6.1. Korrosioonikaitseteenistuse organiseerimine

Kommunikatsioone omavad organisatsioonid on kohustatud süstemaatiliselt jälgima nende valduses olevate kommunikatsioonide seisukorda, läbi viima elektrilisi mõõtmisi ja likvideerima korrosioonikoldeid. Nende tööde tegemiseks on kõige otstarbekam organiseerida korrosioonikaitseteenistused (kas üksikisik või grupp, sõltuvalt kommunikatsioonide hulgast).

Korrosioonikaitseteenistus kujutab endast välisvõrkude osakonna koosseisu kuuluvat töötajate gruppi (üksikisikut), mis allub vahetult organisatsiooni peainsenerile või korrosioonikaitsetööde eest vastutavale isikule. Korrosioonikaitseteenistuse ülesannete hulka kuuluvad:

1) elektrilised mõõtmised anood- ja katoodtsoonide selgitamiseks kommunikatsioonidel, potentsiaalidiagrammide koostamine ja mõõtmistulemuste analüüs;

2) metalli seisukorra kontrollimine kommunikatsioonide lahti-kaevamisel ja isolatsiooniproovide võtmine laboratoorseks analüüsiks;

3) kaitseeadmete monteerimine ja tehniline järelevalve ning kaitseeadmete andmine eksploatatsiooni;

4) kaitseeadmete ja kontroll-mõõtepunktide teenindamine, reguleerimine ja remont;

5) kommunikatsioonidele ehitatud uute kontroll-mõõtepunktide vastuvõtmine;

6) isoleerimistöõde kontrollimine välistingimustes;

7) isolatsiooni kvaliteedi kontrollimine, isoleerimistöõde vastuvõtmine jne.

Korrosioonikaitseteenistuse grupid tuleb luua ka organisatsioonides, mis teenindavad elektrifitseeritud rööbastranspordi liike (raudtee, tramm). Nende gruppide ülesandeks on imevvõrgu ja rööbasteede seisukorra kontrollimine ning lekkevoolude vähendamiseks teostatavate tööde ja maa-aluste kommunikatsioonide korrosioonikaitsetööde juhendamine.

Ühendkaitsega seotud küsimuste lahendamiseks ning erinevate ametkondade poolt tehtavate korrosioonikaitsetööde koordineerimiseks ja kontrollimiseks on suuremates linnades vajalik luua tööraha saadikute nõukogude täitevkomiteede juurde alaliselt tegutsevad ametkondadevahelised korrosioonikaitsekomisjonid. Komisjonide ülesannete hulka kuuluks ka linnade ulatuses tehtavate korrosioonikaitsetööde juhendamine.

3.6.2. Drenaažkaitse eksploatatsioon

Drenaažkaitse iga seadme kohta koostatakse tehniline pass, mis säilitatakse korrosioonikaitseteenistuses, ja seatakse sisse žurnaali kontrolli tulemuste fikseerimiseks. Žurnaali hoitakse drenaaži asukohas.

Drenaaži eksploatatsiooni käigus teostatakse:

- a) seadme perioodilisi tehnilisi järelevaatusi ja töö kontrolli;
- b) perioodilisi elektrilisi mõõtmisi kaitstaval kommunikatsioonil.

Drenaaži tehnilisel järelevaatusel:

- a) vaadatakse üle kõik seadme elemendid vigastuste avastamiseks (kontaktide korrasolek, mehaanilised vigastused jne.);
- b) kontrollitakse kaitsmete korrasolekut;
- c) kontrollitakse releekontaktide korrasolekut;
- d) puhastatakse releekontaktid ja drenaaži kapp tolmust, lumest jne.

Uheaegselt tehnilise järelevaatusega mõõdetakse kommunikatsiooni ja maa vahelist pinget sisse- ja väljalülitatud drenaažiga.

Drenaaži tehnilist järelevaatust tehakse vähemalt üks kord nädalas.

