

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris
CZU 691.328.1:620.19 (043)

PROASPĂT EDUARD

**HIDROIZOLAREA ȘI PROTECȚIA ANTICOROSIVĂ A
BETONULUI REZERVOARELOR PENTRU DEPOZITAREA
APELOR POTABILE ȘI INDUSTRIALE**

**Cifrul și denumirea specialității
211.02 Materiale de construcții, elemente și edificii**

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

Chișinău 2018

Lucrare executată în Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău

Conducător științific:

RUSU Ion, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar

Referenți oficiali:

CĂNĂNĂU Nicolae, doctor, profesor universitar

CROITORU Gheorghe, doctor în tehnică, conferențiar universitar

Componența consiliului științific specializat:

FLOREA Nicolae, președinte, doctor, profesor universitar

TARANENCO Anatolie, secretar, doctor în tehnică, conferențiar universitar

RADU Andrei, doctor, profesor universitar

GUGIUMAN Gheorghe, doctor, profesor universitar

SCAMINA Raisa, doctor în tehnică

Susținerea tezei va avea loc la data de "19" octombrie 2018 la 12-00 pe adresa: MD 2060, mun. Chișinău, bd. Dacia, 41, a. 10-113 în ședința Consiliului științific specializat D 31.211.02-02 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, mun. Chișinău.

Teza de doctor în tehnică și autoreferatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei pe adresa: mun. Chișinău, str. Studentilor, nr. 11, bloc 5-519 și pe pagina web a ANACEC (www.anacip.md).

Autoreferatul a fost expediat la "___" _____ 2018

Secretarul științific al CȘS:
dr. în teh., conf. univ.

TARANENCO Anatolie

Conducător științific:
dr. hab. în tehn., prof. univ.

RUSU Ion

Autor:

PROASPĂT Eduard

© PROASPĂT Eduard Virgiliu, 2018

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei studiate.

Pentru asigurarea urbelor cu ape potabile și industriale, de altfel și întreprinderile industriei alimentare privind păstrarea produselor prelucrării, se utilizează în număr mare rezervoare de beton armat.

Necătând la multe caracteristici pozitive, rezervoarele de beton armat nu pot fi exploatare fără protecția suprafețelor lor interioare datorită coroziunii intensive a betonului la acțiunea asupra lui a soluțiilor apoase și a mediului înalt agresiv, de altfel și a sarcinilor interne și externe.

Filtrându-se prin structura betonului, apa interacționează cu oxidul de calciu, formând hidroxidul de calciu.

Acoperirile pe baza parafinei, de rășini epoxidică și vinilică, folosite până în prezent pentru protecția anticorrosivă ale rezervoarelor de beton armat nu satisfac cerințelor de rezistență la fisurare și, astfel nu asigură o protecție fiabilă. Studiile efectuate și practica exploatărilor au determinat că peste (1...3) ani aceste acoperiri se distrug.

Studii privind asigurarea protecției rezervoarelor de beton armat pentru depozitarea diferitor lichide au fost efectuate de savanții din Rusia (С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванова, Ю.М. Баженов, В.М. Москвин, Н.А. Мощанский, А.Ф. Полака, В.Б. Ратинова, Т.В. Рубецкой, В.И. Соломатов, В.Ф. Степанова, Н.К. Розенталь, Б.В. Гусев), România (I. Teoreanu, I. Popenaru), Franța (Desdevides A.), Anglia (Colthup N., Dundee E., Spon F.), Ucraina (В.И. Бабушкин, М. Ш. Файнер, А.С. Файфусович).

Lipsa acoperirilor polimerice de durabilitate privind protecția anticorrosivă a rezervoarelor de beton armat este motivul că la momentul actual un număr considerabil din acestea nu se exploatează.

Acești factori nu permit ridicarea capacităților regiilor de aprovizionare cu apă, cu atât mai mult că populația urbelor este în creștere în timp ce construcțiile se învechesc.

Practica existentă de elaborare a acoperirilor polimerice numai cu considerarea rezistențelor lor chimice și adeziunii înalte primare nu este întocmai corectă și fundamentată.

Cercetările au determinat, că în procesul de exploatare are loc reducerea proprietăților de protecție a acoperirilor polimerice cu exfolierea lor ulterioară. Aceasta este cauzată de micșorarea adeziunii acoperirii polimerice către suprafața protejată în rezultatul apariției apei la limita beton-acoperire, distrugerea corozivă a betonului din cauza filtrării apei prin el și rezistența la fisurare redusă a acoperirii polimerice.

Rezultatele examinării stării rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabile și industriale sunt următoarele:

1. Infiltrarea apei prin betonul pereților rezervoarelor, dizolvarea compușilor betonului și eliminarea lor din beton (spălarea lor din beton), porizarea betonului;

2. Etanșeitatea necalitativă a rosturilor dintre elementele de beton armat și eliminarea apei din rezervoare;

3. Degradarea corozivă parțială a betonului pereților rezervoarelor;

4. Deformarea, apariția și dezvoltarea fisurilor în betonul pereților rezervoarelor din cauza tasării neuniforme a solului;

5. Inspectarea necalitativă a rezervoarelor și nerespectarea periodicității, ceea ce contribuie la apariția și dezvoltarea defectelor (în deosebi în locurile greu accesibile) în rezervoare;

6. Carbonatarea betonului mai sus de nivelul apei;

7. Acțiunea apelor subterane cu conținut de substanțe agresive;

8. Imposibilitatea de examinare a rezervoarelor din cauza acoperirii lor cu pământ, ceea ce nu permite depistarea locurilor de infiltrare a apei.

De altfel, așa caracteristici specifice ale betonului, cum ar fi bazicitatea înaltă a suprafeței betonului, tendința de fisurare în rezultatul deformărilor de contragere complică elaborarea

acoperirilor polimerice efective de protecție. Elaborarea acoperirilor polimerice cu proprietăți necesare este complicată și de conținutul foarte redus de materiale privind prepararea peliculelor, igienic admise în contactul cu apa potabilă.

Reieșind din condițiile de exploatare ale rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabile și industriale (agresivitate, proprietate de dizolvare a compușilor betonului, alunecări și tasări de teren), ținând cont de proprietățile betonului (porozitate, permeabilitate la lichide, fisurare, deformare, fragilitate), a fost emisă ipoteza privind posibilitatea sporirii durabilității acestor rezervoare prin elaborarea unui material compozit pentru asigurarea protecției și micșorării permeabilității apei și a unei acoperiri polimerice care să posede proprietăți de protecție înalte datorită aderenței, rezistenței la fisurare și rezistenței chimice, absorbție și permeabilitate reduse la lichide

Studiul efectuat al cercetărilor experimentale a betonului hidroizolant și a acoperirii polimerice din lacuri și vopsele pentru protecția anticorrosivă a suprafeței interioare a rezervoarelor de beton armat, destinate depozitării apelor potabile și industriale, a permis de a formula scopul și sarcinile tezei de doctorat.

Scopul și sarcinile cercetărilor

Scopul: Sporirea rezistenței la coroziune a betonului rezervoarelor de beton armat, destinate depozitării apelor potabile și industriale, și asigurarea protecției lui suplimentară cu acoperiri polimerice, care să posede aderență și rezistență la fisurare înalte, absorbție și permeabilitate reduse la lichide și care să nu influențeze calitatea apei potabile.

Obiectivele:

1. Studiarea gradului și specificului degradării corozive a betonului rezervoarelor ca urmare a acțiunilor apelor potabile și industriale.
2. Elaborarea unui material compozit, care să permită reducerea considerabilă a porozității și a permeabilității la lichide și, ca urmare, să micșoreze considerabil coroziunea betonului.
3. Argumentarea teoretică și determinarea sistemului acoperirii polimerice de protecție a betonului, care să posede aderență la beton, rezistență chimică, rezistență înaltă la fisurare, capacitate de absorbție și permeabilitate reduse la lichide și să corespundă cerințelor igienico-sanitare de a contacta direct cu apa potabilă.
4. Optimizarea compozițiilor lacurilor și vopselelor pentru sistemul de acoperiri polimerice și studierea proprietăților lor tehnologice.
5. Elaborarea tehnologiei de executare a protecției anticorrosive a betonului rezervoarelor, destinate depozitării apelor potabile și industriale.

Noutatea științifică a rezultatelor obținute constă în următoarele:

1. A fost elaborat un nou material pentru repararea betonului degradat al rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale;
2. A fost elaborat sistemul acoperirii polimerice pentru izolarea și protecția anticorrosivă a suprafețelor interioare ale rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale;
3. A fost acumulată informația teoretică și experimentală care poate fi folosită în vederea izolării și protecției anticorrosive a altor construcții din beton armat, exploatate în alte condiții agresive (bazine, poduri, tunele, diguri, baraje etc.).

Valoarea practică

1. Materialul compozit și acoperirea polimerică elaborate vor asigura protecția anticorrosivă și hidroizolarea betonului rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale;

2. Au fost elaborate:

- CP E.04.01-2001 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Instrucțiuni privind executarea hidroizolării și protecției anticorrosive cu lacuri și vopsele a suprafețelor interioare din beton ale rezervoarelor de apă potabilă și industrială;

- CP E.04.03-2005 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Protecția anticorrosivă a construcțiilor și instalațiilor;

- CP E.04.04-2005 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Executarea lucrărilor de izolare, protecție și finisare în construcții;

- Acordul tehnic Nr. 02/04-046:2014 de Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova în 22.10.2014 referitor la materialul compozit pentru hidroizolare și reparații.

Rezultatele cercetărilor și documentele normative elaborate servesc de asemenea pentru instruirea specialiștilor (licență, masterat, doctorat, proiectanți, ingineri).

Aprobarea rezultatelor cercetărilor.

Principalele prevederi ale tezei au fost prezentate la următoarele congrese și conferințe tehnico-științifice:

- HBE 2014, International Symposium, Iași, România, 2014;

- Conferința tehnico-științifică internațională ”Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”, Culegere Vol. II, Chișinău, 2012;

- 46-й международный семинар по моделированию и оптимизации композитов, Одесса, 2007;

- 41-й международный семинар по моделированию и оптимизации композитов, МОК'41, Одесса, 25-26 апреля, 2002;

- Conferința Tehnico-Științifică jubiliară “Tehnologii moderne în construcții”, Chișinău, 24-26 mai, 2000;

- 37-й международный семинар по моделированию и оптимизации композитов, МОК'37, Одесса, 5-6 мая, 1998;

- ”Realizări și perspective în metalurgie”. Analele Universității Dunărea de Jos” din Galați, Fascicula IX, 1998;

- Международный семинар «Компьютерное моделирование и обеспечение качества», Одесса, 1997;

- la ședința din 22 iunie 2017 a Seminarului Științific de Profil, 135.02 – Mecanica corpului solid, 211.02 – Materiale de construcții, elemente și edificii din cadrul Universității Tehnice a Moldovei.

Teza de doctor în tehnică este structurată din cuprins, introducere, patru capitole, concluzii și propuneri, bibliografie cu 188 titluri bibliografice, fiind expusă pe 131 de pagini, având 46 figuri, 47 de tabele, 6 anexe. Principalele rezultate ale cercetărilor științifice sunt publicate în 15 lucrări științifice și un brevet de invenții.

1 CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** este prezentată caracteristica tezei, este fundamentată direcția cercetărilor științifice experimentale și teoretice și sunt formulate actualitatea și valoarea problemei studiate, practica existentă de elaborare a acoperirilor polimerice și a materialelor compozite de reparații.

