

Cu titlu de manuscris

CZU 691.328.1:620.19 (043.2)

PROASPĂT EDUARD

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

211.02 - Materiale de construcții, elemente și edificii

Teza de doctor în tehnică

Conducător științific:

Rusu Ion, doctor habilitat în tehnică,
profesor universitar

Autor:

Proaspăt Eduard

© PROASPĂT Eduard, 2018

CUPRINS

| | |
|--|----|
| INTRODUCERE | 8 |
| 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND HIDROIZOLAREA ȘI PROTECȚIA ANTICOROSIVĂ A REZERVOARELOR PENTRU DEPOZITAREA APELOR POTABILĂ ȘI TEHNICĂ, SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE | 12 |
| 1.1 Coroziunea betonului sub acțiunea apelor potabilă și tehnică | 12 |
| 1.2 Dependența infiltrării apei prin beton în funcție de proprietățile lui, acțiunea forțelor statice și dinamice | 14 |
| 1.3 Cerințele specifice către rezervoarele de beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică | 18 |
| 1.4 Rezultatele examinării stării actuale privind hidroizolarea și protecția anticorrosivă a suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării diferitor lichide | 21 |
| 1.5 Metodele contemporane de sporire a rezistenței la coroziune și asigurării hidroizolării construcțiilor de beton armat | 33 |
| 1.6 Concluzii, scopul și obiectivele cercetărilor științifice | 56 |
| 2 METODELE ÎNDEPLINIRII CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE ȘI CARACTERISTICA MATERIILOR PRIME PENTRU SPORIREA VIABILITĂȚII REZERVOARELOR DE BETON ARMAT, DESTINATE PĂSTRĂRII APELOR POTABILĂ ȘI TEHNICĂ | 58 |
| 2.1 Metodele îndeplinirii cercetărilor științifice | 58 |
| 2.1.1 Metodele de cercetare a coroziunii betonului în rezultatul infiltrării apei prin el | 58 |
| 2.1.2 Metodele de cercetare a structurii și proprietăților fizico-mecanice ale betonului exploatat în condițiile infiltrării prin el a apei | 66 |
| 2.1.3 Metodele cercetării proprietăților hidroizolante a materialelor, utilizate pentru protecția betonului | 71 |
| 2.1.4 Metodele îndeplinirii cercetărilor organoleptice și igienico-sanitare a apei potabile păstrate în rezervoarele cu suprafețele interioare izolate cu acoperirea polimerică elaborată | 75 |
| 2.2 Cerințe către materialele utilizate pentru hidroizolarea și protecția betonului rezervoarelor. | 76 |
| 2.2.1 Cerințe către agregatele, materialele liante, aditivi și adaosuri pentru beton | 76 |
| 2.2.2 Cerințe către materialele utilizate pentru hidroizolarea suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării apelor potabilă și tehnică | 79 |

| | |
|---|------------|
| 3 ELABORAREA COMPONENTEI MATERIALULUI COMPOZIT ȘI CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR LUI DUPĂ EXPOZIȚIA ÎN CONTACT CU APA | 81 |
| 3.1 Studiarea influenței apei asupra proprietăților fizico-mecanice ale materialului compozit și optimizarea componentei lui | 81 |
| 3.2 Studiarea rezistenței la coroziune a materialului compozit | 88 |
| 3.3 Studiarea influenței structurii materialului compozit asupra rezistenței lui la coroziune și proprietăților fizico-mecanice | 93 |
| 3.4 Concluzii | 106 |
| 4 ELABORAREA ȘI STUDIAREA SISTEMULUI ACOPERIRII POLIMERICE, APLICAȚII PRACTICE ALE REZULTATELOR CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE .. | 107 |
| 4.1 Elaborarea și optimizarea compoziției acoperirii polimerice hidroizolatoare | 107 |
| 4.2 Determinarea proprietăților fizico-mecanice ale acoperirii polimerice hidroizolatoare ... | 108 |
| 4.3 Studiarea rezistenței la coroziune a betonului protejat de acoperirea polimerică elaborată. | 120 |
| 4.4 Studiarea proprietăților organoleptice și igienico-sanitare ale acoperirii polimerice elaborate..... | 121 |
| 4.5 Elaborarea tehnologiei îndeplinirii hidroizolării și protecției de coroziune a rezervoarelor, rezultatele încercărilor în condiții practice | 123 |
| 4.6 Concluzii | 134 |
| 5 CONCLUZII GENERALE | 135 |
| 6 BIBLIOGRAFIE | 137 |
| Anexa 1. Caracteristica materialelor noi și tradiționale folosite pentru protecție anticorozivă și hidroizolare | 148 |
| Anexa 2. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 14 zile.... | 155 |
| Anexa 3. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 21 zile.... | 162 |
| Anexa 4. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 28 zile.... | 168 |
| Anexa 5. Proprietățile organoleptice ale materialului compozit și acoperirii polimerice..... | 174 |
| Anexa 6. Valoarea practică..... | 175 |
| Declarația privind asumarea răspunderii | 182 |
| Curriculum vitae | 183 |

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 posede 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 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; 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 странице 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 Nr. 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 Doctor degree 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: reservoirs, reinforced concrete, waterproofing, anticorrosion protection, repair, paint and varnish coatings.

Specialty: Construction materials, elements and edifices.

Objective: Increase of corrosion resistance of concrete of reinforced concrete tanks intended for storage of drinking and industrial waters and providing its additional protection with a polymer coating that has high adhesion and resistance to cracking, low absorption and permeability for liquids and which do not affect the quality of drinking water.

Tasks: Research the extent and characteristics of corrosive destruction of concrete tanks under the action of drinking and industrial waters; Development of a composite material for the repair of destroyed concrete of reservoirs, which has a low porosity and permeability for liquids; Theoretical justification and choice of the polymer coating system for the protection of concrete with high adhesion to concrete, chemical resistance, high crack resistance, low permeability, which meets all the sanitary and hygienic requirements for direct contact with drinking water; Optimization of the compositions of varnishes and paints for polymer coating and the study of their technological properties; development of technology for performing anticorrosive concrete protection of reservoirs intended for storage of drinking and industrial waters.

Novelty and scientific originality:

1 A new material for the repair of destroyed concrete of reinforced concrete tanks intended for storage of drinking and industrial waters has been developed;

2 A polymer coating system for insulation and protection against corrosion of the internal surfaces of reinforced concrete tanks for storage of drinking and industrial waters has been developed;

3 Theoretical and experimental information, which can be used for the isolation and corrosion protection of other reinforced concrete structures operated in other aggressive conditions (basins, bridges, tunnels, 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 concrete structures for the storage of drinking and industrial waters.

Practical importance: Composite material and polymer coating will provide reliable anticorrosive protection and waterproofing of concrete tanks for 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 anticorrosive protection with varnishes and paints of the concrete interior surfaces of tanks for storage of drinking and industrial waters; 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 Approval on a composite material for waterproofing and repairing destroyed concrete Nr. 02/04-046:2014, approved by the Ministry of Regional Development and Constructions of the Republic of Moldova on October 22, 2014.

INTRODUCERE

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

Necătând la multe caracteristici pozitive, rezervoarele de beton armat nu pot fi exploatate fără protecția suprafețelor 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 hidroxidul de calciu, formând hidroxidul de calciu.

Acoperirile pe baza parafinei, de rășini epoxidică și vinilică, folosite până în prezent pentru protecția anticorosivă ale rezervoarelor de beton și beton armat nu satisfac cerințelor de rezistență la fisurare și, astfel nu asigură o protecție fiabilă. Observațiile efectuate și practica exploatărilor au determinat că peste (1...3) ani aceste acoperiri se distrug [43,139,154,155].

Lipsa acoperirilor de durabilitate privind protecția anticorosivă a rezervoarelor de beton și 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 numai cu considerarea rezistențelor lor chimice și adeziunii înalte primare nu este întocmai corectă și fundamentată.

Cercetările au determinat, că în procesul de exploatare se petrece reducerea proprietăților de protecție a acoperirilor cu desprinderea lor ulterioară. Aceasta este cauzată de micșorarea adeziunii acoperirii către suprafața protejată în rezultatul apariției apei în faza beton-acoperire, distrugerea corozivă a betonului datorită filtrării apei prin el și rezistența la fisurare redusă a acoperirii [33,34,41 p.104].

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 efective de protecție. Elaborarea acoperirilor cu proprietăți necesare este complicată și prin conținutul foarte redus de materiale privind prepararea peliculelor, igienic admise în contactul cu apa potabilă și produsele alimentare [38,40 p.55].

Reieșind din cele expuse mai sus și luând în considerație agresivitatea mediilor apoase tehnice către construcțiile de beton și beton armat, particularitățile acestora, de asemenea cerințele înalte privind fiabilitatea rezervoarelor, adeziunii, proprietăți anticorosive și durabilitatea acoperirilor a fost propusă ipoteza asigurării infiltrării protecției anticorosive sigure

a betonului rezervoarelor pentru regiile de asigurare cu apă potabilă, prin elaborarea unui material compozit hidroizolant în complex cu acoperire și asigurarea proprietăților înalte de protecție datorită majorării adeziunii, rezistenței la fisurare, rezistenței chimice și micșorarea permeabilității [33,47].

În conformitate cu cele descrise mai sus scopul lucrării este elaborarea unui beton hidroizolant și a acoperirii din lacuri și vopsele pentru protecția anticorrosivă a suprafeței interioare a rezervoarelor de beton și beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică care posedă impermeabilitate maximă, rezistență chimică și rezistență la fisurare, inertitate la produsele de păstrare.

Datele lucrărilor îndeplinite au permis de a înainta la susținere:

- rezultatele cercetărilor stării rezervoarelor de beton și beton armat după exploatarea îndelungată în contact cu apele potabilă și tehnică;
- compoziția și proprietățile tehnologice ale materialului compozit hidroizolant și conținutul de adaosuri utilizate pentru materialul hidroizolant;
- compoziția și proprietățile tehnologice ale materialelor de lacuri și vopsele și sistemul de acoperiri pe baza lor;
- datele cercetării proprietăților fizico-mecanice ale materialului hidroizolant după contactul cu mediile apoase;
- datele cercetării proprietăților fizico-mecanice ale acoperirii de lacuri și vopsele în complex cu materialul hidroizolant după contactul cu mediile apoase;
- datele cercetării proprietăților de protecție ale acoperirii de lacuri și vopsele în complex cu materialul hidroizolant compozit;
- datele cercetărilor sanitaro-chimice după contactul cu acoperirile de lacuri și vopsele;
- indicii tehnologiei de producere ai materialului compozit;
- indicii tehnologiei de producere ale materialelor de lacuri și vopsele și aplicarea acoperirii complexe pe baza lor.

Inovația științifică a lucrării constă în faptul că a fost elaborat un material compozit cu conținut optim de adaosuri colmatant, polimeric și plastifiant și o acoperire complexă, luând în considerație proprietățile specifice ale betonului și condițiile de exploatare ale rezervoarelor de beton și beton armat la depozitarea apelor potabilă, tehnică și altor produse.

Materialul compozit hidroizolant, datorită adaosurilor folosite, posedă impermeabilitate la apele potabilă și tehnică - fiabilitate majorată, absorbție mică de apă - după contactul îndelungat cu apa absorbția se micșorează, adeziune la beton, rezistență la încovoiere și compresiune înaltă.

Acoperirea de lacuri și vopsele posedă proprietăți mecanice înalte și stabilitate chimică, de altfel și rezistență la fisurare înaltă și calități sanitaro-igienice necesare.

A fost cercetată acțiunea diferitor adaosuri la proprietățile materialului compozit hidroizolant, optimizarea compoziției și obținerea unui material cu proprietățile necesare după experimentul tri-factorial după planul optim D. S-a determinat dependența între rezistența la fisurare a acoperirii de lacuri și vopsele, numărul de straturi ale acoperirii 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 bentonitei și al polimerului.

În calitate de material pentru substrat s-a utilizat lacul de polietilenă clorsulfurată, iar pentru straturile superioare au fost folosite emailuri pe bază de rășini epoxidice, vinilice și fluoroplastice, posedând stabilitate chimică și corespunzând cerințelor sanitaro-igienice.

Veridicitatea rezultatelor și concluziilor îndeplinite a fost asigurată de concepția corectă a îndeplinirii cercetărilor cu utilizarea metodelor moderne de încercări fizico-mecanice, fizico-chimice, sanitaro-chimice, utilizarea planificării matematice al experimentului cu prelucrarea statistică ale rezultatelor, de asemenea de rezultatele încercărilor experimentale și industriale și exploatarea în practică ale rezervoarelor de beton și beton armat.

Eficacitatea rezultatelor încercărilor constă în faptul că s-a elaborat materialul compozit hidroizolant care poate fi utilizat la etanșarea rosturilor dintre elementele de beton și beton armat și nu numai pentru rezervoarele de beton și beton armat, dar și pentru toate construcțiile hidrotehnice, de asemenea pentru prepararea acestor elemente și elaborarea acoperirii de lacuri și vopsele predestinată protecției anticorrosive a rezervoarelor de beton și beton armat în acțiune cât și a celor aflate în stadiul de proiectare.

Acoperirea de lacuri și vopsele a fost admisă de către Centrul Epidemiologico-sanitar al Republicii Moldova pentru a contacta direct cu apa potabilă. Rezervoarele de beton și beton armat, protejate cu această acoperire de lacuri și vopsele pot fi exploatate în sistemul de aprovizionare cu apă potabilă și tehnică și pentru epurarea apelor. Realizarea rezultatelor în practică constă în posibilitatea menținerii și, evident, posibilitatea exploatării a apelor potabilă și tehnică în rezervoarele de beton și beton armat și protecției anticorrosive a acestora de către materialele elaborate la regiile urbane și la diferite întreprinderi.

Datele generale 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, Chişinău, 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;

- Conferinţa Tehnico-Ştiinţifică jubiliară “Tehnologii moderne în construcţii”, Chişinău, 24-26 mai, 2000;

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

- ”Realizări şi perspective în metalurgie”. Analele Universităţii Dunărea de Jos” din Galaţi, Fascicula IX, 1998;

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

şi s-au discutat la şedinţa din 22 iunie 2017 a Seminarului Ştiinţific de Profil, 135.02 – Mecanica corpului solid, 211.02 – Materiale de construcţii, elemente şi edificii din cadrul Universităţii Tehnice a Moldovei.