Drenaaži töö kontrollimisel mõõdetakse:

- a) drenaažiahelas kulgeva voolu suunda ja keskmist tugevust;
- b) pinget, mille puhul drenaaž lülitub töösse, samuti kommunikatsiooni ja maa vahelist pinget.

Peale selle kontrollitakse, kas drenaažiahel katkeb kommunikatsioonil potentsiaali märgi muutumisel ja kas signalisatsiooni-seadmed on korras.

Drenaaži tööd kontrollitakse vähemalt kord kuus kahe-koorme tunni vältel, seejuures peab kontrollimise aeg kokku langema elektrifitseeritud rööbastranspordi liikumisintensiivsuse ööpäevase maksimumiga.

3.6.3. Katoodkaitse eksploatatsioon

Katoodkaitseseadmete kohta koostatakse analoogiliselt drenaažkaitsega tehnilised passid ja peetakse kontrollžurnaale.

Katoodkaitse eksploateerimisel viiakse kaitstaval maa-alusel kommunikatsioonil perioodiliselt läbi tehnilisi järelevaatusi ja kontrollmõõtmisi.

Katoodkaitseseadme tehniline järelevaatatus seisneb seadme kõikide elementide väliskontrollis ja kaitsme korrasoleku kontrollimises. Uheaegselt tehnilise järelevaatusega puhastatakse katoodjaama kõik elemendid tolmust, lumest jne. Katoodkaitseseadme tehnilist järelevaatust tehakse vähemalt kord nädalas.

Katoodkaitseadme töö kontrollimisel mõõdetakse kaitsevoolu tugevust, kommunikatsiooni ja maa vahelist pinget ning kontrollitakse signalisatsiooniseadmete korrasolekut.

Keskmine kaitsevoolutugevus ei tohi erineda üle 10% esialgselt reguleeritud voolutugevusest. Kui töö kontrollimisel keskmine voolutugevus erineb üle 10% ja katoodjaama reguleerimisega ei õnnestu esialgselt voolutugevust taastada, tuleb selgitada voolutugevuse muutumise põhjused.

Voolutugevuse muutumise põhjused võivad olla järgmised:

- a) pinge muutumine vahelduvvooluvõrgus, samuti ka alalispinge muutumine alaldi rikke tagajärjel;
- b) takistuse muutumine katoodkaitseahelas (maandustakistuse muutus jne.).

Pinge muutumine vahelduvvooluvõrgus ja alalispinge muutumine määratakse voltmeetri abil. Alalispinget mõõdetakse alaldi tühijooksul. Kui tühijooksul mõõdetud alalispinge vastab tehnilises dokumentatsioonis toodud nimipingele, on kaitsevoolu tugevuse muutus tingitud katoodkaitseahela takistuse muutumisest. Viimasel juhul tuleb kontrollida anoodmaandi maandustakistust. Kui ka see ei ole muutunud, on kaitsevoolu tugevuse muutumine tingitud mõne kontakttakistuse muutumisest katoodkaitseahelas.

Katoodkaitseadmete tööd kontrollitakse vähemalt üks kord kuus.

3.6.4. Anoodmaandite ekspluatatsioon

Katoodkaitse komplekti kuuluva maanduskontuuri kohta koostatakse tehniline pass, mis hoitakse alal korrosioonikaitseteenistuses. Maanduskontuuri maandustakistust mõõdetakse vähemalt kaks korda aastas; mõõtmistulemused kantakse katoodjaama kontrollžurnaali. Kui maandustakistus on suurenenud esialgsega võrreldes üle kolme korra, kaevatakse maanduselektroodide ülaosad lahti ja selgitatakse välise vaatlusega ning täiendavate mõõtmistega maandustakistuse muutumise põhjused. Korrodeerunud elektrodid asendatakse uutega.