În **primul capitol** "Stadiul actual privind hidroizolarea și protecția anticorrosivă a rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabile și industriale, scopul și obiectivele cercetărilor științifice" s-au studiat tehnologiile construcției rezervoarelor de beton armat pentru depozitarea apei potabile și industriale în Republica Moldova și de peste hotare, acțiunile mediilor agresive lichide, solide și gazoase asupra rezervoarelor de beton armat pentru depozitarea apei potabile și industriale. S-a analizat influența proprietăților betonului, forțelor statice și dinamice asupra procesului de filtrare a apei. S-au determinat cerințele specifice către rezervoarele de beton armat destinate depozitării apei potabile și industriale: limita de rezistență la compresiune a stratului de beton superior; dimensiunile asperităților; cantitatea adâncirilor și incluziunilor separate pe toată suprafața; porozitatea de suprafață, umiditatea de suprafață; conținutul de fisuri, știrbituri, exfolieri, pete uleioase, umflături.

Acoperirile polimerice pentru majorarea fiabilității rezervoarelor de beton armat utilizate pentru depozitarea apelor potabile și industriale trebuie să posede:

- stabilitate înaltă la acțiunea mediilor agresive;
- rezistență mecanică necesară, rezistență la fisurare și stabilitate la coroziune;
- permeabilitate redusă și inflamabilitate mică;
- adeziune înaltă la suprafața betonului după acțiunea îndelungată a apelor potabile și industriale.

Materialele folosite pentru hidroizolarea rosturilor (reconstrucția rezervoarelor exploatare) sau executarea pereților rezervoarelor noi trebuie să posede:

- rezistență la acțiunea presiunii apei și presiunii solului;
- permeabilitate redusă la acțiunea apelor potabile și industriale;
- adeziune către materialul acoperit (protejat);
- să nu interacționeze cu mediile lichide depozitate și să nu dizolve în acestea compuși ai compoziției sale.

Sunt descrise rezultatele examinării, starea actuală a hidroizolării și protecției anticorrosive a suprafețelor interioare a rezervoarelor de beton armat destinate depozitării diferitor lichide.

Coroziunea betonului. Este în sine un proces fizico-chimic complex. Se poate vorbi despre coroziune ca despre un fenomen electrochimic, numai în cazul betonului armat.

Manifestarea efectului de coroziune (în mediu umed) asupra betonului depinde de următoarele condiții:

- cimentul utilizat, proprietățile sale chimice și fizice;
- calitatea agregatelor, proprietățile lor fizice și granulometrice;
- metoda de preparare a betonului (și deci calitățile lui);
- starea suprafeței betonului – rugozitate, grad de carbonatare etc.;
- compoziția și concentrația agentului agresiv-coroziv;
- mișcarea, curgerea și respectiv stagnarea agentului coroziv;
- temperatura;
- ascensiunea capilară;
- oxidarea;
- dimensiunile construcției din beton;
- suprafața de evaporare;
- presiunea lichidului etc.

Analiza funcționării rezervoarelor exploatare a demonstrat că cauzele principale ale deteriorărilor sunt: rezistența la fisurare insuficientă, în primul rând din cauza subaprecierii legilor hidrostaticii; lipsa controlului asupra etanșității rezervorului în procesul de exploatare, în

particular etanșeitatea insuficientă a îmbinărilor rosturilor construcțiilor prefabricate, a rosturilor de deformat de dilatare, găurilor, flanșelor, racordurilor din corpul betonului; rezistența chimică insuficientă la mediul agresiv și subaprecierea agresivității solurilor; deschiderea fisurilor și o filtrare puternică în timpul încercărilor hidrostatice; tasabilitatea terenului de sub partea sedentară (figura 1.1).

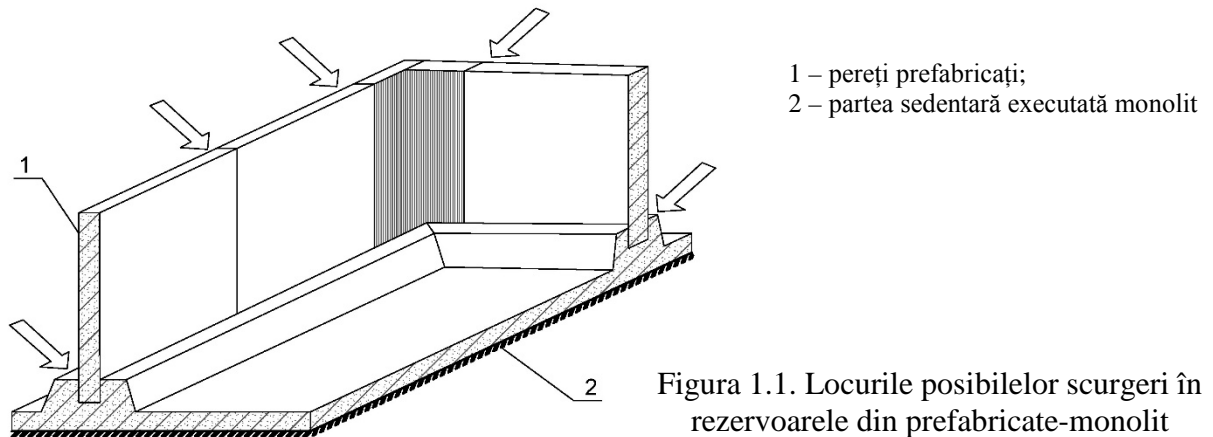


Figura 1.1. Locurile posibilelor scurgeri în rezervoarele din prefabricate-monolit

Cele mai expuse deteriorărilor corozive sunt construcțiile din beton armat și din metal aflate de asupra nivelului umplerii apelor reziduale (plăcile-podețe, consolele coloanelor, panourile pereților intermediari din partea de sus, piesele înglobate), de asemenea planșeele din beton armat ale canalelor tip coridor din cauza lipsei aerului curat și a umidității majorate din mediul aero-gazos ale canalelor coridoarelor. La uzura prematură a aerotencurilor conduce și existența proiectelor nefondate privind protecția construcțiilor de coruziune, cauza cărora este lipsa datelor fundamentate științific privind agresivitatea lichidului de exploatare în raport cu betonul rezervoarelor.

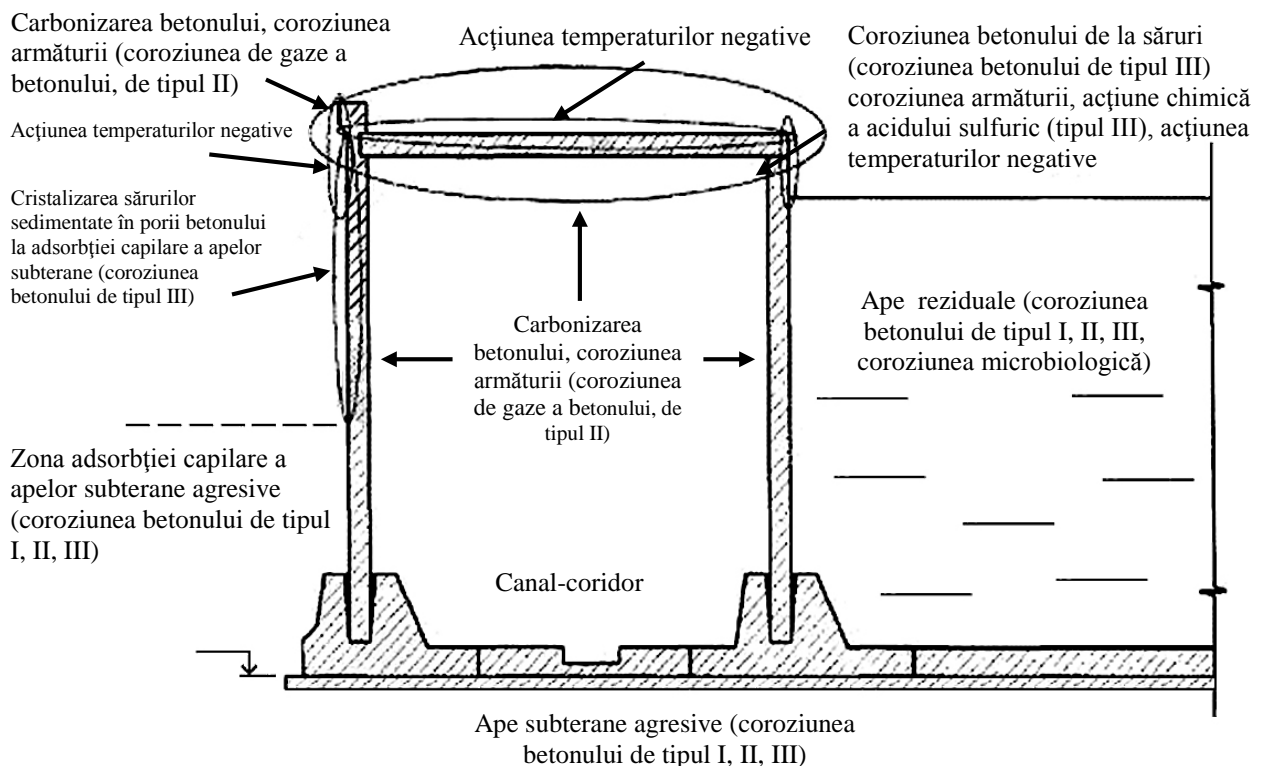


Figura 1.2. Factorii distructivi principali care cauzează uzura rapidă a rezervoarelor pentru epurare (aerotencurilor)

Asupra stării construcțiilor din beton armat ale rezervoarelor pot influența următoarele grupe de medii agresive: ape subterane, ape reziduale, faza aero-gazoasă a apelor reziduale. Nu mai puțin importantă este acțiunea temperaturilor negative pe timp de iarnă. Componentele agresive principale în apele reziduale sunt sărurile minerale și acizii, în mediul aero-gazos – acidul sulfuric și bioxidul de carbon, în apele subterane – sulfatii și clorurile.

Clasificarea coroziunii în trei tipuri și anume:

- coroziunea prin levigare (tip I);
- coroziunea de schimb, cu formare de compuși ușor solubili (tip II);
- coroziunea fizică (prin formare de cristale de sulfoaluminat de calciu sau de ghips, acumulare de alte cristale, îngheț-dezghet etc., adică prin expansiune) (tip III).

Executarea frecventă a lucrărilor de reparație-restaurare a construcțiilor din beton armat în procesul de exploatare a rezervoarelor este imposibilă din cauza caracterului continuu al funcționării stațiilor de epurare.

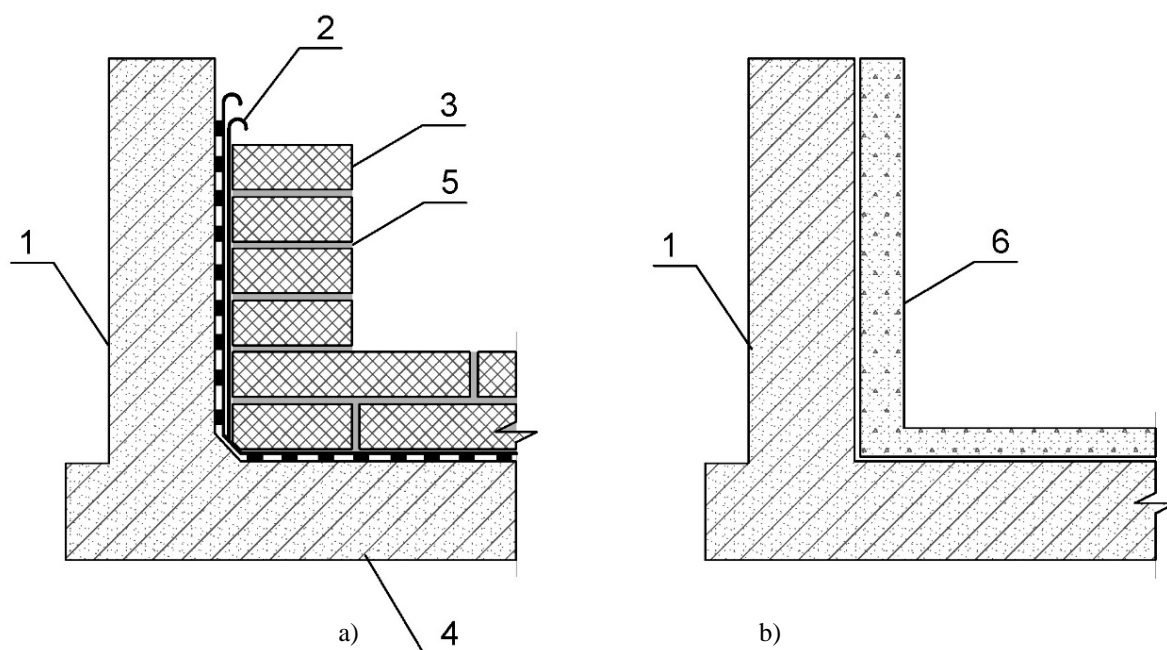


Figura 1.3. Protecție tradițională

a) acoperire de căptușire pe substrat impermeabil; b) acoperire din mortar torcretat cu grosimea de 1-2 cm; 1 – panou de perete exterior; 2 – substrat impermeabil; 3 – căptușire din material în bucăți; 4 – partea sedentară din monolit; 5 – mortar din ciment-nisip; 6 – acoperire din mortar torcret.