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

I STADIUL ACTUAL PRIVIND HIDROIZOLAREA ȘI PROTECȚIA ANTICOROSIVĂ A REZERVOARELOR PENTRU DEPOZITAREA APELOR POTABILĂ ȘI TEHNICĂ, SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE

1.1 Coroziunea betonului sub acțiunea apelor potabilă și tehnică.

Rezervoarele de beton și beton armat ale sistemelor de aprovizionare cu ape potabilă și tehnică în procesul exploatării se distrug intensiv. Această distrugere ale rezervoarelor de beton și beton armat are loc, în general, în rezultatul filtrării apei prin beton, dizolvării și eliminării din el a compușilor lui.

Practic, majoritatea construcțiilor de beton și beton armat în procesul de exploatare sunt supuse acțiunii mediilor agresive lichide, solide sau gazoase care, conform clasificării actuale [17,97,98,171], provoacă următoarele tipuri de coroziune: de levigare, chimică, fizică și fizico-chimică.

Coroziunea de levigare (coroziunea de tipul I) [10,18,32] este cauzată de acțiunea apei cu o duritate temporară mică. Acest tip de coroziune decurge în temei în rezultatul filtrării apei prin beton și poate fi atribuită apei moi care intră în contact cu suprafața exterioară a betonului. În asemenea cazuri viteza de coroziune a betonului este direct proporțională cu viteza de dizolvare și de levigare a Ca(OH)_2 din beton.

Coroziunea de tipul I, de regulă, nu atinge proporții excesive decât atunci când agresivitatea apei este mare și când există posibilitatea de schimbare a volumului de apă. Acest tip de coroziune este mai pronunțat la betoanele poroase.

Coroziunea chimică a betonului (coroziunea de tipul II) este condiționată de interacțiunea compușilor pietrei de ciment cu acizi, săruri solubile, diferiți compuși organici, precum și cu toate gazele agresive dar numai în prezența apei [109].

Coroziunea fizică a betonului (coroziunea de tipul III) are loc din cauza înghețării și dezghețării succesive a apei în beton, uscării și umezirii succesive, depunerilor de săruri solubile în porii betonului, deformărilor de contracție și dilatare termică a materialului, a altor acțiuni fizice [50].

Coroziunea de tipul II și tipul III în marea majoritate a cazurilor decurge concomitent. În așa caz are loc coroziunea fizico-chimică a betonului cauzată de distrugerea componentelor pietrei de ciment, ca rezultat al acțiunii factorilor fizici și chimici, precum și în urma efectelor osmotice și de contracție [33, 44].

În cazul rezervoarelor de beton armat pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică din cauza filtrării apei prin beton are loc dizolvarea și eliminarea din el a compușilor betonului și în primul rând a hidroxidului de calciu Ca(OH)_2 .

Normele de construcție [46] clasifică mediile agresive conform puterii lor de acțiune asupra construcțiilor nemetalice și recomandă pentru betoanele acestora lianți și agregate rezistente la acțiunea acestor medii, diferite adaosuri pentru sporirea densității și stabilității chimice, iar la exploatarea construcțiilor în medii înalt agresive - utilizarea acoperirilor de protecție corespunzătoare (lacuri și vopsele, pelicule, căptușirea cu plăci ceramice, polimeri etc).

Atunci, când pentru protecția anticorrosivă se recomandă utilizarea acoperirilor polimerice, este necesar de a cunoaște mecanismul de interacțiune al mediului lichid cu betonul obișnuit și acoperirile, utilizate pentru protecția lui, și evaluarea stabilității la acțiunea asupra lor a apelor potabilă și tehnică.

Durabilitatea rezervoarelor de beton și beton armat, exploatate în condițiile de acțiune ale apelor potabilă și tehnică, depinde de posibilitatea de filtrare a ultimilor prin beton și gradul de agresivitate a lor către beton. După compoziția chimică apele potabilă și tehnică se deosebesc și, deci este diferit și gradul de agresivitate a lor.

Coroziunea betonului rezervoarelor pentru depozitarea apei tehnice poate fi cauzată de conținutul în ea a unor săruri, cum ar fi NaCl. Soluțiile de NaCl și Na₂CO₃ sunt des utilizate la salubritatea încăperilor diferitor întreprinderi [66]. La impregnarea soluției de NaCl în beton se petrece coroziunea fizică a acestuia [146]. Indicele vizibil al acestui tip de coroziune este apariția fisurilor în elementele de beton și beton armat. În acest caz coroziunea este efectuată de către presiunea cristalelor care atinge valoarea de până la 0,27 MPa și este condiționată de sedimentarea în goluri și pori a sărurilor la umezirea și uscarea repetată a betonului [99].

De altfel, ionii de Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ etc. măresc solubilitatea lui Ca(OH)₂ [158], care este regulatorul general în sistemul piatra de ciment - apă. Cantitatea de Ca(OH)₂ în piatra de ciment Portland constituie după o lună de întărire (9... 11)%, după trei luni atinge mărimea de 15% de la masa cimentului [174], iar solubilitatea sa în apa distilată la temperatura de 20°C constituie 1,18 g/l recalculată pentru CaO [158].

Posedând solubilitate, Ca (OH)₂ este treptat dizolvat la acțiunea apei levigate asupra betonului și treptat din el se spală Ca (OH)₂ [97,98,100,171].

Solubilitatea hidrosilicaților de tipul CSH(B), C₃S₂H₃, hidroalumiinaților C₄AH₃, C₃AH₁₂, C₃AH₆ și a altor compuși ai calciului este cu mult mai mică. De aceea, în rezultatul filtrării apei prin piatra de ciment a betonului, inițial se dizolvă și se levighează de către apă Ca(OH)₂, și ca rezultat se distruge structura, se micșorează densitatea și rezistența mecanică.

La micșorarea concentrației lui Ca(OH)₂ (mai puțin de 1080 mg/l recalculată pentru CaO) se începe hidroliza compusului C₄AH₁₃.

La micșorarea ulterioară a concentrației lui $\text{Ca}(\text{OH})_2$ în lichidul din pori (până la 560 mg/l recalculat pentru CaO) și finalizarea hidrolizei compușilor deja enunțați se începe distrugerea lui C_3AH_{12} , C_3AH_6 și trecerea lor în C_2AH_2 care, la rândul său, se hidrolizează când concentrația lui $\text{Ca}(\text{OH})_2$ devine mai mică de 360 mg/l (recalculată pentru CaO).

În același mod se descompun și ferii hidrați ai calciului – $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ [99,159,171].

Mai stabili sunt hidrosilicații de calciu de tipul CSH(B), descompunerea cărora se observă la concentrarea de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mai joasă de 60 mg/l (recalculată pentru CaO). Dar, preventiv acestei faze, piatra de ciment și, evident, betonul își pierde rezistențele mecanice și se distruge.

Paralel procesului coroziunii chimice se petrece și coroziunea fizică.

La dezvoltarea coroziunii fizice în structura elementelor de beton și beton armat și alte materiale poroase, apar, în general tensiuni de întindere în rezultatul cărora și de asemenea la acțiunea forțelor exterioare, rezistența întinderii se reduce. Deoarece betonul posedă rezistență la întindere mult mai mică decât la compresiune el mai greu se opune dezvoltării coroziunii fizice și distrugerea sa survine mai rapid. Deci, procesele coroziunii chimice și fizice caracterizează în mod specific distrugerea pietrei de ciment și a betonului în rezultatul păstrării apelor potabilă și tehnică în rezervoare.

Astfel, datorită particularităților rezervoarelor din elemente de beton și beton armat - rosturi monolitizate, hidroizolate etc., în acestea din urmă, la scurt timp de la exploatare, apar fisuri care depășesc după mărimea de deschidere a lor prevederile documentelor normative actuale privind construcțiile exploatare în condiții de maximă umiditate [45, p. 154].

1.2 Dependența infiltrării apei prin beton în funcție de proprietățile lui, acțiunea forțelor statice și dinamice.

Structura betonului obișnuit este determinată de existența în ea a unei rețele de pori (de gel, capilari, sedimentari) de diferite forme (închiși și deschiși) și dimensiuni, goluri și fisuri. Practic toate lichidele au tendința de a se filtra prin materialele cu structură poroasă indiferent de tipul lor. Apele potabilă și tehnică de asemenea au tendința de a se filtra prin materialele cu structură poroasă, cum de altfel este betonul. Betonul face parte din materialele cu porozitate înaltă. În acest mod, apa infiltrată în structura betonului, pătrunde prin pori și capilare, dizolvând în același timp substanțele solubile din compoziția betonului. Din această cauză majoritatea accidentelor care au loc în procesul de exploatare a rezervoarelor regiilor de asigurare cu apă potabilă și de evacuare și reciclare a apelor tehnice sunt cauzate în primul rând de infiltrarea umidității prin structura betonului.

De rând cu porozitatea internă, suprafața betonului este caracterizată de porozitate deschisă care se formează în rezultatul fasonării articolelor de beton și beton armat fie în condiții de uzină sau de șantier, adică pentru articole prefabricate sau din beton monolit. Structura internă poroasă a betonului și rețeaua de fisuri este cauza care permite pătrunderea umidității prin el.

În dependență directă de porozitatea betonului este densitatea sa. Cu cât densitatea betonului este mai mare cu atât materialul are posibilitatea de a limita pătrunderea umidității prin structura sa. Betonul greu are densitatea aparentă de 2300...2500 kg/m³. Volumul mare al porilor interni și de suprafață se datorează, în mare parte, proceselor care au loc în timpul întăririi betonului, adică la eliminarea apei fizic legate, care nu participă la procesul de hidratare a cimentului. Porii și cavitățile formate, în rezultatul evaporării apei, pe suprafața betonului complică procesul de izolare și protecție a suprafeței acestuia cu materiale anticorozive [13,14,39].

Betonul posedă proprietăți de bază, de aceea la depozitarea apelor tehnică și potabilă se dezvoltă intens coroziunea de levigare a betonului. Fiind supus coroziunii sub acțiunea mediilor apoase, structura betonului se distruge, formându-se pori și fisuri care, în rezultat, conduc la mărirea filtrării mediilor lichide prin structura sa.

Rezistența mecanică a betonului este una din caracteristicile principale pentru rezervoarele de beton armat, folosite pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică. Presiunea mediilor apoase din interior influențează în mod direct asupra rezistenței pereților din beton și beton armat. Betonul posedă rezistență înaltă la compresiune, iar rezistența la încovoiere este comparativ de circa 10 ori mai mică. Pereții verticali ai rezervoarelor sub acțiunea apei sunt supuși încovoierei. Astfel, atât presiunea apei cât și a solului pot conduce, în cazul rezistenței la încovoiere a betonului insuficiente, la formarea în pereții rezervoarelor a fisurilor. În rezultat prin pereții rezervoarelor au loc pierderi enorme de lichide și distrugerea betonului rezervoarelor cu incapacitatea de a fi exploatate.

Concomitent, presiunea hidraulică, adică presiunea masei proprii a lichidelor care sunt păstrate în rezervoarele de beton armat, influențează la permeabilitatea structurii betonului rezervoarelor de beton armat prin filtrarea în timp prin beton a lichidelor.

Este evident că betonul și betonul armat obișnuit nu posedă caracteristici satisfăcătoare pentru a fi utilizat în calitate de material de sine-stătător pentru executarea rezervoarelor din beton armat, destinate pentru depozitarea lichidelor, inclusiv a apelor potabilă și tehnică. De aceea este necesar de a modifica caracteristicile betonului pentru a limita la maxim infiltrarea apei prin el și a mări rezistența lui la coroziune. În același timp din cauza că betonul totuși va poseda o anumită porozitate și datorită presiunii înalte a apei ea se va infiltra prin pereții rezervoarelor și în așa caz este necesar ca suprafețe interioare ale rezervoarelor să fie izolate și protejate suplimentar cu o

acoperire. De altfel, după cum s-a menționat, executarea rezervoarelor din alte materiale va necesita resurse financiare mult mai mari, însă majoritatea problemelor tehnice cum ar fi rigiditatea, rezistența la fisurare, durabilitatea vor rămâne nerezolvate, nemicșorând infiltrarea apelor prin beton.

Timp de 10 ani în anii 60-70 ai secolului trecut au fost construite în termeni reduși un număr mare de stații de epurare mari. În primul rând, eficacitatea construcției era cercetată din punctul de vedere al gradului de prefabricare [66].

Conform seriei 3.900-2 aerotencurile se proiectează prefabricate-monolit. Din beton monolit se execută fundul aerotencului (grosimea de 120-200 mm), de asemenea sectoarele de colț a pereților. Fundul construcțiilor nu mari (în lungime de până la 20 m) se execută prin betonare continuă, iar ale suprafețelor mari – cu cargouri separate. Condiția dată este una din cele mai principale – în caz contrar se formează scurgeri. Din prefabricate se construiesc pereții și pereții intermediari. Sunt prevăzute locașuri pentru instalarea pereților și pereților intermediari prefabricați.

Durabilitatea construcțiilor din elemente de beton armat, exploatate în așa condiții și în temei a celor exploatate în zone seismice, în mare măsură depinde de fiabilitatea monolitizării elementelor de beton armat în noduri. Această problemă este destul de importantă pentru multe construcții speciale (poduri, tuneluri, treceri subterane și supraterane pentru pietoni etc.), edificii și instalații industriale, clădiri cu multe nivele etc. Tendința actuală de construire a multor clădiri (administrative, sociale, de locuit) cu multe nivele face această problemă mult mai actuală. Până în prezent monolitizarea elementelor de beton armat în noduri, reabilitarea și consolidarea construcțiilor se îndeplinea, de regulă, cu beton greu obișnuit, care nu asigură pe deplin cerințele impuse de condițiile de exploatare (o anumită aderență la betonul articolelor de construcții, rezistență la întindere, răsucire, forfecare etc.).

În ultimii ani s-a dezvoltat brusc producerea diferitor adaosuri (minerale, organice, organominerale, în formă de lichide, pulberi, armături polimerice, fibre sintetice etc.), care pot permite modificarea proprietăților betoanelor și mortarelor în conformitate cu cerințele impuse de condițiile de exploatare [59,101,111,165].

Până în prezent în Republica Moldova cercetări științifice privind elaborarea și optimizarea materialelor pentru monolitizarea elementelor de beton armat în noduri, rosturi, reabilitarea și consolidarea construcțiilor practic nu au fost îndeplinite [41,p.104].

Condițiile actuale privind cerințele înaintate referitor la durabilitatea construcțiilor, calitatea lor, limitarea la minim a riscului în procesul de exploatare, inclusiv în condiții extreme, necesită elaborarea și folosirea în acest scop a materialelor noi cu caracteristici performante.