3.6.5. Protektorkaitse ekspluatatsioon

Protektorid võivad efektiivselt töötada 10...12 aastat. Protektori- ja kommunikatsioonahela korrasolekut ja samuti protektorkaitse efektiivsust kontrollitakse kommunikatsiooni ja maa vaheliste pingete mõõtmisega protektorite ühenduskohtades ning ühenduskohtade vahel. Kui protektorite vahel mõõdetud pinge osutub protektori ühenduskohas esinevast pingest rohkem kui 0,1 V väiksemaks, tuleb kontrollida protektori ja kommunikatsiooni vahelist ühendust. Ühenduse ja jootekohtade korrasolekul kaevatakse šurf

protektorini viimase kontrollimiseks (täite olemasolu jne.). Avastatud defektid kõrvaldatakse.

Kui kommunikatsioonil avastatakse anoodtsoon, kontrollitakse ühenduste ja protektorite korrasolekut. Protektorkaitse korrasolekul on ilmselt tegemist uitvoolude mõjuga (näiteks lähedalasuva kommunikatsiooni katood- või dreanaažkaitse kahjulik mõju), mille vastu tuleb rakendada täiendavaid korrosioonikaitse abinõusid. Protektorid, mille metalli kaod on 80...85%, loetakse kasutamiskõlbmatuks ja kuuluvad asendamisele uutega. Asendatud protektorid kogutakse ümbertöötlemiseks.

Protektorite tööd kontrollitakse vähemalt kaks korda aastas (kevadel ja sügisel).

KORROSIOONIALASTE ÜLDKOHUSTUSLIKE NORMATIIVIDE LOETELU

(seisuga 1. jaanuar 1967. a.)

1. СН 262-63 Указания по проектированию антикоррозийной защиты строительных конструкций промышленных зданий в производствах с агрессивными средами.
2. СН 249-63 Инструкция по проектированию. Признаки и нормы агрессивности воды — среды для железобетонных и бетонных конструкций (заменяет Н 114-54 и НиТУ 127-55).
3. СН 249-63* То же. Дополнение.
4. СН 206-62 Временные указания по антикоррозийной защите стальных закладных деталей и сварных соединений в крупнопанельных зданиях.
5. СН 197-61 Технические указания на производство и приемку антикоррозийных работ с применением естественных тесаных камней.
6. СН 163-61 Инструкция по проектированию и устройству противокоррозийной защиты вытяжных труб предприятий с агрессивными средами.
7. СН 65-59 Указания по защите железобетонных конструкций электролизных цехов от коррозии, вызываемой блуждающими токами.
8. СН 254-63 Указания по обеспечению долговечности железобетонных вентиляторных градирен при проектировании и строительстве.
9. СН 266-63 Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии (заменяет СН 28-58).
10. СН 301-65 Указания по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений.
11. СН 326-65 Указания по проектированию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
12. СНиП I-B.1-62 Заполнители для бетонов и растворов.
13. „ I-B.2-62 Вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов.
14. „ I-B.3-62 Бетоны на неорганических вяжущих и заполнителях.