Pentru protecția suprafețelor interioare ale rezervoarelor se folosesc următoarele acoperiri polimerice (figura 1.3): lacuri și vopsele în strat gros chimic rezistente, inclusiv armate; acoperiri aplicate prin lipire; de placare (căptușire). Alegerea schemei pentru acoperire, a grosimii și numărului de straturi se efectuează în dependență de compoziția apelor reziduale, de asemenea luând în considerație dimensiunile de gabarit ale construcției, temperaturii și presiunii hidrostatice a apelor reziduale.

Au fost efectuate studii de caz la bazinul de depozitare a apei pentru irigare al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al AȘM și obiectul "Casă cu puține nivele din or. Sankt-Petersburg, r-nul Curortnâi, or. Repino" (figurile 1.4, respectiv 1.5) pentru determinarea stării pentru posibila exploatare a bazinului de depozitare a apei pentru irigare, respectiv a piscinei cu volumul de circa 200 m³.



Figura 1.4. Studiu de caz efectuat la bazinul de depozitare a apei pentru irigare al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al AȘM



Figura 1.5. Studiu de caz efectuat la bazinul obiectului "Casă cu puține nivele din or. Sankt-Petersburg, r-nul Curortnâi, or. Repino"

Peste hotare intensiv se dezvoltă cercetările și folosirea practică a noilor și efectivilor aditivi în amestecul de beton – superplastifianți. Utilizarea superplastifianților în betoanelor pe baza cimenturilor majorează plasticitatea amestecului fără micșorarea rezistenței mecanice a betonului, ceea ce permite trecerea la amestecuri plastice și chiar fluide.

Experiențele de utilizare ale superplastifianților dau posibilitatea ca procesul de fasonare a

amestecului de beton, inclusiv și transportarea sa, să devină mai eficiente și, totodată, majorează rezistența articolelor și a elementelor de beton și beton armat, de altfel și rezistența timpurie (în primele zile de întărire). Astfel procesul de întărire se îndeplinește de (3...4) ori mai rapid, reducându-se timpul de fasonare.

Ca rezultat al micșorării cantității de apă pentru priză și, respectiv reducerea apei fizic legată, după întărire betonul obține și o densitate mai mică.

Dezvoltarea ulterioară a complexului industrial conduce la creșterea impurităților antropogenice de diferite grade de agresivitate în compoziția apelor reziduale.

În afară de influența la durabilitatea construcțiilor rezervoarelor, acestea sunt o sursă potențială de impurificare a apelor freatică din cauza scurgerii apelor reziduale din rezervoare, legate, în primul rând, de nerespectarea calității etanșeității îmbinărilor dintre panouri și rosturilor de deformare.

Normele existente și proiectele-tip nu iau în considerație aceste modificări. Majoritatea proiectelor-tip nu permit evaluarea veridică a eficacității protecției anticorozive a construcțiilor rezervoarelor în condițiile acțiunii mediilor agresive.

Standardele din domeniu clasifică mediile agresive în dependență de acțiunea lor la construcțiile nemetalice și recomandă pentru betoanele date lianți și agregate rezistente la mediile corespunzătoare, diferite adaosuri care majorează compacitatea și rezistența, iar la exploatarea acestor construcții în medii destul de agresive, utilizarea acoperirilor polimerice corespunzătoare pentru protecția anticorosivă.

Normativele existente acoperă o parte din cerințele tehnice necesare, inclusiv în domeniul calculelor. Având în vedere varietatea mare de tipuri de construcții, condiții de amplasament, tipuri de deficiențe/degradări, normele nu pot decât să stabilească principiile măsurilor de intervenție, descriind un număr limitat de soluții cu aplicabilitate mai largă. Rămâne la latitudinea inginerului proiectant să aplice și să personalizeze aceste soluții pentru fiecare caz în parte, să combine soluțiile, astfel încât rezultatul să fie cel așteptat.

În prezent este posibil prepararea betoanelor rezistente la coroziune având o permeabilitate la difuziune "foarte mică" (marca după impermeabilitate la apă W20 și mai mare), care soluționează multe probleme importante ca rezistența chimică a betonului, păstrarea etanșeității care asigură nu doar integritatea betonului dar și a armăturii și a adeziunii ei cu betonul.

Compactarea calitativă a betonului prin vibrare va oferi posibilitatea de obținere a betoanelor cu rapoarte apă-ciment reduse ($A/C = 0,15-0,3$), astfel și reducerea permeabilității pietrei de ciment și a betonului, care va majora durata de exploatare a construcțiilor din beton armat. Capacitatea de protecție a betonului de fasonare uscată (cu A/C reduse) prin vibrare repetată, este mai mare, în special în raport cu armătura din oțel, ca a betonului de compactare unică și preparat după tehnologia tradițională.

O protecție mai eficientă ale rezervoarelor de beton armat, folosite pentru depozitarea apelor potabile și industriale în timpul de față este acoperirea suprafeței interne a acestora (figura 1.6).

În timpul de față asigurarea hidroizolării construcțiilor de beton armat se rezolvă prin folosirea unor metode și materiale care nu tot timpul și nu în toate condițiile dau rezultate eficiente.

Metodele raționale de proiectare a construcțiilor de beton armat admite formarea fisurilor de anumite deschideri care se formează datorită particularităților specifice ale betonului, cauzate de deformațiile de contragere, diferențelor de temperatură etc. În cazurile când în construcțiile de beton armat se permite deschiderea fisurilor, atunci acoperirile anticorozive de lacuri și vopsele, destinate protecției acestor construcții, trebuie să fie rezistente la fisurare. Conform cerințelor NCM E.04.04-2016, în rezervoarele, destinate depozitării materialelor lichide și friabile, se permite deschiderea fisurilor cu acțiune scurtă și îndelungată, corespunzător 0,3 și 0,2 mm.

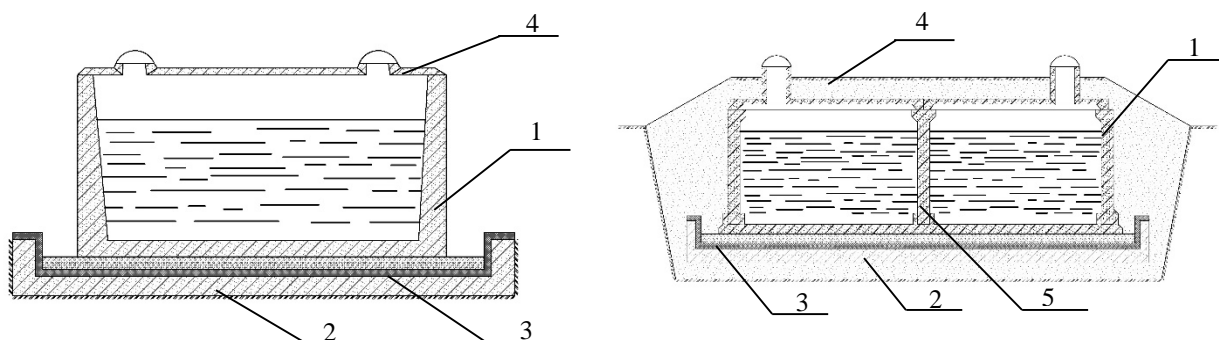


Figura 1.6. Metode de asigurare a protecției ecologice a rezervoarelor pentru depozitarea lichidelor industriale

- 1 – peretele exterior din beton armat al rezervorului; 2 – suport din beton armat; 3 – hidroizolație; 4 – partea superioară a rezervorului; 5 – peretele despărțitor al rezervorului

Acoperirile polimerice, utilizate în timpul de față pentru protecția anticorrosivă a rezervoarelor de beton armat nu posedă rezistența necesară la fisurare. La formarea și deschiderea fisurilor în beton acoperirile polimerice se distrug, de aceea durabilitatea și proprietățile de protejare sunt reduse.

Cercetarea eficacității folosirii protecției de lacuri și vopsele a demonstrat că acoperirile elastice pentru metal nu sunt capabile în orice condiții de a proteja straturile care permit formarea fisurilor. Cercetările naturale și experiența de exploatare au demonstrat că la formarea și deschiderea fisurilor în rezervoarele de beton armat, utilizate până în prezent, acoperirile polimerice nu rezistă fără trecerea peste deformațiile permise de normative și peste 1-3 ani se distrug.

Luând în considerație cele expuse, măsurile îndreptate la consolidarea caracteristicilor de protecție și majorarea durabilității acoperirilor polimerice trebuie să cuprindă următoarele:

- menținerea adeziunii acoperirii polimerice de suprafața betonului la exploatarea îndelungată a acestuia;
- stoparea pătrunderii substanțelor agresive la granița "polimer-beton";
- asigurarea rezistenței la fisurare a acoperirii polimerice.

Conform analizei bibliografice și cercetărilor stării rezervoarelor de beton armat exploatate până în prezent au fost făcute concluziile respective, s-a stabilit scopul și sarcinile cercetărilor științifice.

Capitolul doi "Metodele îndeplinirii cercetărilor științifice și caracteristicile materiei prime pentru sporirea viabilității rezervoarelor de beton armat destinate depozitării apelor potabile și industriale".

În acest capitol sunt descrise metodele îndeplinirii cercetărilor științifice, inclusiv metodele cercetării coroziunii betonului în rezultatul filtrării apei prin el.

Caracteristicile fizico-mecanice ale materialului compozit au fost determinate conform metodelor standardizate:

1. Rezistența la compresiune conform SM GOST 10180:2014;
2. Rezistența la încovoiere conform SM GOST 10180:2014;
3. Absorbția de apă conform GOST 12730.3-78;
4. Impermeabilitatea la apă conform GOST 12730.5-84;
5. Rezistența la coroziune a materialului compozit elaborat

$$K_{RC} = RC_{\tau} / RC_{in}$$

RC_{τ} – rezistența la compresiune după expunerea în mediu agresiv;

RC_{in} – rezistența la compresiune inițială.

Una din caracteristicile principale ale betoanelor hidrotehnice este permeabilitatea la apă.

Pentru betoane, proba se fixează la un aparat numit permeabilimetru și este supusă la presiuni crescătoare ale apei după un anumit program, urmărind apariția primelor semne de umezire, la fața superioară, în cazul în care presiunea necesară a fost atinsă, fără să apară umezirea la fața superioară, proba se despică pe verticală, măsurându-se înălțimea umedă.