În statele industrial dezvoltate, nodurile construcțiilor din beton armat se monolitizează cu diferite materiale compoziționale [6,7,8,9,175]. Însă rezultatele cercetărilor științifice, îndeplinite în alte state, nu pot fi preluate și aplicate integral la monolitizarea nodurilor, refacerea și consolidarea construcțiilor exploatate în condițiile Republicii Moldova, deoarece ele se exploatează în condiții seismice, climaterice, geologice etc., specifice pentru această zonă. În acest scop au fost îndeplinite cercetări științifice suplimentare și optimizată compoziția unui material, care poate fi folosit pentru monolitizarea elemente de beton armat în noduri, reabilitarea și consolidarea construcțiilor deteriorate.

Construirea rezervoarelor nu din beton monolit era condiționat de următoarele cauze principale: costul înalt, volumul de material înglobat și volumul de muncă a executării construcțiilor monolite, necesitatea executării cofrajelor mari și complexe, schelelor și a platformelor schelelor; operații complexe de instalare a armăturii, turnarea și compactarea amestecului de beton; impermeabilitatea, rezistența la îngheț mică etc.; pentru îmbunătățirea calității lucrărilor sunt necesare operații suplimentare: torcretarea, drișcuirea, sclivisirea construcțiilor; complicația lucrărilor în timp de iarnă [42,133,134,135].

Conform autorilor [102] la construcția și exploatarea rezervoarelor din beton armat ale stațiilor de epurare care sunt cu protecție anticorosivă, trebuie să fie executate din beton monolit, clasa la impermeabilitate minimum W8 prin betonare continuă; la betonare să se excludă formarea rosturilor de execuție; este necesar de prevăzut o înclinare a suprafeței interne minimum de 1/20 de la înălțimea a pereților rezervoarelor cu înălțimea peste 4 m; la acțiunea apelor subterane agresive este necesară hidroizolarea exterioară; pentru controlul posibilelor scurgeri este indicat executarea puțurilor de vizitare (minimum două); pentru excluderea înghețării și a deformării acoperirii de protecție și a construcției situată peste nivelul solului trebuie să fie efectuate măsurile corespunzătoare, spre exemplu, îndiguirea; este necesar de a asigura rigiditatea, stabilitatea construcției în condițiile exploatării și etanșeității îmbinărilor și rosturilor construcțiilor din prefabricate.

Aerotencurile tip sunt exemplu de proiectare a rezervoarelor deschise. Schema constructivă a elementelor și pieselor prefabricate unificate ale rezervoarelor deschise de tip coridor cu utilizarea panourilor de tip consolă este dată în figura 1.1 [63].

Reieșind din particularitățile betonului, specificul rezervoarelor, asamblate din elemente prefabricate, conținutul chimic al apelor industriale, condițiile de exploatare a rezervoarelor, soluția optimală de protecție a lor este izolarea suprafețelor lor interioare cu acoperiri polimerice, corespunzătoare acestor condiții de exploatare.

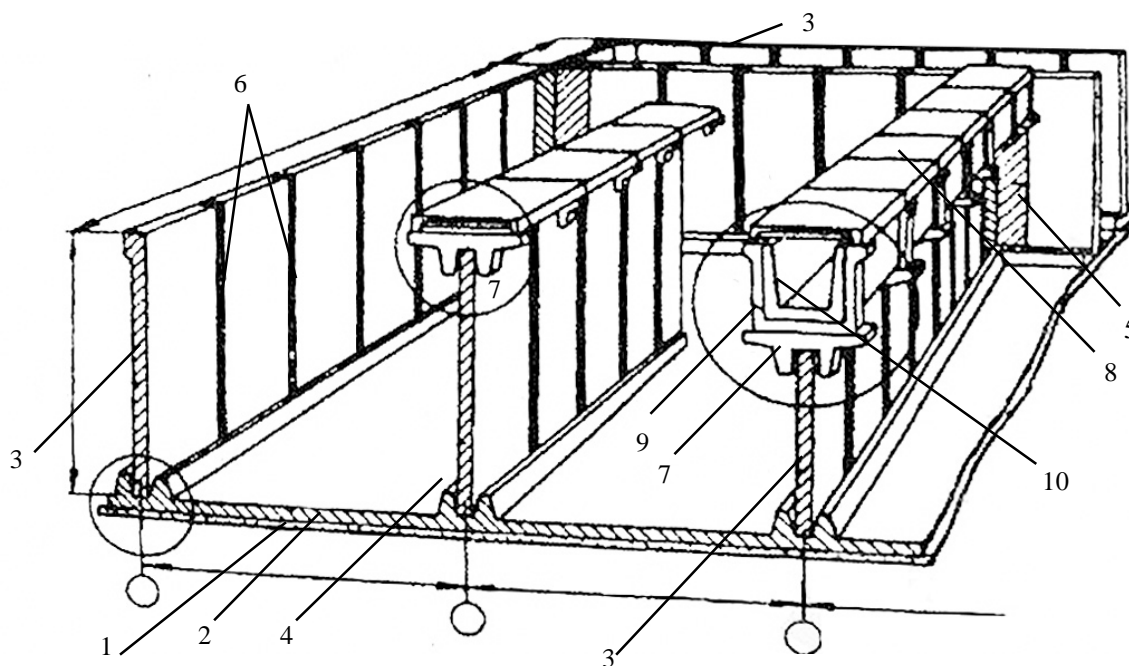


Fig. 1.1. Aerotenc prefabricat de tip coridor constituit din panouri unificate:

1 – piatră spartă îndesată în sol; 2 – pat din beton; 3 – hidroizolare cu bitum cald; 4 – șapă de ciment; 5 – parte sedentară monolit; 6 – strat de tencuire-torcet; 7 – talpă cu locaș pentru instalarea panourilor de perete; 8 – umplerea inversă a timpanului; 9 – panouri de perete; 10 – plăcile podețelor.

1.3 Cerințele specifice către rezervoarele de beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică

Conform prevederilor documentelor normative în vigoare și recomandărilor bibliografice privind protecția anticorrosivă a betonului, construcțiile de beton destinate izolării și protecției anticorrosive prin aplicarea acoperirilor polimerice trebuie să corespundă următoarelor cerințe [31,46,109]:

- limita de rezistență la compresiune a stratului superficial al betonului – de minim 15 MPa;
- rugozitatea – de maxim 2 mm;
- cantitatea cavitațiilor și adânciturilor – de maxim 2% pe suprafață la adâncimea de maxim 2 mm;
- porozitatea de suprafață – de maxim 5%, iar umiditatea de suprafață – de maxim 4% în masă;
- fisuri, stratificări, știrbituri, pete uleioase, umflături nu se admit.

Acoperirile polimerice pentru protecția anticorrosivă a betonului construcțiilor exploatate în condițiile acțiunii mediilor lichide trebuie să prezinte:

- rezistență înaltă la acțiunea mediilor lichide agresive;

- rezistență mecanică, rezistență la fisurare, rezistență la coroziune înalte, permeabilitate la lichide și umflare reduse;

- aderență înaltă la beton la acțiunea îndelungată a mediilor lichide agresive;

- să nu intre în reacție cu substanțele chimice folosite pentru spălare și salubritate.

Caracteristici deosebit de importante ale acoperirii sunt lipsa trecerii componentelor sale în apa potabilă peste norma admisă, precum și transferul de către acestea din urmă a mirosului și gustului străin [115].

Analiza datelor bibliografice și studiul stării betonului construcțiilor hidrotehnice a regiilor de alimentare cu apă potabilă demonstrează că izolarea și protecția anticorrosivă a acestora este o problemă complexă [117,122,130,154,155].

Izolarea și protecția suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat prin torcretare nu are perspectivă, deoarece în acest caz rămâne nerezolvată problema apariției fisurilor în rezultatul deformărilor rezervoarelor sub acțiunea forțelor statice și dinamice.

Practica prelucrării stratului superficial al betonului armat cu diferite substanțe în scopul hidroizolării și măririi rezistenței la coroziune a demonstrat că straturile formate nu prezintă proprietăți anticorrosive sigure [123,125]. Astfel, metoda mai eficientă de hidroizolare și protecție anticorrosivă a betonului rezervoarelor este folosirea acoperirilor pe bază de lacuri și vopsele.

Însă, industria autohtonă nu produce lacuri și vopsele în sortimentul și cu proprietăți corespunzătoare pentru hidroizolarea și protecția anticorrosivă a betonului rezervoarelor de păstrare a apei potabile [3,36,37,74].

De aceea, pentru asigurarea viabilității și termenelor maxime de exploatare a betonului rezervoarelor de păstrare a apei potabile este necesar să se elaboreze sisteme de acoperiri pentru protecție sigură care ar permite să fie exploatate în continuu la acțiunea îndelungată a apei potabile și celor industriale.

Elaborarea materialelor anticorrosive trebuie să se îndeplinească în corespundere cu cerințele [46], de asemenea vizând specificul betonului și caracterul mediilor în contact cu materialele și betonul.

Acoperirile pentru mărirea fiabilității rezervoarelor de beton armat, utilizate pentru depozitarea apelor potabile și tehnică, trebuie să aibă următoarele proprietăți:

- stabilitate înaltă la acțiunea mediilor agresive;

- rezistență mecanică necesară, rezistență la fisurare și stabilitate la coroziune;

- permeabilitate redusă la lichide;

- aderență înaltă la suprafața betonului după acțiunea îndelungată a apelor potabile și tehnică.

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 potabilă și tehnică;
- aderență către materialul acoperit (protejat);
- să nu interacționeze cu mediile lichide păstrate și să nu dizolve în acestea compuși ai compoziției sale.

Studiul bibliografic și cercetările stării rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării apelor potabilă și tehnică, au arătat că fiabilitatea și protecția anticorrosivă a lor este o problemă deosebit de importantă [4,12,30,35,55,80].

Protecția suprafeței rezervoarelor de beton armat prin placarea cu plăci de sticlă, polimerice sau ceramice glazurate nu satisface cerințele actuale, deoarece până în prezent nu au fost elaborate compoziții efective pentru înclieirea lor și umplerea rosturilor, de asemenea rezistente la acțiunea apelor industriale și admisibile pentru a contacta direct ca apa potabilă [127,132,136].

Prelucrarea suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat cu diferiți reactivi în scopul măririi stabilității betonului la coroziune, a arătat că sărurile formate în rezultatul acestei prelucrări nu posedă proprietăți de protecție [137,138,141]. Astfel, pentru micșorarea filtrării apei prin betonul cu structura poroasă a rezervoarelor, metoda folosirii în complex a acoperirii de lacuri și vopsele cu materialul hidroizolant compozit pentru izolarea rosturilor dintre elementele prefabricate de beton armat are perspective mari de dezvoltare.

Industria autohtonă produce materiale de vopsit care ar putea fi utilizate pentru acoperirile rezervoarelor de beton armat, sau în cantități limitate sau cu proprietăți insuficiente de protejare [139,142]. De aceea, în ultimii ani pentru aceste scopuri se folosesc materiale de import costisitoare, utilizarea pe larg a cărora este condiționată de cheltuielile financiare considerabile [140,147,150].

Trebuie de menționat că, practic toate tipurile de hidroizolare prin înclieiere sau acoperire posedă două neajunsuri importante:

- în procesul de construcție sau exploatare stratul hidroizolator poate fi deteriorat ceea ce duce inevitabil la slăbirea etanșeității și este foarte dificil de restabilit;
- durabilitatea lor diferă de durabilitatea betonului obișnuit și a betonului armat.

În particular, materialele de acoperire utilizate în prezent nu posedă rezistență înaltă la fisurare și aderență înaltă la beton după exploatarea îndelungată, de altfel permeabilitatea lor este mare în soluțiile apoase.

De aceea pentru a asigura durabilitate și a atinge durata de exploatare maximă ale rezervoarelor de beton armat, actualmente este necesar de elaborat în complex betonul compozit hidroizolant pentru monolitizarea rosturilor dintre elementele prefabricate de beton armat și acoperire de lacuri și vopsele, care ar fi capabile de a se opune infiltrării apelor, de altfel și apelor la presiune.

1.4 Rezultatele examinării stării actuale privind hidroizolarea și protecția anticorrosivă a suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării diferitor lichide.

Rezervoarele de beton armat ale sistemelor de aprovizionare cu ape potabilă și tehnică se distrug intensiv în procesul exploatării. Această distrugere a rezervoarelor are loc, după cum deja a fost menționat, în deosebi în rezultatul filtrării apei prin betonul pereților. Datorită filtrării apei prin beton are loc dizolvarea și levigarea din el în primul rând a hidroxidului de calciu $\text{Ca}(\text{OH})_2$. În final, structura betonului devine mai poroasă, din care cauză proprietățile sale mecanice se diminuează și, totodată brusc se micșorează fiabilitatea acestor rezervoare.

În literatură se întâlnesc date despre izolarea (prin acoperire) suprafețelor interioare ale pereților rezervoarelor de beton armat, cu scopul limitării filtrării apei prin beton, utilizând acoperiri pe baza sticlei solubile, rășinilor vinilice, poliuretanic, epoxidice și a altor materiale [60,71,96,131,160,168]. Dar din cauza rezistenței mici la fisurare aceste acoperiri nu pot asigura infiltrarea apei prin beton și fiabilitatea rezervoarelor de beton armat [5,145,164,167,170].

Deoarece Republica Moldova se află în zona seismică a Carpaților și conform normelor de executare a construcțiilor în așa condiții, în special a celor monolite (acestea fiind un indice de reducere a filtrării apelor potabilă și tehnică prin pereții de beton armat din cauza lipsei rosturilor), rigiditatea amestecului de beton este una din principalele cauze care asigură calitatea în timpul executării construcțiilor, respectiv limitarea formării fisurilor, asperităților etc. în structura pereților de beton armat. În caz contrar practic în toate cazurile apare imposibilitatea de exploatare a acestor rezervoare din cauza pierderilor enorme de apă [1,11,29,68].