- | | | | |
|-----|---------------------------------|--------------|---|
| 15. | СНиП | I-B.9-62 | Керамические материалы и изделия. |
| 16. | „ | I-B.11-62 | Растворы строительные. |
| 17. | „ | I-B.15-62 | Материалы и изделия на основе полимеров. |
| 18. | „ | I-B.17-62 | Битумные и дегтевые вяжущие. |
| 19. | „ | I-B.24-62 | Отделочные покрытия (краски, лаки и обои). |
| 20. | „ | I-B.25-62 | Кровельные, гидроизоляционные и пароизоляционные материалы на органических вяжущих. |
| 21. | „ | I-B.27-62 | Защита строительных конструкций от коррозии. |
| 22. | „ | I-Г.7-62 | Тепловые сети. Материалы, оборудование, арматура, изделия и строительные конструкции. |
| 23. | „ | I-Д.4-62 | Магистральные стальные трубопроводы. Материалы и изделия. |
| 24. | „ | II-Д.10-62 | Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования. |
| 25. | „ | II-Г.13-62 | Газоснабжение. Наружные сети и сооружения. |
| 26. | „ | III-B.1-62 | Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Общие правила производства и приемки работ. |
| 27. | „ | III-B.2-62 | То же. Специальные правила производства и приемки работ. |
| 28. | „ | III-B.6-62 | Защита строительных конструкций от коррозии. |
| 29. | „ | III-B.6.1-62 | Защита подземных металлических сооружений от коррозии. |
| 30. | „ | III-B.6.2-62 | Защита технологического оборудования от коррозии. |
| 31. | „ | III-Г.7-62 | Газоснабжение. Наружные сети и сооружения. |
| 32. | „ | III-B.9-62 | Гидроизоляция и пароизоляция. |
| 33. | „ | III-B.13-62 | Отделочные покрытия строительных конструкций. |
| 34. | „ | III-B.14-62 | Полы. |
| 35. | МН | 4200-62 | Покрытия лакокрасочные (по металлу). Выбор покрытия. Основная характеристика. Стандартгиз, 1963. |
| 36. | РСН | 2-65 | Временная инструкция по устройству пластбетонных покрытий полов промышленных и общественных зданий (на основе связующего пластбетона ИКАС-1). Госстрой Литовской ССР. |
| 37. | М-во коммунального хоз-ва РСФСР | | Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от электрохимической коррозии (утв. 23.04.65 г.). |
| | СН | 300-65 | Указания по проектированию полов производственных, жилых, общественных и вспомогательных зданий. |

KIRJANDUSE LOETELU

I osa juurde

1. *С. Н. Алексеев*. Коррозия и защита арматуры в бетоне. Москва 1962.
2. *В. С. Артамонов*. Защитные свойства цементов. «Цемент» № 2, 1955.
3. *Ю. Багаев*. Измеритель защитного слоя бетона. «Радио» № 1, 1964.
4. *Т. А. Балалаев*. Производство антикоррозийных работ. Москва 1962.
5. *Ю. М. Бутт, С. А. Окороков*. Технология вяжущих веществ. Москва 1965.
6. *Е. Н. Виноградова*. Методы определения концентрации водородных ионов. Издательство Московского университета, 1956.
7. *Ю. В. Рябцева, М. П. Вовтун*. Коррозия арматуры в активизированном бетоне. Киев 1961.
8. Временные указания по антикоррозийной защите стальных закладных деталей и сварных соединений в крупнопанельных зданиях (СН 206-62). Москва 1963.
9. *О. А. Гершберг*. Технология бетонных и железобетонных изделий. Москва 1965.
10. *Н. Дилакторский, Л. Ойт, Х. Корровиц*. Защита арматуры от коррозии в пропаренном сланцезольном бетоне. Исследования по строительству I. Институт строительства и строительных материалов АН ЭССР, Таллин 1961.
11. Защита арматуры железобетонных конструкций от коррозии. Справочник по специальным работам. Защита от коррозии в промышленном строительстве. Москва 1963.
12. Защита арматуры от коррозии. АСИА Украинской ССР, Киев 1961.
13. Инструкция по защите арматуры железобетонных конструкций от коррозии (проект). НИИЖБ АСИА СССР, Москва 1960.
14. Инструкция по защите железобетона и каменной кладки лакокрасочными и гидрофобизирующими покрытиями. Госстройиздат 1959.
15. *Е. В. Ларинович*. Способ уменьшения коррозии арматуры в бетоне с добавками солей. Бюллетень технической информации Главленинградстроя № 6, 1957.
16. *И. А. Корнфельд, В. А. Пругула*. Защита железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами. Москва 1964.
17. *И. А. Корнфельд и В. А. Пругула*. Электрокоррозия железобетона. Сборник трудов НИИЖБ АСИА СССР «Коррозия железобетона и методы защиты», вып. 15, Москва 1960.
18. *Ю. Н. Михайловский*. Электрохимический механизм коррозии металлов под действием переменного тока. «Журнал физической химии», т. 37, вып. 1, 1963.
19. *М. С. Михалев*. Низколегированные стали взамен углеродистых, Москва—Свердловск 1961.
20. *В. М. Москвин, С. Н. Алексеев*. Способы повышения коррозионной стойкости арматуры в железобетонных конструкциях. «Бетон и железобетон» № 1, 1957.