Metodele cercetării structurii și proprietăților fizico-mecanice ale betonului exploatat în condițiile filtrării prin el a apei – densitatea, porozitatea, caracteristicile mecanice ale betoanelor hidrotehnice.

Încercarea la compresiune statică se execută pe epruvete cubice, prismatice sau cilindrice, rezistențele obținute fiind calculate cu relația:

$$R_c = \frac{P}{a \times b} \times 0,1, \text{ MPa}, \quad (2.1)$$

Rezistența la încovoire se calculează cu relația:

$$R_f = \frac{3}{2} \frac{P \times l}{b \times h^2}, \text{ MPa} \quad (2.2)$$

Rezistența la fisurare a peliculei acoperirii polimerice aplicată pe beton, pe fisurile deschise se determină după valoarea acestei fisuri și starea acoperirii polimerice de pe fisură. Metoda permite determinarea după valoarea optimă a rezistenței la fisurare compozițiile optime a sistemelor de protejare elastice rezistente la fisurare a acoperirilor polimerice, puterea de schimbare a rezistenței la fisurare a acoperirii polimerice la oxidare și a evalua valoarea rezistenței la fisurare a sistemului acoperirii polimerice la acțiunea asupra lor a mediilor lichide.

Pentru determinarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice s-a folosit dispozitivul indicat în figura 2.1.

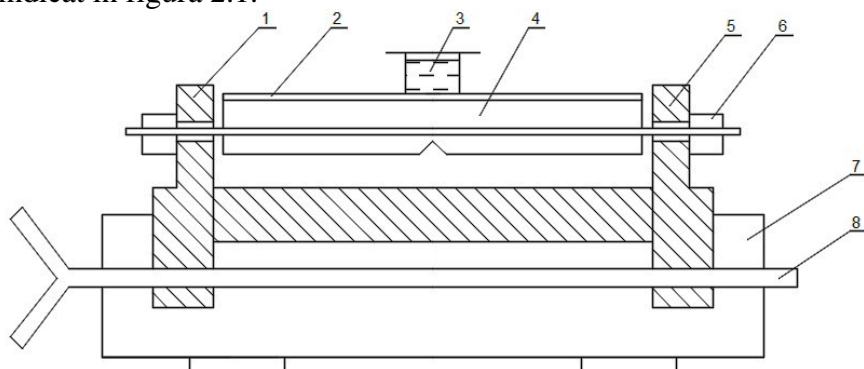


Figura 2.1. Schema de principiu a instalației pentru determinarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice

1 – dispozitiv de fixare imobil; 2 – acoperire polimerică; 3 – cilindru de sticlă cu lichid agresiv; 4 – placă de beton; 5 – dispozitiv de fixare mobil; 6 – dispozitiv de strângere; 7 – suport; 8 – șurub cu mâner.

În figura 2.2 este prezentată schema de determinare a rezistenței chimice a acoperirii polimerice și a capacității de protejare a materialului compozit.

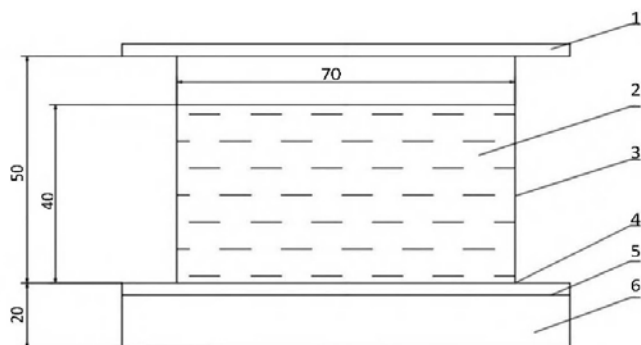


Figura 2.2. Schema de determinare a rezistenței chimice a acoperirii polimerice și a capacității de protejare a materialului compozit

1 – plăcuță de sticlă; 2 – mediu agresiv (soluție 2% CH_3COOH); 3 – cilindru de sticlă; 4 – adziv pe bază de rășină epoxidică marca ED-20; 5 – acoperire polimerică; 6 – placă din materialul compozit elaborat

Aderența acoperirilor polimerice la beton s-a determinat cu instalația prezentată în figura 2.3.

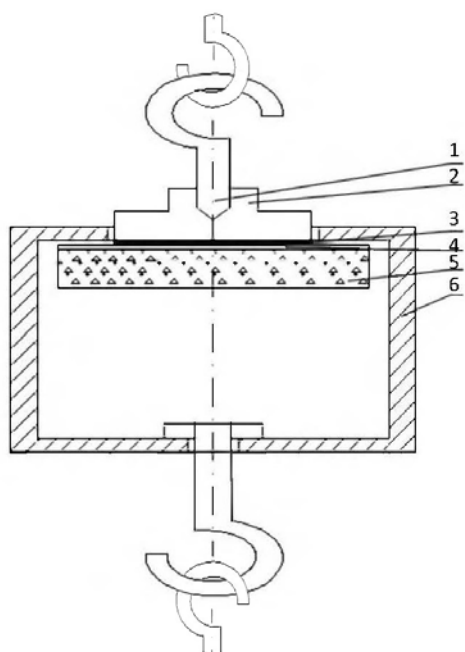


Figura 2.3. Schema de determinare a aderenței acoperirilor polimerice la beton

1 – bulon; 2 – disc metalic; 3 – clei; 4 – acoperire polimerică; 5 – epruvetă din material compozit cu acoperire polimerică; 6 – cutie metalică.

Permeabilitatea peliculelor polimerice la acid s-a determinat cu instalația prezentată în figura 2.4.

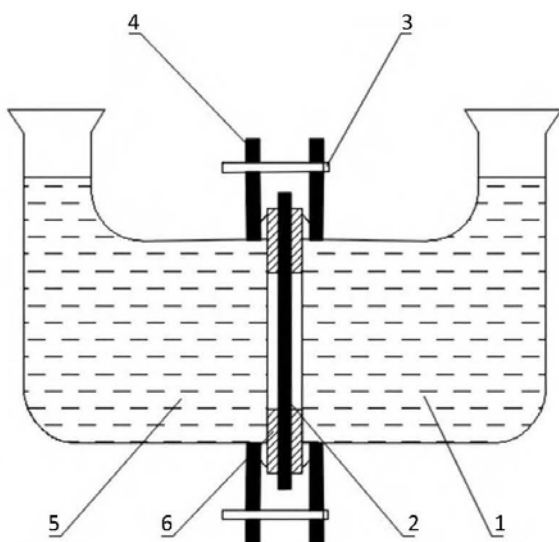


Figura 2.4. Schema celulei pentru determinarea permeabilității peliculelor polimerice la acizi

1 – partea din dreapta a celulei cu conținut de soluție de 2% de CH_3COOH ; 2 – pelicula polimerică; 3 – șurub de fixare; 4 – șaibă cu bulon; 5 – partea din stânga a celulei cu conținut de apă distilată sau de soluție de $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 6 – garnitură de etanșare.

Au fost dezvoltate metodele cercetării proprietăților materialelor hidroizolante, utilizate pentru protecția betonului - determinarea permeabilității de difuzie care se utilizează pentru studierea dependenței permeabilității de compoziția acoperirii de lacuri și vopsele (tipul și cantitatea substanței generatoare de peliculă - liantul, pigmentul și umplutura în diferite straturi), grosimea stratului de protecție a acoperirii polimerice și numărul de straturi, sistemul acoperirii polimerice și tehnologia de aplicare, puterea și tipul acțiunii agresive asupra acoperirii polimerice.

S-au stabilit cerințele către materialele utilizate pentru hidroizolarea și protecția betonului rezervoarelor, inclusiv a materialelor liante, a adaosurilor și cerințe către agregatele pentru beton. S-a efectuat fundamentarea și determinarea mediilor lichide pentru îndeplinirea cercetărilor betonului și materialelor hidroizolante.

În **Capitolul trei** "Elaborarea componenței materialului compozit și cercetarea proprietăților lui după expoziția în contact cu apa" prin optimizarea și studierea influenței apei asupra proprietăților fizico-mecanice ale betonului, studierea rezistenței la coroziune a betonului au fost stabiliți factorii ca protecția betonului, protecția față de acțiunile fizice și mecanice. contracția plastică și fisurarea inițială, contracția produsă de încărcări și de deformațiile impuse, execuția și conservarea în raport cu înghețul, eroziunea, protecția împotriva atacului chimic.

Astfel, în tabelul 3.1 sunt date unele exigențe impuse betonului.

Tabelul 3.1. Exigențe pentru beton rezistent la sulfatați

Gradul de atac	Mecanismul de protecție	Măsuri de protecție
Slab	Permeabilitate A/C Straturi de protecție Tipul cimentului Ciment cu înaltă rezistență la sulfatați	Maximum 50 mm penetrare a apei Max.0,6
Moderat	Permeabilitate A/C Straturi de protecție Tipul cimentului Ciment cu înaltă rezistență la sulfatați	Maximum 30 mm penetrare a apei Max.0,5
Puternic	Permeabilitate A/C Straturi de protecție Tipul cimentului Ciment cu înaltă rezistență la sulfatați	Penetrare scăzută de apă Max.0,4

S-a studiat influența structurii betonului asupra rezistenței la coroziune și proprietățile fizico-mecanice.

Scopul cercetărilor efectuate a constat în elaborarea unui nou material care s-ă posede proprietăți performante la încovoiere, compresiune superior betonului, rezistență la acțiunea apei (înmuiere). La elaborarea materialului compozit au fost folosite materiile prime tipice construcțiilor din beton armat (nisip de construcție, ciment de portland), la care au fost adăugate: plastifiant, fibră de polipropilenă și clorură de calciu. Aceste componente au fost dozate în proporții ținând cont de cantitățile de nisip, ciment și apă (Tabelul 3.2).

Pentru încercări la compresiune au fost pregătite mostre în formă de cuburi cu latura de 40 mm, iar pentru încercarea la încovoiere – grinzi cu dimensiunile de 20x20x8 mm.

Experimentul a fost îndeplinit conform planului D-optimal cu 5 factori. Condițiile îndeplinirii experimentului sunt prezentate în tabelul 3.2.

Încercările au fost efectuate după 14, 21 și 28 de zile de întărire a mostrelor în condiții naturale.