Dezvoltarea industriei a adus, alături de înmulțirea obiectivelor industriale, folosirea unor medii chimice de concentrații mari, deci cu agresivitate mărită, a unor presiuni și temperaturi foarte ridicate sau foarte scăzute, a unor procese tehnologice cu șocuri de temperatură etc. De asemenea, problemele legate de economie au condus la reducerea perioadelor de oprire pentru întreținere și reparații [28,39]. Toate acestea au avut drept efect mărirea efectelor distructive ale coroziunii. Ca urmare directă, atât în Republica Moldova cât și în alte țări, problema coroziunii preocupă atât pe proiectanți cât și pe cercetători, beneficiari și constructori [5,46]. Astfel, numărul de materiale și

tehnologii moderne crește mereu și tinde să se îmbunătățească mereu. În astfel de condiții obiectivul principal este studiul fundamental asupra coroziunii și a factorilor care o produc. Aceasta înseamnă, în primul rând, definirea fenomenului. Au fost încercate mai multe definiții care să cuprindă cât mai complet toate cauzele și aspectele care produc distrugerea materialelor. Unii autori [9,49,50,54] au căutat să definească coroziunea ca un fenomen de atac și dezintegrare a structurii materiei sub influența lichidelor agresive și gazelor umede (trebuie incluse și metalele și sărurile în stare de topitură). Alți autori [56,69, 90,91] au căutat o formulare mai simplă, și, poate prin aceasta și mai generală, considerând coroziunea ca un caz de alterare a proprietăților fizice, mecanice și chimice ale unui material, datorită unor cauze exterioare, umiditatea fiind prezentă în toate cazurile. În mod deliberat nu au fost incluse în noțiunea de coroziune degradările survenite datorită eroziunii, acțiunii unor temperaturi foarte ridicate, lubrifierii etc.

Analiza rezultatelor privind examinarea stării tehnice a construcțiilor aerotencurilor efectuate de un șir de cercetători [66,121,123,125] a permis depistarea defectelor caracteristice apărute în procesul exploatării îndelungate a acestor rezervoare. La cercetările directe (pe loc) autorii au luat în considerație așa indicatori ca: destinația rezervorului, termenul de exploatare, principalele defecte și deteriorări și cauzele apariției lor, de asemenea starea generală a rezervorului. Astfel, în Federația Rusă termenul normat de exploatare a volumelor din beton armat prefabricat pentru epurare constituie maximum 50 ani, periodicitatea aproximativă a reparației capitale – 6 ani [47,93].

Analiza funcționării rezervoarelor exploatare (inclusiv aerotencurilor) a demonstrat [66] că cauzele principale ale deteriorărilor sunt: rezistența la fisurare insuficientă, în primul rând din cauza subaprecierii legilor hidrostacii; lipsa controlului asupra etanșeității 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 hidrostacice; tasabilitatea terenului de sub partea sedentară.

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 aerogazos ale canalelor coridoarelor. La uzura prematură a aerotencurilor conduce și existența proiectelor nefondate privind protecția construcțiilor de coroziune, cauza cărora este lipsa datelor

fundamentate științific privind agresivitatea lichidului de exploatare în raport cu betonul rezervoarelor.

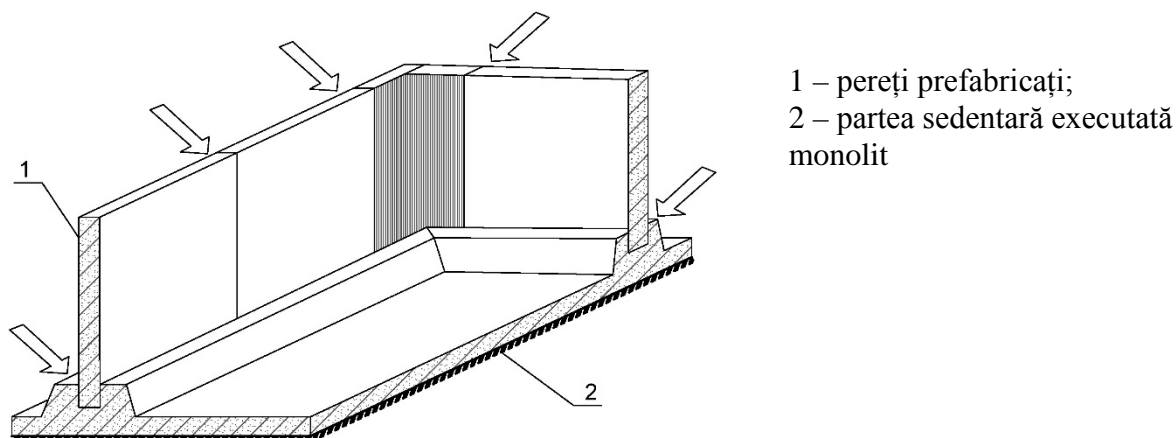


Fig. 1.2. Locurile posibilelor scurgeri în rezervoarele din prefabricate-monolit (sunt arătate prin săgeți)

Au fost efectuate studiu 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 1.3, respectiv 1.4) pentru determinarea stării pentru posibila exploatare a bazinului de depozitare a apei pentru irigare, respectiv a piscinei cu volumul de circa 200 m³.



Fig. 1.3. Studiu de caz efectuat la bazinul de depozitare a apei pentru irigare al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al AȘM



Fig. 1.4. Studiu de caz efectuat la bazinul obiectului
"Casă cu puține nivele din or. Sankt-Petersburg, r-nul Curortnâi, or. Repino"

Din analiza cauzelor și efectelor coroziunii, diferiți autori [51,52,119] au căutat să sistematizeze problemele de coroziune, căutând criterii și propunând clasificări.

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 – sulfații 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-dezgeț etc., adică prin expansiune) (tip III).

Pe scurt, definirea și caracterizarea acestor tipuri de coroziune poate fi prezentată astfel:

- Coroziunea de tip I este cauzată în primul rând de acțiunea apei cu o duritate temporară mică sau cu un conținut scăzut de acid carbonic. În principiu, coroziunea este rezultatul percolării apei prin beton, dar poate fi atribuită și apei moi care vine în contact cu suprafața betonului. Ca urmare a acestor acțiuni, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ este levigat din beton. Coroziunea de acest tip nu atinge, în general,

valori mari, în afară de cazul când puterea de dizolvare a apei agresive este mare, când există posibilitatea unei dese schimbări a apei și când betonul este destul de poros.

Din beton pot fi dizolvați și levigați și alți compuși ai lui. Ca urmare densitatea betonului se micșorează și, respectiv, se micșorează rezistența lui mecanică.

- Coroziunea de tip II este cauzată de o reacție de dublu schimb între compușii ușor solubili din piatra de ciment și substanțele corozive din soluția agresivă. Produsele noi formate sunt fie levigate, fie rămân pe loc, dar într-o formă nelegată.

- Coroziunea de tip III este cauzată de atacul anumitor săruri, cu tendința de a forma cristale. Această acțiune face ca într-o primă fază să se observe o mărire a rezistenței betonului, o sporire a densității sale datorită colmatării porilor și golurilor. Deoarece cristalele formate în pori au tendința de a-și mări volumul, de a expanda, se formează tensiuni interne importante, ce conduc în final la distrugerea betonului. Astfel este explicată acțiunea distructivă a sulfaților, săruri ce formează cristale de sulfat-aluminat de calciu și de sulfat de calciu hidratat.

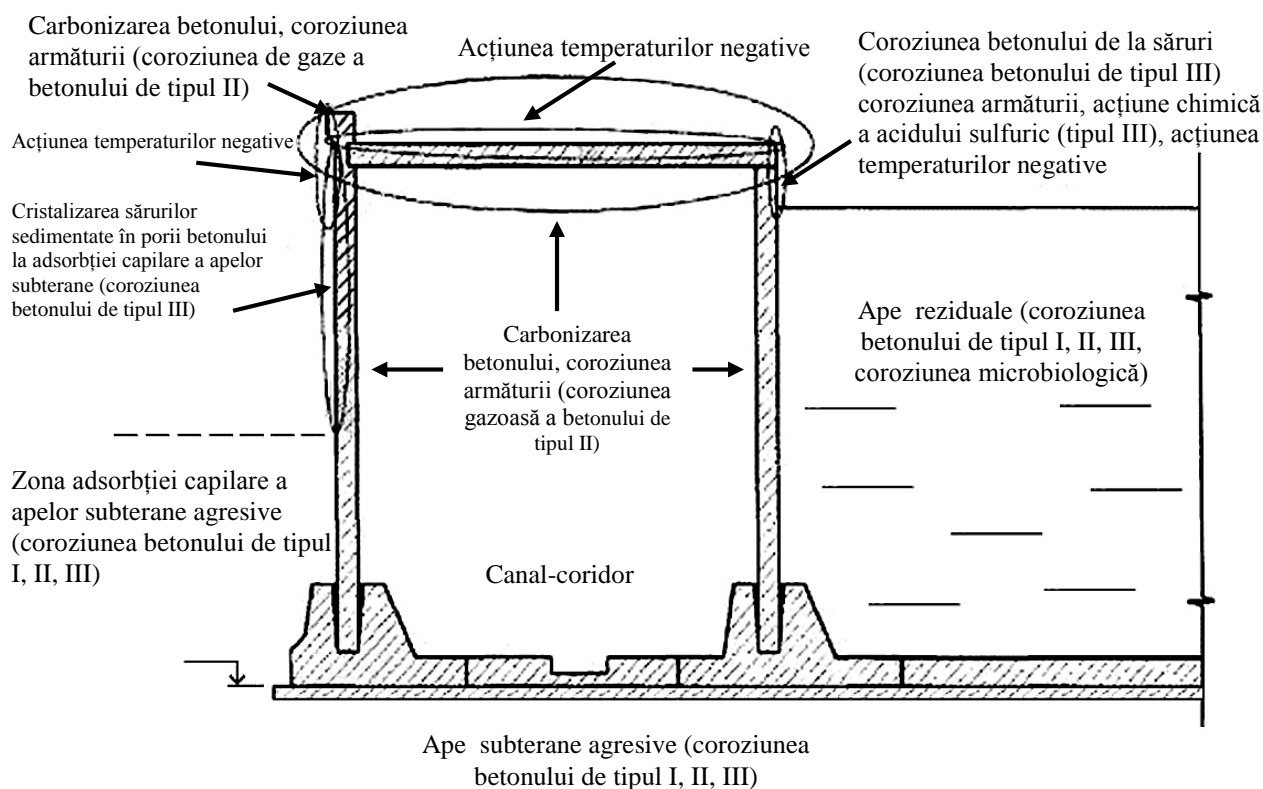


Fig. 1.5. Factorii destructivi principali care cauzează uzura rapidă a rezervoarelor pentru epurare (aerotencurilor).

Substanțele corozive (fenol, CHCl_3 , CCl_4 , NH_4 , sulfiți, crom, metale – zinc, plumb, cadmiu, nichel etc.) conținute în apele reziduale se oxidează de diferite grupe de bacterii până la acea concentrație care nu este agresivă [46,82,173]. Dar este posibil apariția și acumularea altor compuși nu mai puțini agresivi, grupe de bacterii corozive, care nu au fost depistate în apele

reziduale inițiale [72,73]. Astfel, bacteriile sulfuroase folosind sulful (maximum 40 mg/l) în prezența oxigenului alimentat de aeratoare în aerotencuri depun picături de sulf înăuntrul celulelor sau pe suprafața lor [70]:



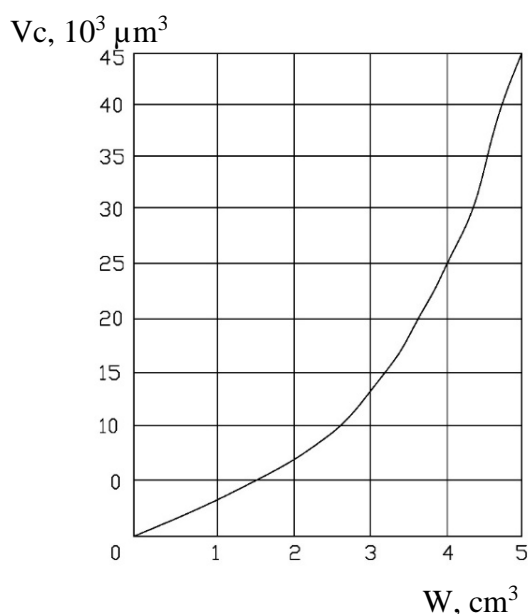
Dar la insuficiența hidrogenului sulfurat în apele reziduale sulful se oxidează până la acid sulfuric care este un agent agresiv pentru beton astfel că interacționează cu hidroxidul de calciu și formează ghips dihidratat (coroziunea betonului de tipul II cu formarea sedimentului):



Proprietățile bacteriilor sulfuroase activ sunt folosite ca indicatori de calitate a purificării apelor reziduale – cu cât mai mult are loc oxidarea sulfului în celulele lor cu atât se mai înalță calitatea purificării.

Acțiunea agresivă a mediilor lichide organice și neorganice la beton poate fi evaluată prin permeabilitatea sa [108]. Această proprietate este în special importantă pentru construcțiile rezervoarelor pentru care este necesară o impermeabilitate înaltă. Indicatorii direcți ai permeabilității betonului sunt: marca betonului după impermeabilitate; coeficientul de filtrare; coeficientul de difuziune. Indicatorii indirecți ai permeabilității betonului sunt: absorbția de apă și raportul apă-ciment. Indicatorii indirecți sunt orientativi și fiind suplimentari la cei direcți.

Cercetările efectuate de autorii [73], au arătat că permeabilitatea mortarelor pe bază de ciment pentru microorganisme depinde de densitatea acestor mortare și mărimea celulei bacteriei.



Mortarele dense ($A/C=0,3-0,4$) posedă o permeabilitate mică pentru bacteriile de diferite mărimi. A fost stabilită dependența matematică a permeabilității probelor din ciment-nisip pentru bacterii de volumul porilor capilari deschiși $V_c=(1,24W)^2$ (figura 1.6).