21. В. М. Москвин, С. Н. Алексеев. О защите арматуры в ячеистом бетоне от коррозии. Труды НИИЖБ-а АСИА СССР, выпуск 8, 1959.
22. Н. А. Моцанский. Плотность и стойкость бетонов. Госстройиздат, Москва 1951.
23. Нефтепродукты. Методы испытаний, часть 1. Государственные стандарты, Москва 1965.
24. Л. В. Ойт, Н. Л. Дилакторский. Защита арматуры от коррозии в сланце-зольных бетонах и пенобетонах автоклавной обработки. Исследования по строительству II. Институт строительства и строительных материалов АН ЭССР, Таллин 1962.
25. Рекомендации по защите арматуры, стальных связей и закладных деталей в силикатных бетонах от коррозии. РОСНИИМС и ВНИИНСМ, Москва 1961.
26. С. Силачков. Основные свойства автоклавных шлакопесчаных бетонов на базе отвалных металлургических шлаков. Москва 1958.
27. Состав для защиты арматуры. Авторское свидетельство № 156093 от 23 апреля 1963 г.
28. Справочник механика химического завода. Москва—Ленинград 1950.
29. Н. Д. Томашов. Теория коррозии и защиты металлов. Москва 1959.
30. Н. Д. Томашов. Прибор для определения глубины коррозионных поражений. Исследования по коррозии металлов. Труды института физической химии АН СССР, выпуск III, № 2, Москва 1951.
31. Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова. Пассивность и защита металлов от коррозии. Издательство «Наука», Москва 1965.
32. Указания на приготовление антикоррозионных битумно-глинистых паст и способ их нанесения на арматурные каркасы, предназначенные для армирования изделий из ячеистых бетонов. Московский филиал Оргэнерго-строя, Москва 1960.
33. Указание по защите арматуры железобетонных конструкций от коррозии. Госстройиздат, Москва 1960.
34. Указания по защите стальной арматуры в силикатном бетоне (проект). ВНИИНСМ АСИА СССР, Москва 1962.
35. Указание по проектированию антикоррозийной защиты строительных конструкций промышленных зданий в производствах с агрессивными средами (СН 262-63). Москва 1964.
36. Ajutine instruksioon armatuuri kaitsmiseks korrosiooni vastu autoklaavidud põlevkivituhk-gaasbetoonis kuuma põlevkivibituumen-tsementkattega. Vabariiklikud ehitusnormid VEN 21-65. Tallinn 1965.
37. I. Cesna. Armaturu korrozijos silikasiniame betone-klausium. Реф. журнал химии № 14, 1960.
38. I. Frasc. Influence du pH, milieu et de l'interface sur l'inhibitor des metaux «Corrosion et anticorrosion» no. 7...8, 1961.
39. K. Gontšarenko. Galvanotehniku käsiraamat. Tallinn 1957.
40. Manufacture of rust-proofed reinforcing elements for concrete. Канадский патент № 495404 от 18 августа 1953 г. Реф. журнал химии № 8, 1955.
41. L. Torsten. Verfahren zum Korrosionsschutz von Eisen und Stahlarmierungen. Патент ФРГ № 927135 от 28 апреля 1955 г.
42. H. Schäffer. Rostschutz der Bewehrung. Rilem symposium on steam cured light-weight concrete. Göteborg 1960.
43. L. Ulfstedt. Korrosion und Korrosionsschutz der Bewehrung in Siporexplatten. Rilem symposium on steam cured lightweight concrete. Göteborg 1960.