Tabelul 3.2. Condițiile îndeplinirii experimentului

X_i	+1	0	-1
X_1 -Ciment (kg)	0,4	0,5	0,6
X_2 -Apă (L)	0,2	0,25	0,3
X_3 -Plastifiant (ml)	4	5	6
X_4 -Fibră (g)	0,8	1,0	1,2
X_5 -Clorură de calciu (g)	6	8	10
Nisip (kg)	1,0	1,0	1,0

Prelucrarea statistică a rezultatelor încercărilor a permis de a obține următoarele ecuații de regresie pentru rezistențele la compresiune și încovoiere la 14, 21, 28 de zile.

$$R_{inc14} \text{ (MPa)} = 5,519 + 0,94X_1 - 0,61X_2 - 0,88X_3 + 0,38X_4 + 0,38X_5 - 13,92X_1^2 - 11,92X_2^2 - 21,55X_3^2 - 10,92X_4^2 - 9,7X_5^2 - 0,06X_1X_2 + 0,37X_1X_3 - 0,5X_1X_4 - 0,87X_1X_5 - 0,25X_2X_3 - 0,12X_2X_4 + 0,25X_2X_5 - 0,37X_3X_4 - 1,18X_3X_5 - 0,37X_4X_5.$$

$$R_{c14} \text{ (MPa)} = 25,62 - 3,24X_1 - 3,01X_2 + 1,73X_3 + 2,33X_4 + 1,22X_5 + 8,22X_1^2 - 12,31X_2^2 + 2,35X_3^2 + 2,32X_4^2 + 1,7X_5^2 - 0,4X_1X_2 + 0,57X_1X_3 - 0,2X_1X_4 - 0,44X_1X_5 - 0,43X_2X_3 - 0,25X_2X_4 + 0,29X_2X_5 - 0,43X_3X_4 - 0,92X_3X_5 + 0,49X_4X_5.$$

Pentru R_c 14 zile s-a obținut ecuația de regresie finală:

$$R_{c.14} = 27.68 + 1.00x_1 \pm 0x_1^2 \pm 0x_1x_2 - 2.54x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 1.23x_1x_5 - 0.87x_2 \pm 0x_2^2 \pm 0x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 4.1x_2x_5 + 1.15x_3 \pm 0x_3^2 - 3.34x_3x_4 \pm 0x_3x_5 \pm 0x_4 - 3.55x_4^2 + 1.54x_4x_5 + 1.97x_5 \pm 0x_5^2$$

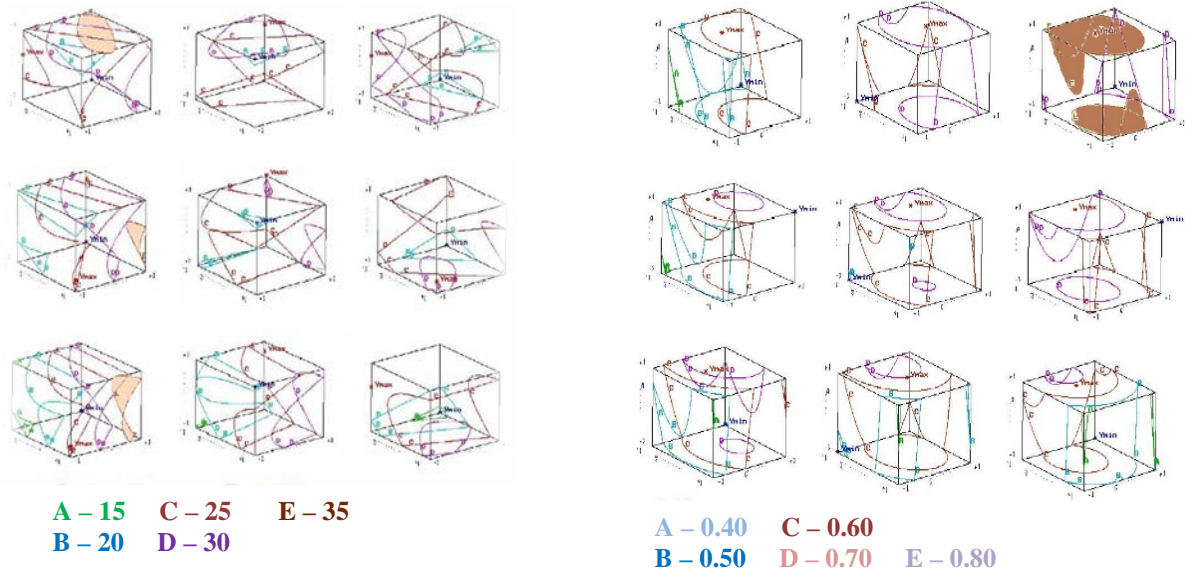


Figura 3.1. Rezistența la compresiune, R_c , 14 zile

Rezistența la încovoiere, R_{inc} , 14 zile

$$R_{inc21} \text{ (MPa)} = 6,842 + 0,64X_1 - 0,42X_2 - 0,28X_3 + 0,22X_4 + 0,31X_5 + 10,32X_1^2 - 7,12X_2^2 - 11,05X_3^2 + 6,52X_4^2 + 5,33X_5^2 - 0,042X_1X_2 + 0,22X_1X_3 - 0,41X_1X_4 - 0,57X_1X_5 - 0,22X_2X_3 - 0,21X_2X_4 + 0,23X_2X_5 - 0,27X_3X_4 - 0,98X_3X_5 - 0,26X_4X_5.$$

$$R_{c21} \text{ (MPa)} = 29,761 + 3,99X_1 - 1,11X_2 - 2,05X_3 + 0,27X_4 + 0,44X_5 + 10,35X_1^2 - 10,37X_2^2 - 8,37X_3^2 + 5,36X_4^2 + 13,24X_5^2 - 0,75X_1X_2 - 0,4X_1X_3 - 1,18X_1X_4 + 2,25X_1X_5 - 0,43X_2X_3 + 0,37X_2X_4 + 0,25X_2X_5 + 2,68X_3X_5 + 0,62X_4X_5.$$

Pentru R_c 21 zile s-a obținut ecuația de regresie finală:

$$R_{c.21} = 27.51 \pm 0x_1 + 6.47x_1^2 \pm 0x_1x_2 - 1.24x_1x_3 - 0.73x_1x_4 - 2.80x_1x_5 \pm 0x_2 \pm 0x_2^2 - 0.92x_2x_3 - 0.74x_2x_4 - 3.92x_2x_5 + 0.80x_3 - 6.00x_3^2 - 2.94x_3x_4 \pm 0x_3x_5 + 2.03x_4 \pm 0x_4^2 + 1.31x_4x_5 + 2.45x_5 \pm 0x_5^2$$

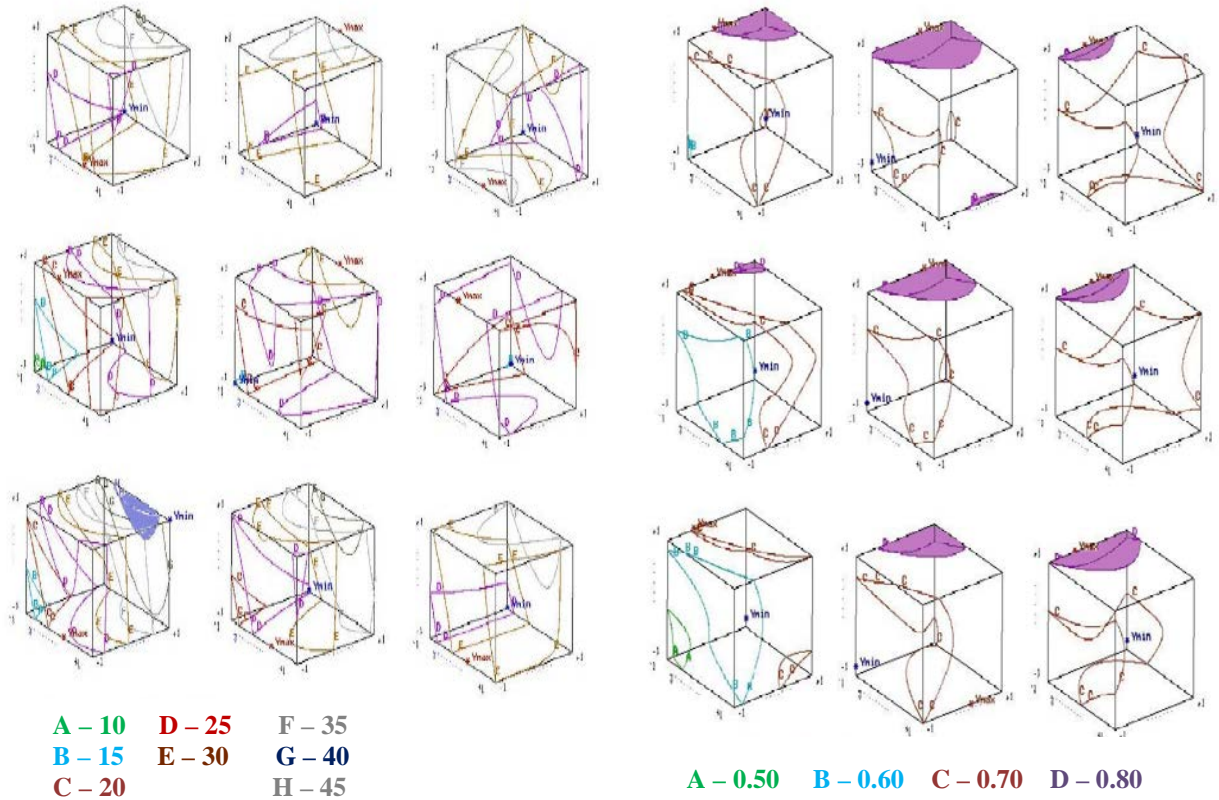


Figura 3.2. Rezistența la compresiune, R_c , 21 zile Rezistența la încovoiere, R_{inc} , 21 zile

$$R_{inc28} \text{ (MPa)} = 8,34 + 2,1X_1 - 0,44X_2 - 1,16X_3 + 0,05X_4 + 0,16X_5 + 224X_1^2 - 2,24X_2^2 - 3,15X_3^2 + 1,44X_4^2 + 2,11X_5^2 - 0,18X_1X_2 - 0,31X_1X_3 + 0,93X_1X_4 + 1,06X_1X_5 + 0,5X_2X_3 + 0,06X_2X_4 + 0,18X_2X_5 - 0,06X_3X_4 + 0,93X_3X_5 - 0,06X_4X_5.$$

$$R_{c28} \text{ (MPa)} = 31,5 + 3,33X_1 - 1,16X_2 - 2,33X_3 + 0,16X_4 + 0,61X_5 + 2,35X_1^2 - 1,24X_2^2 - 1,13X_3^2 + 2,54X_4^2 + 1,33X_5^2 - 1,02X_1X_2 + 0,21X_1X_3 + 0,52X_1X_4 + 1,13X_1X_5 - 0,39X_2X_3 - 0,73X_2X_4 - 0,32X_2X_5 + 0,15X_3X_4 + 1,23X_3X_5 + 0,45X_4X_5.$$

Pentru R_c 28 zile s-a obținut ecuația de regresie finală:

$$R_{c.28} = 29.37 + 0.77x_1 + 3.73x_1^2 \pm 0x_1x_2 - 1.27x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 2.44x_1x_5 - 1.37x_2 \pm 0x_2^2 - 0.90x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 3.89x_2x_5 \pm 0x_3 - 6.37x_3^2 - 2.62x_3x_4 \pm 0x_3x_5 + 1.17x_4 + 2.27x_4^2 \pm 0x_4x_5 + 1.66x_5 + 2.24x_5^2$$

Pentru R_{inc} 28 zile - ecuația de regresie finală:

$$R_{inc.28} = 0.742 \pm 0x_1 \pm 0x_1^2 - 0.018x_1x_2 \pm 0x_1x_3 - 0.020x_1x_4 - 0.038x_1x_5 \pm 0x_2 - 0.033x_2^2 \pm 0x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 0.068x_2x_5 \pm 0x_3 \pm 0x_3^2 - 0.030x_3x_4 \pm 0x_3x_5 + 0.046x_4 \pm 0x_4^2 \pm 0x_4x_5 + 0.029x_5 \pm 0x_5^2$$