Fig. 1.6. Dependența volumului sumat al celulelor în filtrat V_c de valoarea volumului porilor capilari deschiși W [76]

Autorii [66,85] au studiat rezistența biologică a compozitelor pe bază de ciment. Pe baza studiilor s-a obținut dependența epruvetelor 1x1x3 cm în mediul biologic de porozitatea lor (A/C) și durata menținerii în mediul dat (figurile 1.7, 1.8)

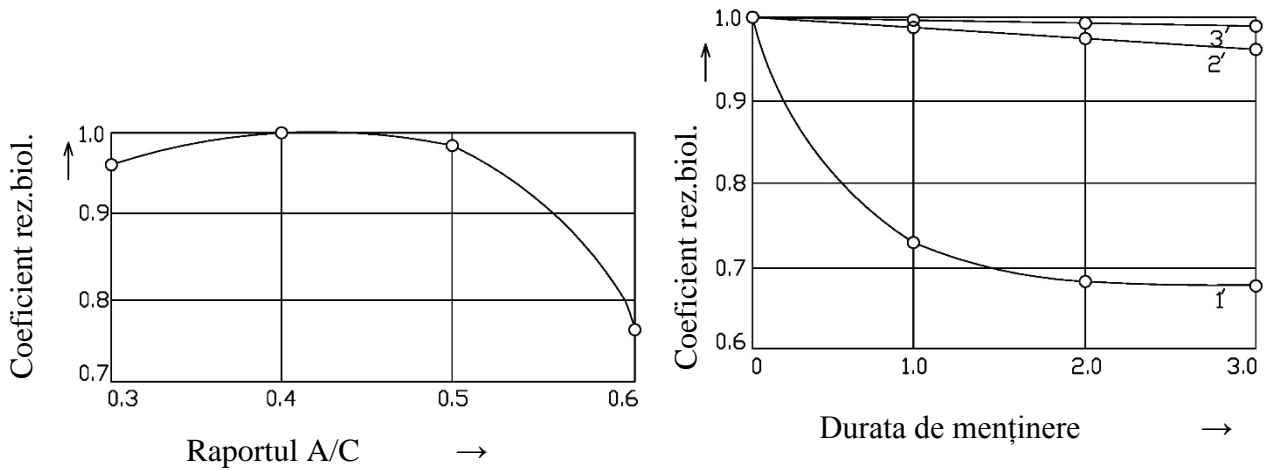


Fig. 1.7. Dependența modificării coeficientului de stabilitate biologică a compoziției din ciment de raportul apă-ciment

Fig. 1.8. Dependența modificării coeficientului de stabilitate biologică a compoziției din ciment de durata menținerii în mediul
1 – compozitul pe bază de ciment cu A/C=0,6 fără adaosuri, 2 - aceiași, cu microumplutură, 3 – aceiași, cu adaos de polimeri

Asigurarea unei structuri dense a betonului va permite asigurarea unei exploatări fără reparații a construcțiilor rezervoarelor pe o perioadă lungă fără folosirea măsurilor de protecție.

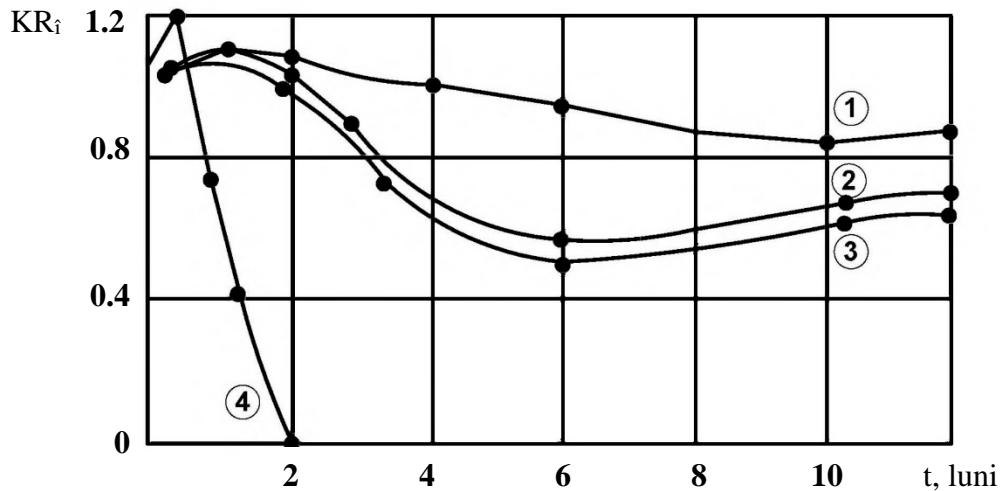


Fig. 1.9. Dependența coeficientului rezistenței la încovoiere KR_f de conținutul C_3A în ciment

1 – ciment rezistent la sulfați ($C_3A=5\%$); 2 – cu conținut mediu de aluminat ($C_3A =6,3\%$); 3 – cu conținut mediu de aluminat ($C_3A =7\%$); 4 – cu conținut înalt de aluminat ($C_3A=12\%$).

În figura 1.9 este dată dependența rezistenței la sulfați a cimentului de conținutul în acesta a aluminatului tricalcic [84,88].

Protecția primară

Siguranța de exploatare a rezervoarelor se asigură doar prin executarea unei construcții rezistente, impermeabile la apă. De aceea rezervoarele trebuie supuse încercărilor hidrostactice până la aplicarea protecției anticorozive, deoarece protecția secundară nu poate corecta defectele construcțiilor din beton armat (neetanșeitarea, rugozitățile etc.) [102].

Neglijarea măsurilor protecției primare reduc brusc termenul de exploatare a betonului construcțiilor în mediile agresive, în special a construcțiilor ca rezervoarele, reparația curentă a cărora practic este imposibilă din cauza procesului continuu de epurare a apelor reziduale.

Adaosuri chimice. În ultimele decenii a crescut considerabil necesitatea folosirii adaosurilor la prepararea betoanelor și mortarelor care corespund cerințelor ca: rezistența la îngheț, la mediile agresive, densitate, asigurarea impermeabilității înalte etc.

Adaosurile, de asemenea, oferă posibilitatea de economie a cimentului, substituie unele măsuri tehnice și tehnologico-organizatorice din contul folosirii mijloacelor protecției primare (majorarea densității betonului, majorarea dimensiunilor de cofraj ale construcției, reducerea raportului apă-ciment etc.). Conform [17] pentru asigurarea rezistenței mecanice, rezistenței la îngheț, reducerii permeabilității betonului este necesar de utilizat următoarele adaosuri: de reducere a apei (grupele I, II, III și IV); plastifianți (grupele II, III și IV) și superplastifiante (grupa D); colmatante; gazoformatoare; antrenoare de aer; inhibitori ai coroziunii oțelului. Tipurile de adaosuri și acțiunea lor asupra betonului sunt date în [21,23,108].

Protecția secundară.

Mijloacele protecției secundare a construcțiilor de beton armat presupun micșorarea acțiunii agresive a mediilor de exploatare din contul acoperirilor de tipul barieră. Hidroizolația acestor construcții este una din operații cu volum mare de muncă – până la 3% din volumul cheltuielilor de executare a obiectului. Eficacitatea protecției secundare a construcțiilor din beton armat în mare parte depinde de caracteristicile de difuziune ale acoperirii de protecție. Decizia constructivă privind protecția anticorozivă și hidroizolația se stabilește în dependență de gradul de acțiune, de presiune, de nivelul mediului agresiv în raport cu betonul și betonul armat, de tipul construcției etc. conform normelor [46,108,128].

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.

Pentru protecția suprafețelor interioare ale rezervoarelor se folosesc următoarele acoperiri: 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 [108], de asemenea luând în considerație dimensiunile de gabarit ale construcției, temperaturii și presiunii hidrostatice a apelor reziduale.

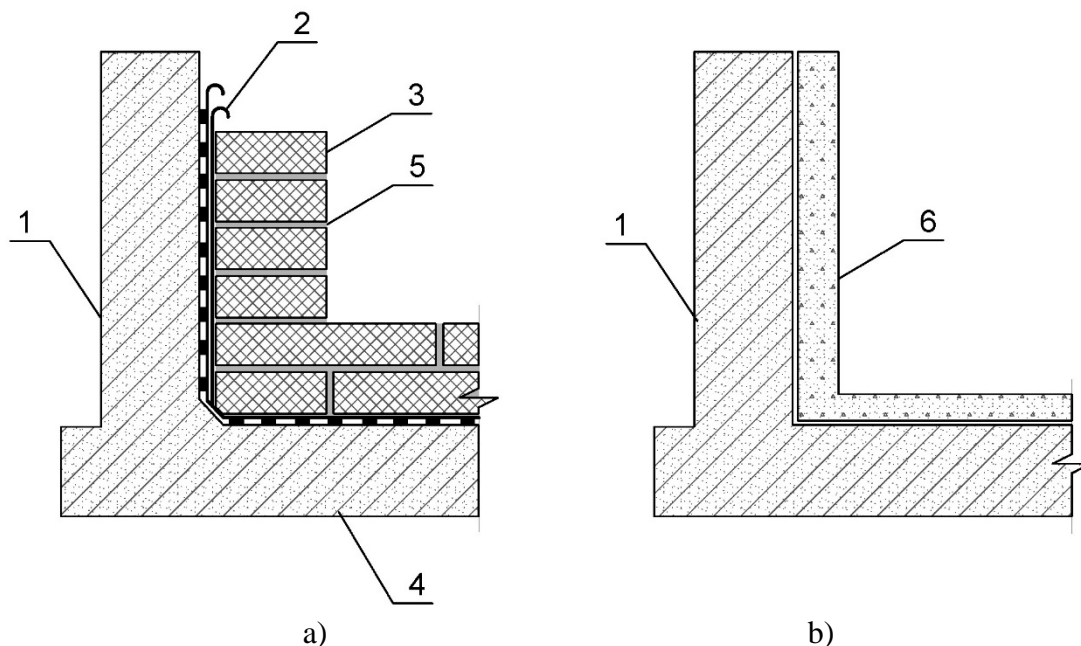


Fig. 1.10. Protecție tradițională

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

Acoperirile din lacuri și vopsele armate se utilizează ca acoperiri anticorozive individuale sau în calitate de substrat impermeabil în construcțiile combinate ale acoperirilor de protecție. Aceste acoperiri posedă rezistență mecanică și stabilitate la acțiunile abrazive.

Materialele utilizate pentru protecția secundară a construcțiilor din beton armat ale rezervoarelor trebuie să posede următoarele proprietăți: adeziune bună cu suprafața protejată a construcției; rezistență la apă, la îngheț, biologică și chimică; impermeabilitate la apă înaltă și, respectiv, absorbția de apă minimă; elasticitate la deformații la tasări neuniforme; duritate la recepția contracției locale de la acțiunea pământului etc.

Caracteristica unor materiale noi și tradiționale folosite pentru protecție anticorozivă și hidroizolare sunt prezentate în Anexa 1. Peste hotare și deja inclusiv în Republica Moldova intensiv se dezvoltă cercetările și folosirea practică a diferitor adaosuri pentru plastifierea amestecurilor de beton. Utilizarea superplastifianților în amestecurile de betoane mărește plasticitatea lor fără micșorarea rezistenței mecanice a betonului, ceea ce permite trecerea la amestecuri plastice, inclusiv fluide.

Experiențele de utilizare ale adaosurilor superplastifiante dau posibilitatea ca procesul de fasonare a amestecului de beton, inclusiv și transportarea sa, să devină mai eficiente și, totodată,

măresc rezistența mecanică a articolelor și a elementelor de beton și beton armat, de altfel și rezistența timpurie (în primele zile de întărire). Astfel procesul de întărire decurge de (3...4) ori mai rapid, micșorând durata de fasonare.

Ca rezultat al micșorării cantității de apă, necesară pentru obținerea unei anumite plasticități, respectiv betonul obține și o porozitate mai mică.

Analiza rezultatelor obținute ale cercetărilor și ale experiențelor practice privind utilizarea superplastifianților la producerea amestecurilor de betoane și mortare a demonstrat eficacitatea folosirii acestora în amestecurile pe bază de ciment pentru hidroizolații [72,94,113,142].

Ca plastifiant pentru construcțiile hidrotehnice se utilizează și SBD. Spre deosebire de superplastifianți acesta, în fazele inițiale de întărire, nu oferă majorarea rapidă ale rezistențelor mecanice: amestecul de ciment cu nisip de cuarț cu o cantitate de (1.. 1,5) % de SBD nu se întărește timp de (1.. 2) zile [77].

Acțiunea superplastifianților la sistemul ciment-apă constă în aceea că particulele de ciment se dispersează în apă. Cercetările efectuate pentru determinarea influenței plastifiantului C-3 la proprietățile de rezistență au demonstrat că cea mai mare rezistență amestecul de ciment-apă o obține la conținutul superplastifiantului în cantitate de 1,5% de la masa cimentului [72].

Pentru materialele hidroizolante permeabilitatea, absorbția apei și stabilitatea la apă constituie criteriile de bază care determină posibilitatea acoperirilor de protecție de a rezista la acțiunea și influența apei timp îndelungat.

Tabelul 1.4.1 Rezistența de angrenare ale amestecurilor cu destinație de hidroizolare

| Adaosul | | Rezistența de angrenare la forfecare, MPa | |
|--------------|-------------------------------------|---|----------------------------|
| Denumire | Cantitatea, % de la masa cimentului | Regim de întărire la aer | Regim de întărire combinat |
| C-3 | 1,5 | 3,0 | 4,5 |
| SDB | 0,2 | 0,8 | 1,2 |
| latex SKS-65 | 5,0 | 2,0 | 2,5 |

Superplastifiantul C-3 brusc mărește valoarea aderenței acoperirilor de protecție la beton. După unele date, rezistența de angrenare cu betonul la forfecare a amestecului de ciment cu adaos C-3 s-a dovedit a fi în limitele (3...15) MPa, care este mai mare ca aderența amestecului pe bază de latex divinilstirenice SKS - 65 GP "B" - (2-2,5) MPa [169].

Conținutul părților de amestec este următorul pentru toate cazurile:

| | |
|----------------|-------|
| Ciment M 400 | - 70 |
| Praf dolomitic | - 30 |
| Nisip | - 150 |
| Apă | - 35 |

Cercetările efectuate la construcția pavilionului din Sankt-Petersburg au demonstrat [124] că utilizarea în amestecul de ciment cu nisip cu destinație de hidroizolare a superplastifiantului C-3 în proporție de (1...1,5)% de la masa cimentului mărește plasticitatea amestecului, micșorează absorbția apei și mărește stabilitatea la apă, rezistența la compresiune și încovoiere, aderența la beton.

Dar în rezultatul exploatării și a acțiunii diferitor forțe statice, dinamice etc., fisurile ating deschiderea de până la (0,5... 1,0) mm deja în primele luni de exploatare, depășind cu mult limitele admisibile.

Posedând o putere de dizolvare înaltă $\text{Ca}(\text{OH})_2$ treptat se dizolvă la acțiunea asupra betonului a apei și, la început, în amestec trece CaO liber. Solubilitatea hidrosilicaților de tipul CSH (B), $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$, hidroalumiinaților C_4AH_{13} , C_3AH_{12} , C_3AH_6 și a altor compuși de calciu este considerabil mai mică. De aceea, sub influența apei, la piatra de ciment a betonului la început se dizolvă și se transportă cu apa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ care este însoțită de distrugerea structurii, micșorarea capacității și rezistenței mecanice.

Prin micșorarea concentrației lui $\text{Ca}(\text{OH})_2$ în filtrarea prin beton a apei până la cantitatea de 1100 mg/l se începe dizolvarea lui C_3AH_3 cu eliminarea lui $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Similar se dizolvă hidroferiții de calciu de diferite tipuri ($\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$).