1. Справочник по специальным работам. Защита от коррозии в промышленном строительстве. Под редакцией инж. Г. А. Балалаева и доктора техн. наук проф. Н. А. Мощанского. Трест «Монтажхимзащита», Госстройиздат 1963.
2. Инструкция по защите от коррозии стальных и железобетонных строительных конструкций лакокрасочными покрытиями. НИИЖБ Госстроя СССР, Стройиздат 1964.
3. Инструкция по защите железобетона и каменной кладки лакокрасочными и гидрофобизирующими покрытиями. НИИЖБ, Госстройиздат 1959.
4. Инструкция по применению и защите железобетона в цехах с агрессивными средами. НИИЖБ, Госстройиздат 1961.
5. Инструкция по проектированию полов в цехах с агрессивными средами. НИИЖБ, Госстройиздат 1961.
6. Указания по защите конструкций промышленных вентиляционных установок от коррозии, Госхимпроект 1963.
7. Защита строительных конструкций от коррозии. Типовые детали и решения. Госхимпроект 1962.
8. Химическая стойкость защитных материалов в органических и неорганических средах. Госхимпроект 1964.
9. В. Н. Лятлова. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. Справочник. Издательство «Машиностроение» 1964.
10. А. Д. Яковлев. Антикоррозионное назначение пластмасс и лакокрасок. Латвийский республиканский институт научно-технической информации и пропаганды, Рига 1964.
11. М. Ф. Кизелев. Антикоррозионные покрытия полов. ЛДНТП, Ленинград 1965.
12. А. И. Рейбтан. Окраска аппаратуры и оборудования в химических производствах. Издательство «Химия» 1964.
13. М. И. Гарбар, И. В. Растанин. Пластмассы и синтетические смолы в строительстве. Госстройиздат 1960.
14. Инструктивные указания по технике безопасности при производстве антикоррозионных работ. Стройиздат 1965.
15. Применение стеклоткани в тепловой изоляции. ВТУ 9-63. Трест «Оргстрой» Министерства строительства ЭССР, 1963.
16. Приготовление и применение водонепроницаемого бетона с добавкой хлорного железа. ВТУ 9-64. Трест «Оргстрой» Министерства строительства ЭССР, 1964.
17. Лакокрасочные материалы и их применение. Журнал № 1, 1961.
18. Бетон и железобетон. Журнал № 11, 1964.
19. Б. В. Кучмаев. Устройство наливных бесшовных покрытий полов из полимеров. Стройиздат 1964.
20. А. Е. Маевский, Г. Г. Кореновский, А. М. Эдельсон. Антикоррозионная защита стальных соединений в крупнопанельном строительстве. Стройиздат 1964.
21. Защита строительных конструкций от коррозии. НИИ по строительству, Госстройиздат 1962.
22. Повышение надежности и долговечности строительных конструкций путем защиты их от коррозии. ЛДНТП, Ленинград 1965.
23. Н. П. Харитонов, В. А. Кротиков, И. В. Вологдин. Применение покрытий из органосиликатного материала ВН-30 для антикоррозионной защиты закладных деталей и сварных соединений в сборном железобетоне. ЛДНТП 1965.
24. Обобщение материалов по механизации и автоматизации очистки, грунтовки и окраски строительных стальных конструкций для промышленного строительства по данным отечественной и зарубежной практики. Укрпроектстальконструкция, Киев 1963.