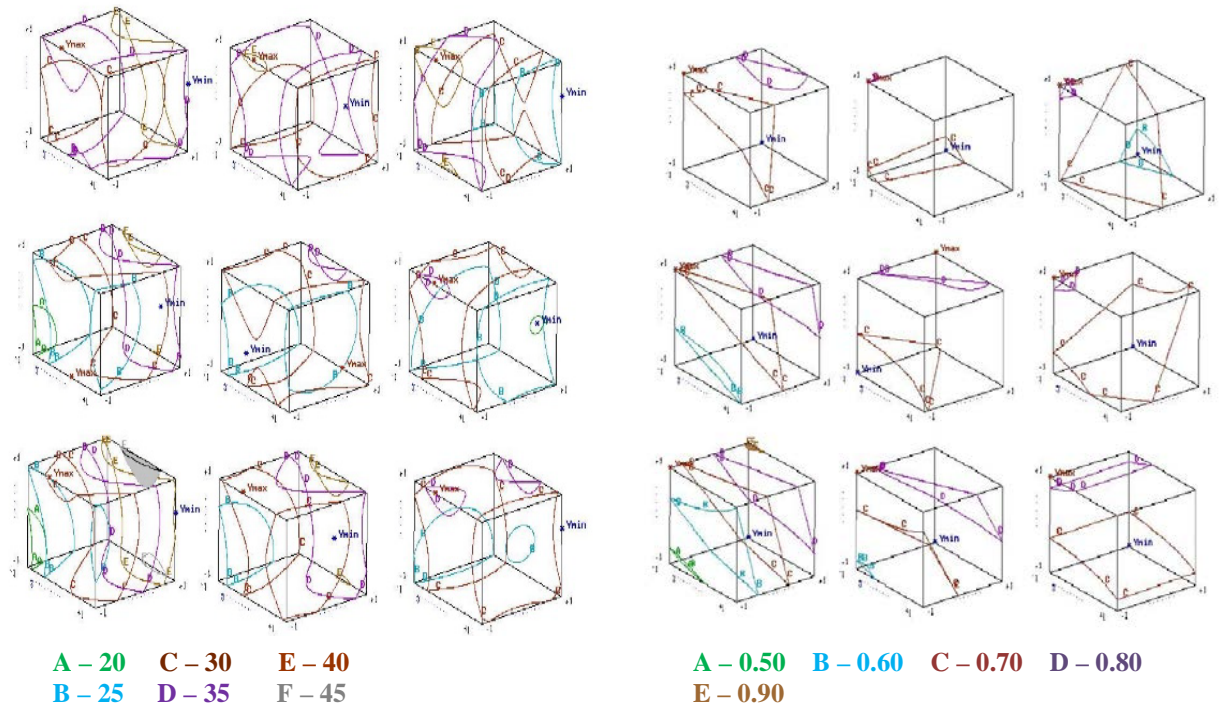


Figura 3.3. Rezistența la compresiune, R_c , 28 zile

Rezistența la încovoiere, R_{inc} , 28 zile

Din datele obținute la încercările la compresiune și încovoiere s-a constatat ca proporția care a asigurat rezistențele la compresiune și încovoiere sporite este din experimentul al 4-lea (tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Rezultatele încercărilor la compresiune și încovoiere conform experimentului Nr. 4

R	14 zile	21 de zile	28 de zile
R_{comp} (MPa)	35,13	43,0	42,0
R_{inc} (MPa)	0,61	0,71	0,88

Din compoziția cu componentă optimală au fost pregătite mostre pentru determinarea, respectiv, a absorbției de apă ($Ab_{ap\grave{a}}$), coeficientului de înmuiere, rezistenței la compresiune și rezistenței la încovoiere. Mostrele s-au întărit în condiții normale timp de 28 zile

$$Ab_{ap\grave{a}} = \frac{m_{us} - m_{um}}{m_{us}} * 100\% = \frac{2.1065 - 2.048}{2.048} * 100\% = 2.85\%$$

După determinarea absorbției de apă au fost îndeplinite încercări și determinat coeficientul de înmuiere:

$$C_{imm} = \frac{R_{comp.um}}{R_{comp.us}} = \frac{258}{301} = 0.85\%$$

Caracteristicile obținute ale materialului compozit sunt conform tabelului 3.4.

Tabelul 3.4. Caracteristicile materialului compozit

Caracteristici verificate	Valori obținute
R_{comp} (MPa)	
- la 14 zile	35,0
- la 21 zile	45,0
- la 28 zile	45,0

Tabelul 3.4. (continuare)

Caracteristici verificate	Valori obținute
R _{inc} (MPa)	
- la 14 zile	0,8
- la 21 zile	0,8
- la 28 zile	0,9
Porozitatea totală, %	15,7
Absorbția de apă, %	2,85
Impermeabilitatea la apă	W6
Coeficientul de înmuiere	0,85

Capitolul patru "Elaborarea și studierea sistemului acoperirii polimerice, aplicații practice ale rezultatelor cercetărilor științifice". S-a descris elaborarea și optimizarea compoziției peliculei hidroizolatoare.

S-a determinat dependența între rezistența la fisurare a acoperirii de lacuri și vopsele, numărul de straturi ale acoperirii polimerice și elasticitatea straturilor de acoperire de lacuri și vopsele și permeabilitatea la apă. S-a argumentat teoretic procesul de micșorare a permeabilității apei la introducerea în compoziția materialului hidroizolant a adaosurilor și al polimerului.

Normele de construcții permit deschiderea fisurilor de lungă durată și scurtă durată în rezervoarele de beton armat cu lățimea respectiv de 0,2 mm și 0,3 mm. De aceea pentru rezervoarele de beton armat exploatate în condițiile mediului agresiv (acțiunea componentelor apelor potabile și industriale) pe de o parte, și tensiunile interne și externe, pe de altă parte, privind protecția anticorozivă se recomandă utilizarea acoperirilor polimerice rezistente la fisurare.

Elaborând compoziția peliculei hidroizolante este necesar de a lua în considerație cerințele către suprafața protejată. Pentru indicii normativi de evaluare a suprafeței betonului se includ: clasa rugozității, porozitatea suprafeței (până la 5%), limita de rezistență a stratului superior al betonului la compresiune (nu mai puțin de 15 MPa), indicele pH (se admite să fie bazice), umiditatea suprafeței (până la 4% de masă), lipsa defectelor (fisuri, stratificări, umflături), lipsa nervurilor de suprafață, lipsa impurităților, în special a petelor uleioase.

S-au determinat proprietăților fizico-mecanice ale peliculei hidroizolatoare. Clasificând dependența indicilor substraturilor de calitatea suprafeței betonului protejat se poate de menționat, că rezistența mecanică, umiditatea, bazicitatea și gradul de impurificare influențează la valoarea adeziunii acoperirii de lacuri și vopsele către betonul rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale, cât și a produselor alimentare.

Pentru prepararea epruvetelor - cuburi din beton compozit hidroizolant cu latura de 50 mm s-a folosit ciment Portland M 500, nisip de cuarț de carieră fracționat, apă potabilă și adaosurile: bentonit cu conținutul oxidului de fier Fe₂O₃ - (4.. .8)% și calcarului Ca CO₃ (2.. .5)%, substanța hidrofobizantă (SDB) cu hidrofobizarea timp de 8 ore și densitatea 1,2 g/cm³, vopsea polimerică cu indicele pH = 8,0-9,0.

Determinarea conductibilității apei peliculei protectoare elaborate. Datele din registrul experiențelor sunt redată în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1 Rezultatele experiențelor

Nr. crt.	Denumirea acoperii	Masa, g				Masa medie, g	Absorbția apei, %
		Epruveta uscată	Epruveta umedă 1	Epruveta umedă 2	Epruveta umedă 3		
1	Acoperire de vopsea polimerică în două straturi	123,00	139,60	141,50	141,50	141,40	14,4
		121,00	136,60	139,00	139,00		
		126,70	138,40	143,70	149,70		
2	Acoperire cu lac în trei straturi	125,00	142,20	142,70	142,70	140,50	11,5
		121,70	138,20	140,00	140,00		
		120,50	136,10	138,70	138,70		
3	Epruvete de control (fără acoperire)	123,50	141,50	141,00	141,00	140,20	14,7
		122,50	138,50	140,50	140,50		
		120,50	139,00	139,00	139,00		

În baza rezultatelor obținute ale conductibilității apei s-a stabilit dependența dintre acestea și timpul de păstrare a epruvetelor în contact direct cu soluțiile apoase.

S-a stabilit rezistența la fisurare a peliculei.

Condițiile principale de apariție și dezvoltare a fisurilor în acoperirile polimerice este rezultatul apariției tensiunilor interioare, ale căror valori depășesc rezistența la întindere a lor sau apariția deformațiilor în construcțiile de beton armat care depășesc limita alungirilor relative ale acoperirilor polimerice în condițiile date (figurile 4.1 și 4.2).

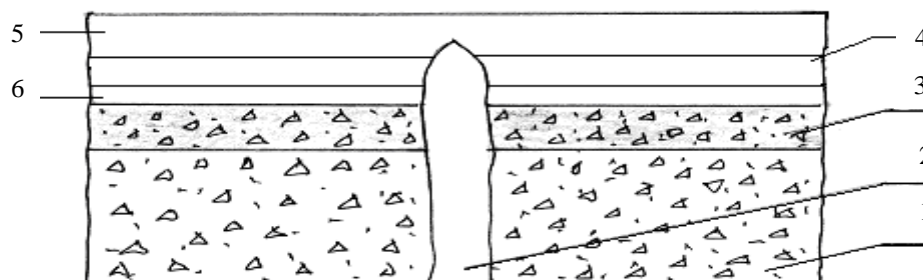


Figura 4.1. Epruvetă de beton cu acoperire polimeră în procesul apariției și dezvoltării fisurii în beton și în acoperire

1 – epruvetă de beton; 2 – fisură în beton și în acoperirea polimeră; 3 – strat superficial de beton impregnat cu grund; 4 – strat intermediar al acoperirii polimerice; 5 – substrat elastic; 6 – strat de email.

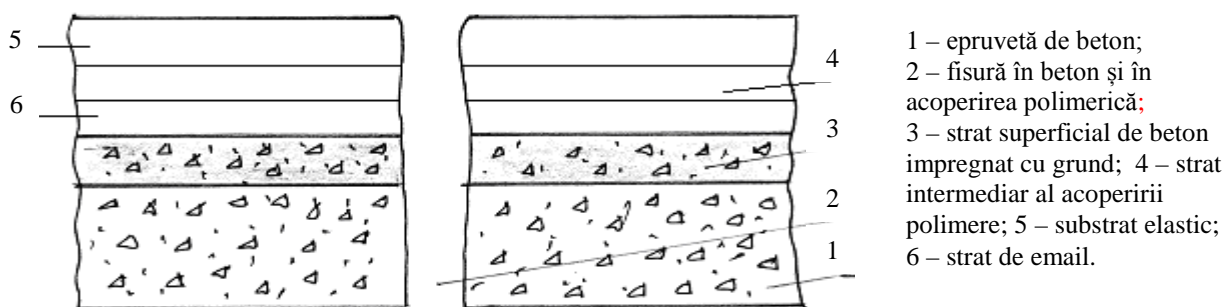


Figura 4.2. Epruvetă de beton cu acoperire polimeră în cazul în care limita de deschidere a fisurii depășește rezistența la fisurare a acoperirii polimerice.

În practică, apariția și dezvoltarea fisurilor în acoperirile polimerice este cauzată și de fragilitatea lor. Rezistența la fisurare a acoperirilor polimerice poate fi mărită fie prin micșorarea

fragilității lor, fie prin micșorarea tensiunilor interioare în ele sau prin micșorarea deformațiilor admisibile în articolele și elementele protejate. Micșorarea fragilității acoperirilor polimerice și deci mărirea rezistenței lor la fisurare este posibilă de a fi obținută prin modificarea acestora. Însă, acoperirile polimerice pe bază de rășini epoxidice, vinilice, vinilcloridice etc., care sunt admise de organele sanitare pentru contactarea nemijlocită cu produsele alimentare, practic puțin se supun plastificării. De aceea mărirea rezistenței lor la fisurare numai prin plastifiere nu poate asigura valoarea suficientă.