Influență majoră asupra durabilității construcțiilor exercită compoziția mineralogică a cimentului. Autorii lucrării [54] consideră că rezistența corozivă a betonului poate fi majorată la folosirea cimenturilor (fără adaosuri minerale) cu suprafața specifică de 2000-2500 cm^2/g . Voljenskii A.V. [69] a stabilit limita de dispersie a cimenturilor (fără adaosuri minerale) de 4500-5000 cm^2/g , depășirea căreia conduce la degradarea simțitoare a betonului în legătură cu epuizarea fondului de clincher.

Este stabilit valoarea limită a concentrațiilor ionilor agresivi din apele freatică în care, betonul de densitate înaltă, preparat pe baza cimenturilor rezistente la sulfați și cu conținut redus de aluminiu, poate fi utilizat pentru construcții fără protecție suplimentară: $[\text{SO}_4^{2-}]$ – până la 5000 mg/l; $[\text{Cl}^-]$ – până la 1500 mg/l; $[\text{HCO}_3^-]$ – până la 1500 mg/l; pe baza cimentului cu conținut mediu de aluminați - $[\text{SO}_4^{2-}]$ – până la 1500 mg/l; $[\text{Cl}^-]$ – până la 1500 mg/l; $[\text{HCO}_3^-]$ – până la 1500 mg/l cu păstrarea mărcii betonului după permeabilitatea la apă [73].

O altă metodă de majorare a rezistenței betonului au propus-o Savvina Iu. A. și Kurbatova I. [143].

În locul cimenturilor rezistent la sulfați și cu conținut mediu de aluminat la prepararea betoanelor rezistente la sulfați autorii recomandă de a introduce în apa de preparare sulfați care majorează conținutul lor în lichid și inițial îngreunează difuzia ionilor din cauza reducerii

gradientului concentrației. Formarea suplimentară a HASC (hidroalumisilicați de calciu) în perioada inițială majorează densitatea pietrei de ciment în beton și reduce permeabilitatea care conduce la majorarea rezistenței betonului.

În prezent este posibil prepararea betoanelor rezistente la coroziune având o permeabilitate la difuziune "foarte mică" [58,62] (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.

Din aceste betoane rezistente la coroziune fac parte betoanele pe bază de liant și adaosuri [108]: LCA – liant cu consum minim de apă și superplastifiant C-3; ciment portland rezistent la sulfați sau ciment portland cu zgură cu adăugarea de microsiliu și superplastifiant C-3; portland rezistent la sulfați cu adăugarea de microsiliu, superplastifiant C-3 și cenușă; portland rezistent la sulfați fără adaosuri.

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 [49,161].

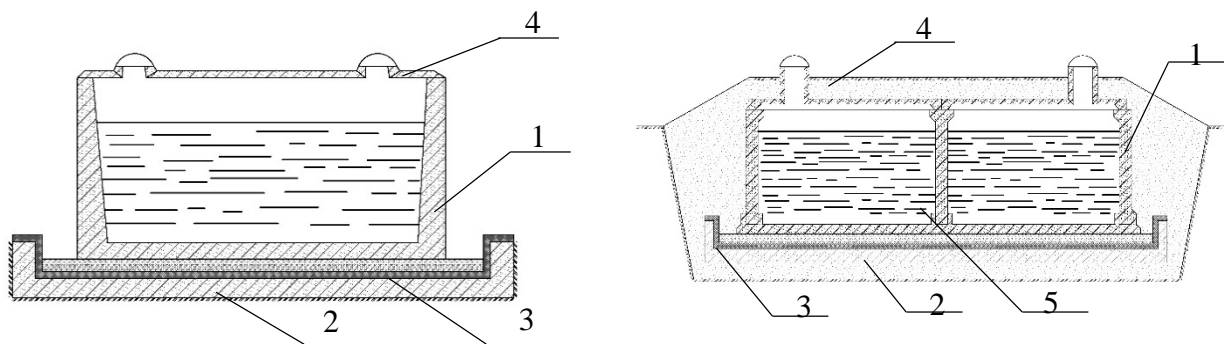
Pentru asigurarea ermeticității rezervoarelor de beton și beton armat, rosturile cu lățimea de 200 mm se monolitizează cu beton clasa B-30, F-150, W-8 și se torcretează din interior cu lățimea de 300 mm (simetric față de axa verticală a rosturilor) [59,76,86].

Aceste metode nu asigură ermetizarea rezervoarelor de beton și beton armat din cauza că stratul de torcret nu posedă rezistență la fisurare.

Cu scopul limitării pierderilor de apă prin pereții acestor rezervoare au fost făcute încercările torcretării depline a suprafeței interioare ale rezervoarelor [59,76,86]. Însă în rezultatul deformațiilor rezervoarelor de beton armat, stratul de torcret se defectează, apar fisuri și pierderile de apă depășesc limitele admisibile.

Îmbibarea stratului de torcret cu sticla solubilă, emulsii și alte substanțe, de asemenea n-au adus la rezultatele scontate [86].

Pentru preîntâmpinarea pătrunderii lichidelor în sol prin partea de jos ale rezervoarelor din beton armat din se propun metodele prezentate în figura 1.11.



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

Fig. 1.11. Metode de asigurare a protecției ecologice a rezervoarelor pentru depozitarea lichidelor industriale

1.5 Metodele contemporane de mărire a rezistenței la coroziune și asigurării hidroizolării construcțiilor de beton armat.

Rezervoarele de beton armat ale sistemelor de aprovizionare cu ape potabilă și tehnică, care conțin diferite impurități, în procesul exploatării lor, după cum a fost deja menționat, se distrug intensiv [106,148,153].

Din cauza filtrării apei prin beton are loc coroziunea de tipul I. În rezultatul acestei acțiuni structura betonului devine mai poroasă și, evident, din acest motiv caracteristicile mecanice ale sale se micșorează și în același timp se micșorează și fiabilitatea construcțiilor.

Actualmente metodele tradiționale de protecția anticorrosivă ale suprafețelor interne ale rezervoarelor de beton și beton armat sunt:

- prelucrarea suprafețelor interne cu diferite compoziții care formează la interacțiunea cu piatra de ciment compuși insolubili ale sărurilor de calcar;
- îmbibarea stratului superficial al suprafețelor de beton cu materiale care-i măresc rezistența chimică și micșorează permeabilitatea la lichide;
- izolarea suprafeței interne ale rezervoarelor cu acoperire de lacuri și vopsele sau alte materiale.

Prima metodă de protecție anticorrosivă prevede prelucrarea suprafețelor interioare de beton ale rezervoarelor cu soluția de (10...12)% al acidului acetic sau cu soluția de 10% al acidului sulfuric în rezultatul căreia se formează un strat cu rezistență chimică sporită [172]. Însă acest strat este poros, posedă permeabilitate la lichide înaltă și nu asigură o protecție anticorrosivă satisfăcătoare a betonului. În același timp acest strat este fragil și la deformările neesențiale ale rezervoarelor în el apar fisuri.

O altă metoda de protecție cu un material asemănător, numit Volclay, elaborat pe baza bentonitei, este propusă de către firma engleză „CET CO Europe” [176,177]. Printre caracteristicile sale pozitive se menționează:

- proprietăți de hidroizolare înalte (coeficientul de filtrare, cm/ s, foarte redus);
- posibilitatea de "a se lecu singure" și a lichida fisurile mecanice minore ale stratului de izolare;
- durabilitatea hidroizolării condiționată de menținerea în timp a proprietăților.

Dar aceste materiale sunt dependente unul de altul, adică materialele de bază și auxiliare nu pot fi utilizate la construcții importante ca unul să fie lipsă, ceea ce mărește considerabil costul lucrărilor de hidroizolare.

În afară de aceste metode cu materiale de bază se propun și alte materiale auxiliare care fiind folosite în complex, pot avea rezultatul mai mult sau mai puțin scontat, dar sunt costisitoare și măresc considerabil costul construcțiilor și, mai esențial, durata de exploatare nu este mai mare decât a materialelor de hidroizolare cunoscute.

Folosirea metodei cu plasmă de temperatură joasă ca sursă de termoprotecție deschide noi posibilități de caracter tehnologic în finisarea articolelor și elementelor de construcții, în același timp și a celor de beton și beton armat [178].

La prelucrarea cu plasmă a betonului stratul lui superficial nu se topește uniform și deci nu se asigură o prelucrează uniformă. Sub influența temperaturilor înalte are loc transformarea polimorfă a cuarțului, care este însoțită de schimbarea volumului, de hidratarea hidroalumosilicaților și hidrosilicaților de calciu în stratul de contact, care conduce la micșorarea rezistenței aderenței acoperirii de protecție cu betonul.

Pentru a obține o acoperire calitativă de protecție și, în același timp decorativă, pe suprafețele articolelor de beton și beton armat se depun materiale care trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

- protecția betonului construcțiilor de acțiunea temperaturii înalte în procesul de topire a stratului lui superficial;
- crearea la topire a căptușelii rezistente și colorate în funcție de cerința înaintată;
- aderență înaltă cu materialul substratului;
- elementele de beton a construcțiilor să asigure durabilitatea în exploatare;
- protecția betonului de umezire.

Betonul trebuie să conțină astfel de agregate care la topire asigură duritate, aspect estetic, rezistență mecanică și chimică înaltă a acoperirii și să fie, în același timp, ecologic pure.

Îndeplinirea cerințelor date se asigură prin alegerea materialelor corespunzătoare pentru straturile premergătoare și a celor superficiale ale articolelor de beton și beton armat și a tehnologiei corespunzătoare de producere.

Compoziția pentru stratul superficial urmează a fi aleasă în așa mod încât componentele care intră în componența să contribuie la micșorarea temperaturii de formare a topiturii și să posede o conductivitate termică joasă.

În calitate de agregate pentru stratul superficial al betonului se folosesc nisipul de cuarț, porțelanul, cenuși, reziduuri de la prelucrarea rocilor naturale de munte și ale întreprinderilor de producere a sticlei. Introducerea acestor agregate în compoziția stratului superficial al articolelor de beton asigură, în funcție de rezistența lor termică, protecția betonului de deshidratare și a altor transformări de fază care decurg sub acțiunea plamei la suprafața articolelor de beton [178].

S-a constatat [178], că la introducerea diopsidului, cuarțului în compoziția amestecului care conține ciment și nisip de cuarț, stratul topit de pe suprafața betonului este uniform, iar culoarea lui este albă. Efectul pozitiv se atinge la introducerea în compoziția stratului de suprafață a cioburilor de sticlă care, în rezultatul prezenței oxizilor alcalini trec în topitură și contribuie la micșorarea temperaturii întregului sistem.

În afară de prioritățile enunțate componența dată contribuie la micșorarea viscozității de topire și, ca urmare, a îmbibării mai adânci în structura betonului. La aceasta contribuie și compoziția poliminerală a granitului. Feldspatul la topire micșorează temperatura formării topiturii și micșorează viscozitatea ei. Prin urmare la răcirea topiturii la suprafața betonului se formează o acoperire sticloasă, dar la pătrunderea ultimei în porii betonului se creează un strat armat de trecere datorită căruia se mărește rezistența de cuplare a acoperirii cu baza.

Pentru a determina care transformări de fază decurg în materialele articolelor de beton la topirea lor cu plasmă de temperatură joasă, a fost efectuată o analiză cu raze X de fază. Roentgenogramele au fost scoase pentru diferite modele ale articolelor de beton, deosebindu-se între ele după compoziția chimică, mineralogică, componentele stratului superficial a betonului care previn pătrunderea loviturii termice în articol.

Betonul greu este prioritar alcătuit din cuarț, silicat de calciu hidratat, hidroalumosilicați de calciu, carbonați de calciu. Stratul superficial alcătuit din reziduuri ale întreprinderilor de producere a porțelanului (ceea ce în Republica Moldova prezintă un material de import) și granit cu ciment, după cum s-a constatat din roentgenogramă, este prezentat de următoarele legături: de cuarț, hidrosilicați de calciu, hidroalumosilicați de calciu, hidrosilicați bicalcic și altor hidrosilicați.

Stratul de trecere care se formează la topirea conținutului stratului superficial între acoperirile sticloase și a bazei ei este prezentat parțial de dehidrații hidroalumosilicaților de tipul hidroalumosilicatului bicalcic și a feldspaților.

Reieșind din analiza cu raze X de fază ale stratului superficial topit, ce se deosebește de cel anterior prin prezența nisipului de cuarț, se poate de făcut concluzia că baza stratului superficial este prezentată de următoarele legături: hidrosilicați de calciu, feldspați, hidrosilicați de calciu, carbonați, cuarț. Stratul de trecere este prezentat prin următoarele legături: caolinit, hidroalumosilicați de calciu parțial deshidratați, hidrosilicați de calciu parțial deshidratați. Regiunea de absorbție care a fost caracteristică pentru carbonații la baza stratului de factură în stratul de trecere au dispărut, deci s-a petrecut procesul de decarbonizare.

Cercetările îndeplinite au demonstrat că la acțiunea asupra articolelor de beton, de altfel ca la poliminerale, a torentelor de plasmă cu temperatură joasă se petrec procesele deshidratării hidrosilicaților și hidroalumiinaților de calciu și magneziu și decarbonizarea, transformări polimorfe ale cuarțului și componentelor care conțin silicați, de altfel procese de formare a sticlei. Compozițiile chimică și mineralogică ale conglomeratului topit vor contribui la cinetica decurgerii proceselor enunțate.

O proprietate importantă a tuturor acoperirilor pentru protecția betonului este impermeabilitatea lor. Această proprietate a plăcii sticloase se determină prin două metode.

Prin prima metodă marginile laterale ale modelelor, care se ating de suprafața topită, se acoperă cu mastic impermeabil de parafină. Apoi modelele se aranjează în vasul cu apă altfel ca nivelul acoperirii să fie (1...2) cm. Masa modelelor se determină peste fiecare 10 min. în timp de 4 h, apoi peste fiecare oră în timp de 12 h și apoi peste 24 h și 48 h.

Impermeabilitatea peliculei sticloase se apreciază după cantitatea de apă absorbită (l/m), care a pătruns în modelul de beton prin acoperirea sticloasă. Cantitatea de apă pătrunsă în model se determină în funcție descreșterea masei ultimului, referitor la suprafața laturii, contactate cu apa.

După metoda a doua pentru determinarea permeabilității acoperirii sticloase la marginea modelului s-au instalat cilindri de măsurare, baza cărora se întărește cu ajutorul parafinei. În cilindru se toarnă apă care pătrunde prin porii acoperirii sticloase. Permeabilitatea în acest caz se apreciază după cantitatea de apă pătrunsă în epruvetă prin suprafața sa după un interval de timp stabilit.