III osa juurde

1. Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии (СН 266-63). Стройиздат, Москва 1964.
2. Защита подземных металлических сооружений от коррозии. Справочник. Издание МКХ РСФСР, Москва 1959.
3. В. И. Глазков, П. Г. Дорошенко, В. Г. Котков. Защита магистральных трубопроводов от подземной коррозии. Гостоптехиздат, Москва 1960.
4. В. В. Красноярский, А. К. Ларионов. Подземная коррозия металлов и методы борьбы с ней. Издание МКХ РСФСР, Москва 1962.
5. Катодная защита от коррозии. Перевод с немецкого М. М. Мельниковой. Госэнергоиздат, Москва—Ленинград 1962.
6. Защита подземных сооружений от коррозии. Сборник научных работ. Выпуск 2 Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. Отдел научно-технической информации, Москва 1960.
7. Защита трубопроводов от коррозии. Тематический научно-технический сборник. Госнिति, Москва 1961.
8. Тезисы докладов на конференции-смотре состояния защиты подземных металлических сооружений г. Ленинграда. Ленинград 1963.
9. Тезисы докладов общественного смотра научно-технического совещания по защите от коррозии подземных металлических сооружений гор. Москвы, Москва 1965.
10. Временная инструкция по соблюдению мероприятий антикоррозийной защиты при проектировании подземных металлических сооружений. Проектный институт «Ленпроект», Ленинград 1963.
11. Защита подземных газопроводов от электрокоррозии. Материалы краткосрочного семинара. Ленинградский дом научно-технической пропаганды. Ленинград 1965.

SISUKORD

Saateks	3
1. Sarruse korrosioon ja kaitse Eesti NSV-s kasutatavate sideainete baasil valmistatavates ehitusdetailides ja -konstruktsioonides	5
1.1. Üldandmed	5
1.1.1. Sarruse korrosiooni olemus betoonides	5
1.1.2. Korrosiooni olenevus kasutatava sarruse liigist ja seisukorrast	8
1.1.3. Korrosiooni tagajärjed	8
1.2. Betooni loomulik kaitse sarrusele	10
1.2.1. Betooni leeliselisuse toime	10
1.2.2. Betooni tiheduse mõju	11
1.2.3. Sarruse betoonkaitsekihi mõju	14
1.3. Sarruse korrosiooni mõjutavad tegurid	15
1.3.1. Kasutatava sideaine mõju	15
1.3.2. Betooni kivistumise kiirendamise mõju	18
1.3.3. Betooni poorsuse mõju	20
1.3.4. Betooni pragude mõju	21
1.3.5. Betooni ümbritseva agressiivse keskkonna mõju	21
1.3.6. Uitvoolude mõju	22
1.4. Sarruse spetsiaalne kaitse korrosiooni vastu	26
1.4.1. Kaitse vajalikkus	26
1.4.2. Kaitsevahendite üldiseloostus	27
1.4.3. Kaitsevahendite sõltuvus betooni sideainest	30
1.4.4. Kaitsevahendite valik ja vajalikkus olenevalt eksploatatsioonitingimustest	32
1.4.5. Tariraudade kaitse suurpaneelhoonetes	33
1.4.6. Sarruse kaitse raudbetoonsildades, -viaduktides, -mastides ja -vundamentides	39
1.5. Sarruse kaitse tehastes valmistatavates raudbetoondetailides	40
1.5.1. Sarruse kaitse inhibiitori lisamisega betoonisegule	40
1.5.2. Sarruse kaitse korrosioonivastaste võõpadega	41
1.5.3. Fosfaatimine	45
1.5.4. Tariraudade tsinkimine	46
2. Ehituskonstruktsioonide korrosioonikaitse	47
2.1. Agressiivse keskkonna mõiste ja liigitus	47
2.1.1. Gaasilised keskkonnad	48
2.1.2. Vedelad keskkonnad	48
2.1.3. Tahked keskkonnad	54
2.2. Üldnõuded ehituskonstruktsioonide projekteerimisel agressiivse keskkonna puhul	55
2.2.1. Vundamendid	58
2.2.2. Põrandad	62
2.2.3. Seinamaterjalid, raudbetoon- ja metallkonstruktsioonid	64
2.3. Ehituskonstruktsioonide korrosioonikaitsetöödel kasutatavad materjalid	68
2.3.1. Kivimid ja asbest	68