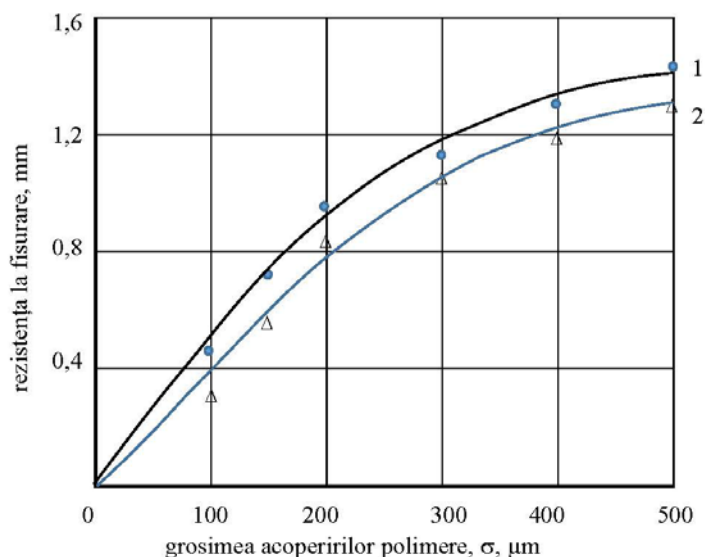


Figura 4.3. Rezistența la fisurare a acoperirilor polimerice
1 – acoperire pe bază de lac PC – 734; 2 – acoperire pe bază de email PC-799.

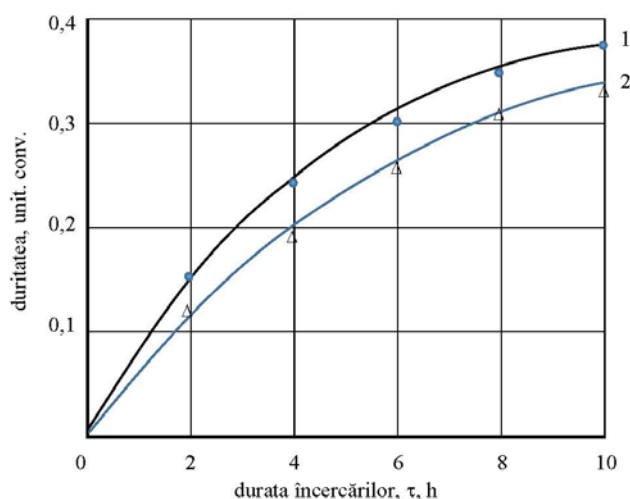


Figura 4.4. Modificarea durității acoperirilor polimerice în timp
1 – acoperire pe bază de lac PC – 734; 2 – acoperire pe bază de email PC-799.

Pentru asigurarea viabilității în componența sistemului antifiltrational acoperirea de lacuri și vopsele trebuie să posede caracteristici mecanice determinate la acțiunea de lungă durată (figura 1.17). Deoarece asupra caracteristicilor mecanice ale acoperirii polimerice acționează temperatura și acțiunile atmosferice posibile, pelicula trebuie să fie stabilă la apă, uneori - stabilă chimic, stabilă la îngheț-dezgheț și la mediul înconjurător. Pentru determinarea rezistenței chimice a acoperirii polimerice și a capacității de protejare a materialului compozit mostrele din materialul compozit elaborat acoperite cu peliculă polimerică, expuse acțiunii mediilor agresive (soluție 2% CH_3COOH – acid acetic) cu examinare peste 14 zile, 28 zile, 90 zile, 180 zile și 365 de zile.

Modelele de beton protejate cu aceste acoperiri au fost păstrate în mediile agresive lichide care imită diferite produse (tabelul 4.2)

Tabelul 4.2. Procesul de coroziune a mortarului protejat cu acoperiri polimerice

Acoperire	Termenele de începere a procesului de coroziune a mortarului (în luni) protejat cu acoperiri polimerice în rezultatul acțiunii mediilor agresive			
	Soluție alcool 20° conținând 2% acid citric	Soluție acid citric 2%	Soluție acid acetic de 2% cu conținut de 2% sare de bucătărie	Soluție de anhidrit sulfuros 6%
Substrat (grund) elastic Strat de acoperire din rășină epoxidică	16,7	-	-	-
Substrat (grund) elastic Strat de acoperire din fluoroplast	14	15	19	20
Substrat (grund) elastic Strat de acoperire din copolimer vinilic	2	4	4	4

Rezultatele au demonstrat că proprietăți de protecție ale betonului mai mari în aceste medii posedă acoperirea cu straturi superioare de email pe baza de rășini epoxidice.

Pe baza rezultatelor experimentale obținute, s-a propus o tehnologie nouă de hidroizolare și protecție anticorrosivă a betonului rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabile și industriale care este prezentată în figura 4.5.

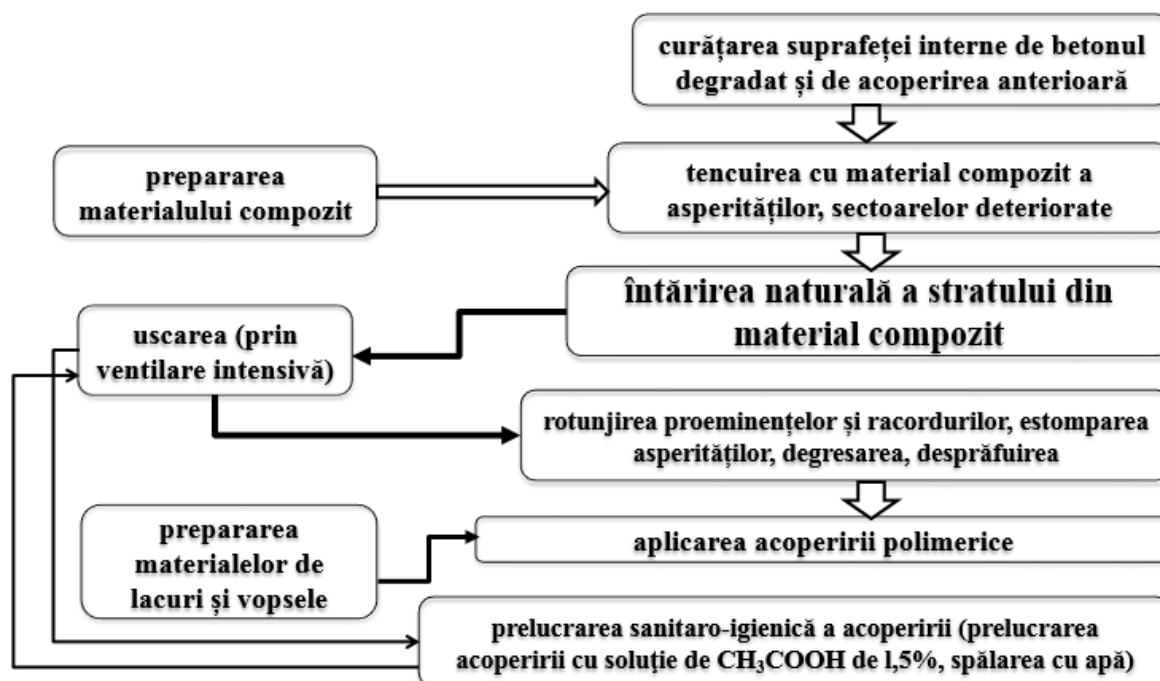


Figura 4.5. Schema tehnologică de hidroizolare și protecție suplimentară a betonului rezervoarelor

A fost obținut avizul Ministerului Sănătății al RM Nr. 125 din 29.06.1990, înregistrat cu Nr. 04e-7/1317 privind protecția betonului suprafețelor interioare ale recipientelor pentru depozitarea apei potabile.

A fost obținut avizul igienic Nr. 2864 din 25.09.2014, Centrul Național Științifico-Practic al Ministerului Sănătății și elaborat Acordul tehnic Nr. 02/04-046:2014 din 22.10.2014 pentru materialul compozit pentru hidroizolare și reparații.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

1. CONCLUZII

1.1. A fost studiat și stabilit gradul și specificul degradării corozive a betonului rezervoarelor ca urmare a acțiunilor apelor potabile și industriale. Astfel siguranța în exploatare a rezervoarelor depinde, în primul rând, de rezistența la coroziune a betonului armat.

1.2. A fost elaborat materialul compozit nou care permite reducerea considerabilă a porozității și a permeabilității la lichide și, ca urmare, micșorează coroziunea betonului.

1.3. A fost argumentat teoretic și determinat sistemul acoperirii polimerice de protecție a betonului, care posedă aderență la beton, rezistență chimică, rezistență la fisurare, capacitate de absorbție și permeabilitate reduse la lichide și corespunde cerințelor igienico-sanitare de a contacta direct cu apa potabilă.

1.4. A fost optimizată compoziția lacurilor și vopselelor pentru sistemul de acoperire polimerică și studiate proprietățile lor tehnologice.

1.5. Rezultatele cercetărilor științifice și elaborărilor pentru sporirea rezistenței la coroziune și asigurarea protecției suplimentare a betonului rezervoarelor, destinate depozitării apelor potabile și industriale au fost practic implementate în elaborarea documentelor normative.

1.6. A fost elaborată tehnologia de preparare a materialului compozit și tehnologia de executare a protecției anticorosive a betonului rezervoarelor, destinate depozitării apelor potabile și industriale.

2. RECOMANDĂRI

2.1. Studii și cercetări pentru determinarea proprietăților materialului compozit și ale acoperirii polimerice elaborate pentru protecția construcțiilor din beton armat exploatate în alte condiții agresive;

2.2. Studiul modificării în timp a caracteristicilor materialului compozit și ale acoperirii polimerice elaborate;

2.3. Implementarea rezultatelor științifice în practică, supravegherea stării materialului compozit și a acoperirii polimerice, realizarea încercărilor periodice în scopul determinării termenului real de exploatare.

Principalele rezultate ale cercetărilor științifice ale tezei au fost publicate în următoarele lucrări:

1 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Material compozit autonivelant pentru realizarea straturilor orizontale ale construcțiilor de beton*. Meridian ingineresc, Chișinău, 2006, nr. 3. p. 41-44. ISSN 1683-853X. Categoria C.

2 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Optimizarea compozițiilor lacurilor și vopselelor pentru protecția betonului construcțiilor*. Meridian ingineresc, Chișinău, 2007, nr. 1. p. 55-58. ISSN 1683-853X. Categoria C.

3 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Acoperiri din lacuri și vopsele rezistente la fisurare pentru protecție anticorosivă ale rezervoarelor de beton armat din industria alimentară*. Lucrările conferinței naționale "Realizări și perspective în metalurgie". Analele Universității Dunărea de Jos" din Galați, Fascicula IX, 1998. ISSN 1453-083X.

4 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Composite Material for Waterproofing and Corrosion Protection of Reinforced Concrete Tanks for the Storage of Drinking and Industrial Water*. HBE 2014, International Symposium, Iași, România, 2014. p. 104-108. ISSN 1842-628X.

5 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Моделирование и оптимизация состава композита для замоноличивания стыков железобетонных элементов водохранилищ*. Материалы международного семинара «Компьютерное моделирование и обеспечение качества», Одесса, 1997. p.137.

6 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Оптимизация состава бетона для строительства биогазовых установок*. Моделирование в материаловедении. Материалы к 37-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, МОК'37, Одесса, 5-6 мая, 1998. p. 129.

7 PROASPĂT, E. *Оптимизация состава композита для противofильтрационной и противокоррозионной защиты бетона гидротехнических сооружений*. Моделирование в материаловедении. Материалы к 41-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, МОК'41, Одесса, 25-26 апреля, 2002. p.

8 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Гидроизоляция и противокоррозионная защита нано композициями материалов памятников искусства, истории и архитектуры*. Материалы к 46-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, Odesa, 2007, p. 117-118. ISBN 978-966-318-720-4.

9 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Обоснование норм деформаций лакокрасочных покрытий для крупногабаритных железобетонных резервуаров*. Висник ODABA, Nr. 53, Odessa, 2014. p. 328-331.