Cercetările îndeplinite au arătat că acoperirea sticloasă la suprafața betonului, formată în rezultatul acțiunii asupra sa a plamei, protejează baza articolelor de la acțiunea mediului agresiv și a pătrunderii lichidelor.

Colaboratorii institutului de cercetări științifice "NIIJB" din Rusia pentru colmatarea stratului superficial al betonului au elaborat materialul sub denumirea "KOLMATRON" [127]. Acest

material prezintă un amestec uscat din nisip, ciment și adaosuri. Fiind amestecat cu apa și aplicat pe suprafața betonului el pătrunde în pori și fisuri colmatându-le și formează un strat dens din compuși noi.

Rezultatele cercetărilor au arătat că metoda de protecție cu materialul dat posedă următoarele proprietăți:

- rezistență la levigație și rezistență chimică înaltă la acțiunea sulfatilor;
- rezistență sporită la îngheț-dezghet;
- micșorarea permeabilității betonului la apă, soluții de NaCl, petrol lampant, uleiuri minerale;
- micșorarea procesului de coroziune a armăturii în beton.

Efectul principal al materialului "KOLMATRON" este asigurat de colmatarea stratului superficial al betonului. Betonul obișnuit cu marca la impermeabilitate a apei după prelucrarea cu materialului "KOLMATRON" obține marca de permeabilitate la apă W10...W12. În legătură cu faptul că materialul "KOLMATRON" posedă solubilitate în apă mică el protejează betonul de coroziunea de tipul I – coroziunea de levigare. Rezistența la coroziune a materialului "KOLMATRON", de asemenea ca și rezistența betonului este mică, însă asigurând o densitate înaltă a stratului superficial el mărește rezistența chimică a betonului în soluții cu indicele de hidrogen pH 3...4.

În anul 2006 din bugetul Regiunii Tiumeni s-a alocat o sumă foarte mare privind finalizarea reconstrucției unui bloc mare de tratare biologică a stațiilor de epurare a apelor uzate din Ishim. Principalele provocări cu care se confruntă profesioniștii ai GK "Penetron-Rusia", a devenit restaurarea hidroizolației bazinelor de aerare. Obiectul a fost foarte mare (60 metri lungime) și, în același timp, dificil. Și anume la acest obiect are loc curățirea primară a canalelor de scurgere și structurile de beton sunt expuse la o sarcină maximă de medii agresive din care cauză hidroizolarea a fost distrusă complet [92].

La reconstrucție a fost utilizată întreaga gamă de material Penetron [92], inclusiv aditivul pentru beton Penetron Admix, deoarece în unele locuri stratul de beton a trebuit să fie restaurat din nou. Penetron Admix nu numai că îmbunătățește impermeabilitatea la apă cu cel puțin patru nivele dar, de asemenea, oferă o rezistență chimică ridicată a betonului și proprietăți de auto-vindecare a fisurilor cu deschidere de până la 0,4 mm. Adăugarea de Penetron Admix umple microfisurile în corpul de beton cu cristale insolubile. crescând astfel rezistența la îngheț și rezistența la medii agresive. Distrugerea acestei hidroizolații este imposibilă afirmă [92]. Acesta este principalul avantaj al hidroizolației de penetrare.

În or. Ibrit a fost nevoie de reconstrucția construcțiilor nefinisate în anii 80 a decantoarelor radiale și secundare. Timp de decenii obiectele au devenit într-o stare proastă. Mai mult de atât,

încă la stadiul construcției au fost admise încălcări tehnologice serioase. Ca rezultat - calitatea lucrărilor de beton a fost extrem de scăzută - betonul nu a fost vibrat. Ca urmare, în stratul de beton au fost o mulțime de goluri. Astfel la acest obiect au fost folosite compoziții poliuretanică injectate pentru a elimina scurgerile de presiune și toată linia de materiale Penetron. Obiectul s-a dovedit a fi destul de mare, diametrul decantorului a fost de 40 m. În urmă cu doi ani (2005) a fost reparat cu succes și pus în funcțiune [92].

Autorii [149] propun ca metodă de protecție aplicarea vopselelor "Полифан" (ВД-АК-1Ф, ВД- КЧ 1Ф) conform TU 2316-001 -34895698-96 elaborate la CNIISK im. Cucerenko, Federația Rusă având caracteristici ca rezistență mare de adeziune la beton, rezistente la apă, rezistența la îngheț, durabilitate să se recomande pentru a proteja construcțiile în condiții meteorologice ușor și moderat agresive. În special acoperirea pe bază de vopsea ВД-АК-1Ф are o rezistență mare la fisurare afirmă autorii [149] conform tabelului 1.5.1.

Pentru hidroizolarea construcțiilor de beton, exploatate în condiții climaterice severe și acțiunilor mediilor tehnogenice, colaboratorii întreprinderii "POLIÄKS" au elaborat compoziția unui material cu denumirea "AKVATRON" pentru prelucrarea stratului superficial al betonului construcțiilor hidrotehnice [83,180]. Materialul "AKVATRON" este alcătuit din nisip activat prin măcinare, ciment și fibre de metilsilicat de calciu (vollastonit). Ultimele formează în structura materialului o carcasă, care-i mărește rezistența mecanică cu 25...30 % și de asemenea asigură mărirea rezistenței la fisurare și uzură prin frecție. Acest material poate îmbiba stratul superficial al betonului până la adâncimea de 150 mm, mărindu-i rezistența la îngheț dezgheț de până la marca F 300 și permeabilitatea la apă până la marca W 20. Până în prezent au fost elaborate și se produc câteva tipuri de acest material [179] (AKVATRON – 6, AKVATRON - 8, AKVATRON - 8H, AKVATRON – 8B, AKVATRON - 12), care posedă diferite proprietăți. De exemplu, posedă termeni de priză în limitele 30 sec...3 min, asigură pasivarea și protecția anticorosivă a armaturii.

O compoziție minerală pentru hidroizolarea și protecția betonului a fost elaborată cu denumirea "IR-1" [61]. Folosirea acestei metode de protecție ca compoziție de rând cu alte proprietăți asigură autocolmatarea porilor și fisurilor, apărute în procesul deformării construcțiilor hidrotehnice. Ea a fost implementată larg la construcția diferitor obiecte hidrotehnice din Rusia și se recomandă pentru hidroizolarea bazinelor, rezervoarelor, pereții subsolurilor.

Pentru refacerea și protecția betonului construcțiilor colaboratorii întreprinderii "ANTICORSTROI" au elaborat o gamă de materiale cu denumirea "RIKAVERON" [181]. Aceste materiale prezintă amestecuri uscate pe bază de ciment, nisip și adaosuri, sunt admise de organele sanitare ale Rusiei pentru protecția anticorosivă a construcțiilor hidrotehnice de beton și beton

armat, hidrofobizarea stratului superficial al betonului și în același timp în calitate de mortar fungicide contra biocoroziunii.

Aceste amestecuri uscate posedă următoarele proprietăți:

- termeni de priză - începutul peste 15 minute, sfârșitul peste 45 minute;
- rezistența la compresiune, MPa – 22,5...35,0;
- rezistența la încovoiere, MPa – 4,0...6,0;
- aderența la beton, MPa – 2,0...2,5;
- permeabilitatea la apă, W – 10...16;
- rezistența la îngheț-dezghet, cicluri – F 300.

Specialiștii institutelor de cercetări științifice NIIJB și ȚNIISK (Rusia) pentru izolare și protecție anticorosivă a construcțiilor din beton, cărămidă, azbociment, lemn recomandă folosirea metodei de protecție cu acoperirile polimerice diluabile cu apa de tipul VD-AK-1F și VD-KC-1F [149]. Aceste acoperiri polimerice asigură protecția anticorosivă și izolarea construcțiilor exploatate în limitele de temperatură de la – 60°C până la + 80°C.

Caracteristicile acestor acoperiri sunt prezentate în tabelul 1.5.1

Tabelul 1.5.1 Caracteristicile acoperirii polimerice

| N. crt. | Denumirea caracteristicii | Acoperirea polimerică | |
|---------|--|---|---|
| | | VD-AK-1F | VD-KC-1F |
| 1 | Aspectul acoperirii polimerice | Peliculă uniformă fără luciu de diferite culori | Peliculă uniformă fără luciu și cu semiluciu de diferite culori |
| 2 | Absorbția de apă a betonului cu acoperire polimerică, maxim, % în masă | 2,5 | 3,0 |
| 3 | Rezistența la îngheț-dezghet a acoperirii polimerice pe beton, cicluri | 300 | 250 |
| 4 | Aderența acoperirii la beton, MPa, minim | 2,5 | 2,0 |
| 5 | Rezistența la fisurare a acoperirii pe beton, mm, minim | 0,2 | 0,1 |

Aceste acoperiri polimerice nu au miros și sunt recomandate de Ministerul sănătății al Rusiei pentru contactul nemijlocit cu apa potabilă.

OOO "Stroitelinâe materialâ" din Rusia pentru protecția și hidroizolarea construcțiilor propune o gamă de materiale numite "EMACO" [181]. Aceste materiale permit îndeplinirea lucrărilor de izolare și protecție anticorosivă până la temperatura de – 20°C, iar betonul cu aceste adaosuri posedă următoarele proprietăți:

- rezistență chimică la acțiunea mediilor agresive;

- lucrabilitate;
- rezistență sporită la șoc;
- dilatarea și posibilitate de colmatare a porilor și fisurilor în beton, inclusiv și fără îngrijire umedă a betonului.

Gama largă de produse a acestei întreprinderi, inclusiv pe bază de nanomateriale, permite asigurarea hidroizolării și protecției anticorosive atât a betonului, cât și protecția anticorosivă a armaturii.

Pentru protecția construcțiilor hidrotehnice grupa companiilor "PENETRON" [92] a elaborat o gamă de materiale (Penetron, Penekrit, Peneplag, Vaterplag, Penebar), destinate pentru mărirea impermeabilității la apă a betonului, pentru hidroizolarea fisurilor, rosturilor și îmbinărilor, pentru lichidarea scurgerilor de apă etc. Aceste materiale în funcție de destinație prezintă amestecuri uscate sau cordon. Materialele Penetron în formă de amestecuri uscate posedă posibilitatea de a impregna betonul până la adâncimea de 50 cm. Betonul cu marca de impermeabilitate la apă W2 după impregnare cu materialul Penetron obține marca de impermeabilitate la apă W10. Acest material asigură de asemenea protecția armaturii betonului și îi mărește rezistența la îngheț dezgheț cu până la 100 cicluri față de rezistența inițială. Materialele Penetron posedă aderență înaltă la beton, metal, cărămidă, roci naturale, nu se contractă în procesul exploatării și sunt admise de organele sanitare ale Rusiei și SUA de a contacta direct cu apa potabilă. Ele au fost larg implementate la construcția obiectivelor din Rusia, SUA, Europa.

Concernul BASF și grupa întreprinderilor IRMAST [182] propune pentru refacerea și protecția construcțiilor de beton materiale pe bază de polimeri cu denumirea EMACO. Aceste materiale fiind aplicate pe betonul construcțiilor se întăresc și posedă practic caracteristici egale cu cele ale betonului, asigurând astfel o construcție cu proprietăți unice. Materialele EMACO posedă rezistență chimică înaltă, asigurând astfel și o protecție anticorosivă a betonului. Gama largă a materialelor EMACO (MASTERSEAL, MASTERFLEX, NanoCrete, MASTERFLOW; POLYFIX etc.) permit de a rezolva practic toate problemele ce țin de hidroizolarea construcțiilor de beton. În mare măsură aceste materiale au fost folosite la îndeplinirea lucrărilor de refacere și protecție a construcțiilor podurilor și drumurilor.

Pentru protecția suprafețelor interioare ale conductelor și rezervoarelor pentru transportarea și depozitarea apei potabile specialiștii SRL "POLIFAN-L" [149] au elaborat vopsele VD-AK-1F și VD-KC-1F diluabile cu apa pe baza polimerilor fosfatici.

Acoperirile polimerice pe baza acestor vopsele posedă proprietățile, indicate în tabelul 1.5.2.

Tabelul 1.5.2. Proprietățile vopselelor de tipul VD

| Nr. crt. | Denumirea caracteristicii | Metoda de determinare | Marca acoperirii polimerice | |
|----------|---|-----------------------|-----------------------------|------------------|
| | | | VD-AK-1F | VD-KC-1F |
| 1 | Elasticitatea la încovoiere, maxim | GOST 6806 | 1 | 1 |
| 2 | Rezistența la acțiunea apei, h, minim | GOST 9.403 | 24 | 24 |
| 3 | Rezistența la acțiunea uleiurilor minerale, h, minim | COST 9.403 | 24 | 24 |
| 4 | Spălarea la acțiune apei, g/m ² , maxim | GOST 28196 | 0,5 | 0,5 |
| 5 | Stabilitatea la acțiunea luminii, h, minim | GOST 21903 | 4 | 4 |
| 6 | Durabilitatea în camera climaterică "FEITRON", ani, minim | - | 10 (100 cicluri) | 10 (100 cicluri) |
| 7 | Rezistența la îngheț dezgheț, cicluri, minim | GOST10060.2 | 300 | 250 |
| 8 | Rezistența la fisurare, mm, minim | RS CAER 5634 | 0,2 | 0,1 |
| 9 | Aderența la beton prin smulgere, MPa, minim | GOST 28574 | 2,5 | 2,0 |

Acoperirile polimerice pe baza acestor vopsele au fost admis de organele sanitare pentru a contacta direct cu apa potabilă. Ele micșorează absorbția de apă a betonului cu 30...40 % în masă și măresc rezistența lui la îngheț dezgheț de peste 2 ori. Sistema acoperirii polimerice alcătuită din 3-4 straturi cu grosimea totală de circa 150 mm asigură protecția betonului la acțiunea lichidelor cu agresivitate medie, iar durata de protecție de către beton a armaturii se mărește de 6...8 ori.

Concernul "GISCOSA di Ispania" [183] a elaborat metoda de aplicare și produce pentru hidroizolarea rezervoarelor și bazinelor de apă, tunelurilor, fundațiilor, acoperișurilor membrane polimerice cu marca EPDM (etilenă-propilenă-dien-monomer), care prezintă un cauciuc sintetic cu proprietăți analogice ale cauciucului natural. Membranele cu grosimea de 1,0 și 1,2 mm sunt elastice și alungirea remanentă relativă este de 450 %, iar rezistența la întindere este de 11,8 MPa. Limitele temperaturilor de exploatație a membranelor sunt de la - 45 °C până la + 250 °C. Membranele sunt rezistente la acțiunea ozonului și razelor ultraviolete. La suprafața betonului membranele se fixează mecanic sau se încheie cu substanțe adezive speciale, elaborate de specialiștii concernului. Rosturile dintre membrane se sudează sau se încheie cu pelicule speciale. Aceste membrane au fost larg implementate în Rusia și SUA la hidroizolarea diferitor construcții din beton armat, însă ele nu sunt admise de organele sanitare de a contacta direct cu apa potabilă.