2.3.2.	Tsemendid	72
2.3.3.	Betoon	74
2.3.4.	Keraamilised materjalid	75
2.3.5.	Plastmassid	82
2.3.6.	Isolatsioonimaterjalid	82
2.3.7.	Sideained ja liimid	85
2.3.8.	Värvid	90
2.4.	Korrosioonikaitsetööd	90
2.4.1.	Betoonpindade ettevalmistamine värvimiseks	90
2.4.2.	Metallpindade ettevalmistamine värvimiseks	91
2.4.3.	Bituumenmastiksise ja bituumenbetooni valmistamine ning kasutamine	102
2.4.4.	Silikaatkittide ja vesiklaasiga betooni valmistamine ning kasutamine	102
2.4.5.	Hüdroisolatsiooni tegemine	103
2.4.6.	Voodrid happekindlatest tükkmaterjalidest	105
2.4.7.	Värvimistööd	106
2.4.8.	Värvimistöödel kasutatavaid seadmeid	109
3.	Maa-aluste metallkommunikatsioonide ja -seadmete korrosioonikaitse	113
3.1.	Metallide elektrokeemiline korrosioon pinnases	113
3.1.1.	Pinnase agressiivsus	113
3.1.2.	Pinnase agressiivsusest tingitud korrosioon metallidel	114
3.1.3.	Uitvoolude allikad	115
3.1.4.	Metallide korrosioon uitvoolude mõjupiirkonnas	117
3.2.	Uitvoolude vähendamine	119
3.2.1.	Voolu lekkimise vähendamine trammi rööbasteedest	119
3.2.2.	Voolu lekkimise vähendamine elektrifitseeritud raudtee rööbasteedest	121
3.3.	Maa-aluste kommunikatsioonide ja seadmete passiivne kaitse (isolatsioon) korrosiooni vastu	122
3.3.1.	Üldalused ja meetodite klassifikatsioon	122
3.3.2.	Isolatsiooni liigid	123
3.3.3.	Isolatsiooni kvaliteedi kontroll	125
3.4.	Maa-aluste kommunikatsioonide ja seadmete aktiivne (elektriline) kaitse korrosiooni vastu	126
3.4.1.	Üldalused	126
3.4.2.	Drenaažkaitse	128
3.4.3.	Katoodkaitse	131
3.4.4.	Protektorkaitse	134
3.4.5.	Elektriline sektsioonimine	136
3.4.6.	Kaitse täiendava maandiga	136
3.4.7.	Kompleksne ja ühendkaitse	136
3.4.8.	Kontroll-mõõtepunktid	138
3.5.	Maa-aluste kommunikatsioonide ja seadmete korrosioonikaitsetööd	139
3.5.1.	Uurimistööd	139
3.5.2.	Projekteerimistööd	143
3.5.3.	Montaažitööd	144
3.5.4.	Tööde vastuvõtmine	145
3.6.	Kaitsevad seadmete eksploatatsioon	146
3.6.1.	Korrosioonikaitseteenistuse organiseerimine	146
3.6.2.	Drenaažkaitse eksploatatsioon	147
3.6.3.	Katoodkaitse eksploatatsioon	147
3.6.4.	Anoodmaandite eksploatatsioon	148
3.6.5.	Protektorkaitse eksploatatsioon	148
	Korrosioonikaitsealaste üldkohustuslike normatiivdokumentide loetelu seisuga 1. jaanuar 1967. a.	150
	Kirjanduse loetelu	152

Ойт Лидия Виллемовна. Янес Аино Кристьяновна. Кяйт Ханс-Вольдемар Вольдемарович. ЗАЩИТА ПРОТИВ КОРРОЗИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. На эстонском языке. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetajad A. Taremäe ja T. Erilt. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja M. Tammes. Korrektor S. Kõiv. Laduda antud 23. VI 1966. Trükkida antud 6. III 1967. Paber 60×90/16. Trükipaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik. Trükipoognaid 10,0. Arvestuspoognaid 10,59. Trükiarv 1030. MB-01748. Tellimise nr. 7455. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tn. 2.

Hind 53 kop.

A-28481

53 kop.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00446717 3