10 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Acoperiri polimerice rezistente la fisurare pentru protecția anticorozivă a construcțiilor de beton armat din industria alimentară*. Rezumatele lucrărilor Conferinței Tehnico-Științifice jubiliare “Tehnologii moderne în construcții”, Chișinău, 24-26 mai, 2000. p. 236-238;

11 PROASPĂT, E. *Material compozit pentru protecția anticorozivă a betonului construcțiilor*. Culegere de materiale științifice ale colaboratorilor FUA, Chișinău, 2002. p. 206-207;

12 RUSU, I., TVERDOHLEB, A., PROASPĂT, E. *Acoperire polimerică pentru protecția și finisarea betoanelor expuse mediului coroziv din industria alimentară*. Culegere de articole, Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului, Chișinău, 2004. p. 192-197;

13 PROASPĂT, E. *Specificul tehnologiei construcției rezervoarelor de beton armat pentru păstrarea apei potabile și tehnice*. Culegere de materiale științifice ale colaboratorilor FUA, Chișinău, 2004. p.227-229.

14 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Coroziunea armăturii din fisurile construcțiilor din beton armat la interacțiunea cu mediul lichid*. Culegere de articole, Conferința tehnico-științifică internațională "Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului", Volumul III, Chișinău. 2014. p. 153-158.

15 RUSU, I., PROASPĂT, E. *Sporirea impermeabilități betonului la lichide*. Conferința tehnico-științifică internațională "Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului", 17-19.11.2016, Volumul III, Chișinău, 2016. p. 154-158.

16 Brevet de invenție nr. 1671/Amestec de beton. Ion Rusu, Eduard Proaspăt. BOPI nr. 5/2001, p. 23-24.

ADNOTARE

Proaspăt Eduard. Teză pentru conferirea titlului științific de doctor în tehnică cu tema "Hidroizolarea și protecția anticorrosivă a betonului rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabile și industriale".

Teza de doctor în tehnică este structurată din cuprins, introducere, patru capitole, concluzii și propuneri, bibliografie cu 188 titluri bibliografice, fiind expusă pe 131 de pagini, având 46 figuri, 47 de tabele, 6 anexe. Principalele rezultate ale cercetărilor științifice sunt publicate în 15 lucrări științifice și un brevet de invenții.

Cuvinte cheie: rezervoare, beton armat, hidroizolare, protecție anticorrosivă, reparație, acoperiri polimerice.

Specialitatea: 211.02 - Materiale de construcții, elemente și edificii.

Scopul tezei: Sporirea rezistenței la coroziune a betonului rezervoarelor de beton armat, destinate depozitării apelor potabile și industriale, și asigurarea protecției lui suplimentară cu acoperiri polimerice, care să poseze aderență și rezistență la fisurare înalte, absorbție și permeabilitate reduse la lichide și care să nu influențeze calitatea apei potabile.

Sarcini: Studiarea gradului și specificului degradării corozive a betonului rezervoarelor ca urmare a acțiunilor apelor potabile și industriale; Elaborarea unui material compozit, care să permită reducerea considerabilă a porozității și a permeabilității la lichide și, ca urmare, să micșoreze considerabil coroziunea betonului; Argumentarea teoretică și determinarea sistemului acoperirii polimerice de protecție a betonului, care să poseze aderență la beton, rezistență chimică, rezistență înaltă la fisurare, capacitate de absorbție și permeabilitate reduse la lichide și să corespundă cerințelor igienico-sanitare de a contacta direct cu apa potabilă; Optimizarea compozițiilor lacurilor și vopselelor pentru sistemul de acoperiri polimerice și studierea proprietăților lor tehnologice; Elaborarea tehnologiei de executare a protecției anticorrosive a betonului rezervoarelor, destinate depozitării apelor potabile și industriale.

Noutatea și originalitatea științifică:

1 A fost elaborat un nou material pentru repararea betonului degradat al rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale;

2 A fost elaborat sistemul acoperirii polimerice pentru izolarea și protecția anticorrosivă a suprafețelor interioare ale rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale;

3 A fost acumulată informația teoretică și experimentală care poate fi folosită în vederea izolării și protecției anticorrosive a altor construcții din beton armat, exploatate în alte condiții agresive (bazine, poduri, tunele, diguri, baraje etc.).

Problema științifică: elaborarea tehnologiei de preparare a lacurilor și vopselelor, amestecurilor uscate și a tehnologiei de executare a protecției anticorrosive a betonului construcțiilor, destinate depozitării apelor potabile și industriale.

Valoarea practică: Materialul compozit și acoperirea polimerică elaborate vor asigura protecția anticorrosivă și hidroizolarea betonului rezervoarelor destinate depozitării apelor potabile și industriale.

Au fost elaborate: CP E.04.01-2001 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Instrucțiuni privind executarea hidroizolării și protecției anticorrosive cu lacuri și vopsele a suprafețelor interioare din beton ale rezervoarelor de apă potabilă și industrială; CP E.04.03-2005 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Protecția anticorrosivă a construcțiilor și instalațiilor; CP E.04.04-2005 Protecția contra acțiunilor mediului ambiant. Executarea lucrărilor de izolare, protecție și finisare în construcții; Acordul tehnic Nr. 02/04-046:2014, aprobat de Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova în 22.10.2014 referitor la materialul compozit pentru hidroizolare și reparații.

АННОТАЦИЯ

Проаспэнт Едуард. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук на тему “Гидроизоляция и антикоррозионная защита бетона резервуаров для хранения питьевой и технической воды”. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, списка литературы из 188 наименований, изложена на 131 страницах печатного текста, содержит 46 рисунков, 47 таблиц, 6 приложений. Основные результаты научных исследований опубликованы в 15 научных работах и один патент.

Ключевые слова: резервуары, железобетон, гидроизоляция, антикоррозионная защита, ремонт, лакокрасочные покрытия.

Специальность: 211.02 - Строительные материалы, элементы и здания.

Цель работы: Повышение коррозионной стойкости бетона железобетонных резервуаров, предназначенных для хранения питьевых и промышленных вод и обеспечение дополнительной его защиты полимерным покрытием, которое обладает высокой адгезией и устойчивостью к трещинообразованию, низкой абсорбцией и проницаемостью для жидкостей и не влияет на качество питьевой воды.

Задачи: изучение степени и особенностей коррозионного разрушения бетона резервуаров под действием питьевых и промышленных вод; разработка композиционного материала для ремонта разрушенного бетона резервуаров, обладающего низкой пористостью и проницаемостью для жидкостей; теоретическое обоснование и выбор системы полимерного покрытия для защиты бетона, обладающей высокой адгезией к бетону, химической стойкостью, высокой трещиностойкостью, низкой проницаемостью и отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям для непосредственного контакта с питьевой водой; оптимизация составов лаков и красок для полимерного покрытия и изучение их технологических свойств; разработка технологии выполнения антикоррозионной защиты бетона резервуаров, предназначенных для хранения питьевых и промышленных вод.

Новизна и научная оригинальность:

1 Разработан новый материал для ремонта разрушенного бетона железобетонных резервуаров, предназначенных для хранения питьевых и промышленных вод;

2 Разработана система полимерного покрытия для изоляции и защиты от коррозии внутренних поверхностей железобетонных резервуаров для хранения питьевых и промышленных вод;

3 Накоплена теоретическая и экспериментальная информация, которая может быть использована для изоляции и антикоррозионной защиты других железобетонных конструкций, эксплуатируемых в других агрессивных условиях (бассейны, мосты, туннели, плотины и др.).

Практическое значение: Композиционный материал и полимерное покрытие обеспечат надежную антикоррозионную защиту и гидроизоляцию бетона резервуаров для хранения питьевых и промышленных вод.

Разработаны: СР Е.04.01-2001 Защита от воздействия окружающей среды. Инструкции по выполнению гидроизоляции и антикоррозионной защиты лаками и красками внутренних бетонных поверхностей железобетонных резервуаров для хранения питьевых и промышленных вод; СР Е.04.03-2005 Защита от воздействия окружающей среды. Коррозионная защита зданий и сооружений; СР Е.04.04-2005 Защита от воздействия окружающей среды. Выполнение изоляционных, защитных и отделочных работ в строительстве; Техническое соглашение композитного материала для гидроизоляции и ремонта разрушенного бетона № 02/04-046:2014, утвержденное Министерством Регионального Развития и Строительства Республики Молдова 22.10.2014.

ANNOTATION

Proaspăt Eduard. Waterproofing and corrosion protection of concrete for storage of drinking and industrial waters, dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences.

The thesis consists of an introduction, seven chapters, conclusions and recommendations, bibliography of 139 titles, has 225 pages of the printed text, and contains 81 figures, 9 tables. The main results of the scientific investigation are published in 17 scientific papers.

Keywords: tanks, reinforced concrete, waterproofing, anticorrosion protection, repair.

Specialty: Construction materials, elements and edifices.

Objective: Enhancement of corrosion resistance of concrete in reinforced concrete tanks for the storage of drinking and industrial waters and the provision of its additional protection with polymeric coatings which possess adhesion and resistance to high cracking, absorption and low permeability to liquids and which do not influence the quality of water drinking.

Tasks: Studying the degree and specificity of corrosive degradation of concrete in tanks as a result of the actions of drinking and industrial waters; Elaboration of a composite material that allows considerable reduction of porosity and permeability to liquids and consequently greatly diminishes the corrosion of concrete; Theoretical argumentation and determination of the polymer concrete protection coating system with concrete adhesion, chemical resistance, high resistance to cracking, absorption capacity and low permeability to liquids and meeting the hygienic and sanitary requirements to contact directly drinking water; Optimizing lacquer and paint compositions for the polymer coating system and studying their technological properties; Elaboration of the technology for the anticorrosive protection of the concrete of the tanks, meant for the storage of drinking and industrial waters.

Scientific novelty and originality:

1 A new material has been developed for repairing the degraded concrete of the tanks for the storage of drinking and industrial waters;

2 The polymer coating system for the isolation and anti-corrosion protection of the inner surfaces of the tanks for the storage of drinking and industrial waters;

3 The theoretical and experimental information that can be used for the isolation and anti-corrosion protection of other reinforced concrete constructions exploited under other aggressive conditions (basins, bridges, tunnels, dams, dams, etc.) has been accumulated.

Scientific problem: development of technology for the preparation of paints and varnishes, dry mixes and technology for the implementation of the anticorrosive protection of building concrete, for the storage of drinking and industrial waters.

Practical importance: The composite material and elaborate polymer coating will provide anticorrosive protection and waterproofing of the concrete reservoirs for the storage of drinking and industrial waters.

There elaborated: CP E.04.01-2001 Protection against environmental actions. Instructions for the execution of the waterproofing and anti-corrosion protection with varnishes and paints of the concrete interior surfaces of the drinking and industrial water tanks; CP E.04.03-2005 Protection against environmental actions. Corrosion protection of buildings and installations; CP E.04.04-2005 Protection against environmental actions. Execution of insulation, protection and finishing works in constructions; Technical Agreement Nr. 02/04-046:2014, approved by the Ministry of Regional Development and Constructions of the Republic of Moldova on 22.10.2014 regarding the composite material for waterproofing and repairs.

PROASPĂT EDUARD

**HIDROIZOLAREA ȘI PROTECȚIA ANTICOROSIVĂ A
BETONULUI REZERVOARELOR PENTRU DEPOZITAREA
APELOR POTABILE ȘI INDUSTRIALE**

211.02 Materiale de construcții, elemente și edificii

Autoreferatul tezei de doctor în tehnică

Aprobat spre tipar 17.09.2018
Hârtie ofset. Tipar RISO
Coli de tipar 1.75

Formatul hârtiei 60x84 1/16
Tirajul 50 ex.
Comanda nr. 73

UTM, 2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168
Editura "Tehnica-UTM"
2068, Chișinău, str. Studenților, 9/9