Pentru protecția anticorrosivă și hidroizolarea utilajului și rezervoarelor, destinate păstrării produselor alimentare și apei potabile savanții FȘP "PIGMENT" din Rusia au studiat posibilitatea elaborării acoperirii polimerice epoxidice fără conținut de dizolvanți organici [185]. Concomitent, în scopul îmbunătățirii proprietăților igienico-sanitare a rășinilor epoxidice a fost studiată posibilitatea îmbogățirii lor prin înlăturarea produselor sintezei acestor rășini – epiclorhidrinei și difenilolpropanului. Rezultatele cercetărilor chimico-sanitare au arătat îmbunătățirea proprietăților igienico-sanitare le acestor rășini și pe baza lor au fost elaborate acoperiri polimerice pentru protecția anticorrosivă și hidroizolarea recipientelor pentru depozitarea produselor alimentare lichide (vin, lapte, ulei, apă potabilă cu temperatura în limitele de la -20°C până la +40°C).

În scopul măririi proprietăților fizico-mecanice, aderenței la suport, densității și rezistenței la fisurare savanții [151] au studiat influența adaosurilor minerale asupra acoperirilor polimerice pe bază de rășini epoxidice. În calitate de adaosuri minerale au fost folosite pulberile cu suprafața specifică de 2000 cm²/g din granit, fluorit, pirită, diabaz, bazalt, ceramică, obsidian, ciment de portland, cuarț, diatomit și reziduuri de la producerea articolelor de azbociment. S-a dovedit, că în rezultatul reacției dintre rășina epoxidică și aceste pulberi (materiale de umplutură) se formează legături de tipul C-O, care în mare măsură măresc aderența la beton. Concomitent a fost cercetat gradul de întărire a rășinilor epoxidice cu conținut de aceste pulberi. Rezultatele cercetărilor au arătat că adaosurile cu proprietăți de bază (diatomit, cuarț) servesc drept catalizatori și grăbesc procesul de întărire a rășinilor epoxidice.

Pentru micșorarea fragilității acoperirilor polimerice pe bază de rășini epoxidice savanții [151] modificarea lor cu adaosuri de bitum cu masa moleculară de 2020...2080. Particulele unor tipuri de bitum (asfaltenele, rășinile) sunt înconjurată de grupe active (-OH, -SH, -COOH, -COH, -SOH, -NH, -NH₂, -NO, -CO), care pot reacționa între ele și cu grupele epoxidice. Grupele funcționale redau suprafeței particulelor de bitum un caracter liofil, datorită cărui fapt ele se combină cu rășinile epoxidice, mărindu-le plasticitatea și gradul de întărire. Rezultatele cercetărilor au arătat că cantitatea optimală a bitumului în rășinile epoxidice este de circa 30 % în masă.

O gamă de materiale hidroizolante a fost elaborată de firma "HIDROTEX" [185]. Materialele "HIDROTEX" se produc sub formă de pulberi de impregnare a stratului superficial al betonului, amestecuri uscate, acoperiri polimerice elastice, masticuri. Pulberea de impregnare "HIDROTEX-K" posedă posibilitatea de a pătrunde în structura betonului până la adâncimea de 100 mm, mărinind impermeabilitatea la apă până la W 8. Stratul de beton impregnat posedă în vârstă de 28 zile aderență la beton ($R_{a\ 28}$) de până la 4,4 MPa. Coeficientul de rezistență chimică (K_{rc}) la soluții de săruri și baze, dizolvanți organici și produse petroliere este de 0,8. De rând cu mărirea densității betonului această pulbere posedă posibilitatea de a colmata fisurile în el cu deschiderea

de până la 0,5 mm. Alte materiale din gama "HIDROTEX" (B, U, B, F) permit refacerea stratului deteriorat al betonului măbindu-i rezistența la compresiune (R_{comp}) de până la 50 MPa, la încovoiere (R_{inc}) de până la 9 MPa și la îngheț dezgheț de până la F 500.

Lucrările de hidroizolare cu aceste materiale se îndeplinesc la temperatura de minim + 5 °C și nu necesită o pregătire deosebită a personalului sau condiții pur specifice în comparație cu cele obișnuite de refacere a betonului construcțiilor. Diapazonul temperaturilor de exploatare a materialelor "HIDROTEX" și coeficientul de dilatare liniară termică sunt identice cu cele ale betonului. Materialele "HIDROTEX" nu conțin dizolvanți organici și substanțe radioactive și sunt permise de organele sanitare ale Rusiei (avizul MS a Rusiei CGC nr. 77.01.03.570.JI.17806.04.09) de a contacta direct cu apa potabilă.

Firma "MAPEI" din Italia propune pentru îndeplinirea lucrărilor de protecție anticorrosivă și hidroizolare amestecuri uscate pe bază de ciment portland, inclusiv de culoare albă pentru lucrări de finisare decorative [186]. Aceste materiale permit impregnare stratului superficial al betonului de până la adâncimea de 10 mm, redându-i proprietăți hidrofobe și anti bactericide. Conținând în componența sa fibre sintetice, aceste materiale posedă rezistență mărită la fisurare și permit hidroizolarea rosturilor cu lățimea de până la 20 mm dintre elementele de beton armat.

Colaboratorii întreprinderii "BUDINDUSTRIA" din or. Zaporojie (Ucraina) au elaborat o gamă de materiale hidroizolante cu denumirea "RELAXOL" pentru hidroizolarea și protecția construcțiilor de beton [187]. Aceste materiale de asemenea prezintă amestecuri uscate pe bază de ciment cu proprietăți hidrofobe și anti bactericide. Materialele "RELAXOL" nu provoacă coroziunea armaturii betonului (avizele nr. 9/2000 al ICSC, or. Kiev și nr. TN-13-1249/1 NIIJB, or. Moscova), nu sunt toxice (avizul MS al Ucrainei nr. 22/157).

Toate aceste adaosuri, amestecuri uscate, pulberi pentru impregnarea stratului superficial al betonului construcțiilor formează straturi fragile și deja la deformările neesențiale ale rezervoarelor în el apar fisuri. În unele cazuri (concentrații mari a substanțelor agresive) aceste straturi nu asigură protecția anticorrosivă necesară a betonului rezervoarelor. De aceea aceste metode de protecție anticorrosivă n-au găsit o răspândire largă în practică.

În ultimii ani atât la noi în țară cât și peste hotare au început să se folosească, pentru finisarea fațadelor clădirilor sau a articolelor din panouri mari, acoperiri decorative pe baza dispersiilor de apă a polimerilor sintetici generatori de peliculă [66,67,89].

Compozițiile polimerminerale prezintă suspensii care formează o pastă a umpluturilor de dispersii aspre (nisip, granule de piatră, reziduuri de la concasare ale industriei producătoare de porțelan și faianță, pigmenți și adaosuri speciale în soluția de apă al liantului polimeric).

Utilizarea compozițiilor de apă dispersate din polimeri pentru finisare permite de a obține acoperiri decorative care posedă caracteristici înalte de aderență, stabilitate la apă, rezistență la fisurare, elasticitate, gelivitate înaltă și stabilitate a culorii, rezistență la acțiunea factorilor atmosferici și impermeabilitate la acțiunea aburului.

Totuși întrebuințare largă aceste compoziții nu au obținut datorită dificultății și costului înalt al lianților polimerici - latexul sintetic, dispersiile de acetat de polivinil etc.

Pentru elaborarea acoperirilor de finisare și protecție anticorosivă se folosesc soluții de (20...25) % de latex în calitate de generator de peliculă acumulate la uzinele de cauciuc sintetic, de producere a latexului - marfa și în procesul de spălare ale recipientelor de păstrare. Tehnologia concentrării latexului din apa de canalizare este elaborată de filiala din Voronej al Institutului Rusiei de științe și cercetări științifice ale cauciucului sintetic.

În cercetări se folosesc deșeuri concentrate ale soluțiilor de latex a uzinei din Voronej care includ: latex butadienstiren BS 50, GP 78%, latex divinilstiren SKD - 1 (5...6)%, latex butadiencarboxilic BSK - 70/2 GP - (2...3)%, apă - restul. Condițiile de bază la prepararea compozițiilor de finisare este proprietatea reologică a amestecului care asigură stabilitatea de sedimentare a umpluturii aspre dispersate cu fracțiile (0,315...2,5) mm în dispersia apoasă a liantului polimeric.

În calitate de adaosuri tixotrope, care majorează viscozitatea deșeurilor concentrate ale amestecului de latex au fost cercetate sarea de natriu carboxilmetilceluloză (Na - KMT, 20% de soluție de apă), cleiul de cazeină (20% soluție apoasă), reziduuri ale emulsiilor care conțin acizi (5% concentrație) și produsul sintetic "Rohplex" (25% concentrație).

Substanțele de majorare a viscozității asigură o mai bună mărire lentă a viscozității, dar includerea lor în sistemul de latex mai mult de 1,5 (% în masă) de "Rohplex" și mai mult 1,8 (% în masă) ale reziduuri care conțin acizi, conduce la ridicarea esențială a viscozității.

Aceste cantități de adaosuri tixotrope permit de a obține compoziții dense și de a le umplea cu un material de dispersie aspră în raportul 1: 1 (reziduuri de latex: umplutură de dispersie aspră) care corespunde viscozității (12... 14) cm ca și a latexului - marfa.

Viscozitatea indicată ale compozițiilor de finisare asigură nu numai o rezistență înaltă a sedimentării de dispersie aspră, dar și depunerea calitativă a ei la suprafața de finisare prin pulverizare cu formarea facturii decorative. Datorită faptului că adaosul de clei de cazeină conduce, în procesul de păstrare ale compozițiilor de finisaj, la putrefacția ei și al mirosului, pentru studierea rezistenței la factorii atmosferici ale acoperirilor decorative pe baza reziduurilor concentrate ale amestecurilor de latex au fost utilizate adaosurile de Na - KMT și amestecul "Rohplex" împreună cu reziduurile emulsiei cu conținut de acizi.

Rezistența garniturii polimermineralogice apreciază pe modele de gazosilicați cu densitatea aparentă de 700 kg/m³ privind modificarea caracteristicilor de aderență și a protecției de apă, ale acoperirilor în procesele ciclice înghețare-dezghețare și umezire-uscare. Încercările au fost îndeplinite în acord cu cerințele referitoare la acoperirile polimermineralogice pentru betoanele celulare.

Din cauza că Na-KM₂ este un material nerezistent la apă, în compoziția pe baza sa au fost introduse adaosuri hidrofobe (GKJ 10, reziduuri ale lacurilor epoxidice, email pentaftalic) sau se acopereau cu un strat adăugător de protecție (amestec de reziduuri concentrate de latex cu CKJ 10). Paralel se îndeplinesc cercetări ale acoperirilor preparate cu folosirea amestecului "Rohplex" și a reziduurilor cu conținut acrilic.

Dar aceste materiale și acoperiri nu posedă impermeabilitate și stabilitate la acțiunea îndelungată a apelor potabilă și tehnică și nici rezistență la fisurare.

O protecție mai eficientă ale rezervoarelor de beton și beton armat, folosite pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică, în timpul de față este izolarea suprafețelor interioare ale acestora cu diferite acoperiri [85]. Însă în timpul de față asigurarea hidroizolării construcțiilor de beton și beton armat se rezolvă prin folosirea unor metode și materiale care nu pe deplin și nu în toate condițiile asigură rezultate eficiente.

Firma "Kema" (Slovenia) produce materiale de hidroizolare pentru construcțiile de beton și beton armat care se aplică în formă de acoperiri polimerice din pulberi [187]. Printre proprietățile pozitive ale acestor materiale se menționează posibilitatea de acoperire pe o suprafață umedă, proprietăți adezive, lipsa diluanților organici - puritate ecologică.

Caracteristici fizico-mecanice ale acoperirii sunt indicate în tabelul 1.5.3.

Tabelul 1.5.3. Caracteristici fizico-mecanice ale acoperirii

| Indicii | Materiale | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| | Hidrotes VA | Hidrotes AN | Hidrostop elastik |
| Rezistența în vârstă de 28 zile, MPa: | | | |
| la compresiune | 27,9 | 35,1 | 21,1 |
| la încovoiere | 8,4 | 8,4 | 12,5 |
| Aderența la beton după 28 zile, MPa | 2,2 | 2,4 | 2,53 |

Pentru asigurarea impermeabilității rezervoarelor predestinate păstrării apelor potabile este folosit Hidrotes VA, iar pentru hidroizolarea construcțiilor care contactează cu mediile agresive se întrebuițează Hidrotes AN.

Pentru construcțiile care sunt supuse acțiunii forțelor statice și dinamice esențiale și pe suprafața lor pot apărea fisuri se recomandă utilizarea materialului Hidrostop elastik care prezintă un amestec de polimer cu ciment compus din două părți - masa uscată și emulsie. Viabilitatea acestui amestec de beton este în limitele (20...25) min.

Pentru protecția anticorosivă a rezervoarelor de beton armat, utilizate pentru depozitarea lichidelor tehnice, a fost elaborată acoperirea pe baza rășinii vinilice alcătuită din grund HS-04 și lac HS-76 [75]. Această acoperire posedă stabilitate înaltă la acțiunea acizilor și a bazelor, nu transmite mirosuri, însă nu posedă rezistență la fisurare și la deformarea rezervoarelor se distruge.

Analiza bibliografică îndeplinită și practica exploatarei au demonstrat că acoperirile epoxidice posedă, comparativ cu altele, o stabilitate chimică mai înaltă, caracteristici fizico - mecanice și sanitaro-igienice, umflare redusă și viabilitate de exploatare care depășește 3 ani.

Dar ne cătând la aceste avantaje acoperirile epoxidice totuși nu corespund în măsura cuvenită cerințelor impuse acoperirilor destinate păstrării apelor potabilă și tehnică. În procesul de exploatare se observă micșorarea lentă a aderenței acoperirii la suprafața protejată cu exfolierea ulterioară [137] cu toate că în multe cazuri la aplicarea lor se folosește impregnarea preventivă a suprafeței. Aceste acoperiri posedă rezistență la fisurare redusă [152,153] și se distrug la apariția primelor fisuri în beton [136,137].

Tehnologia de aplicare a acoperirilor epoxidice, cât și a altor acoperiri polimerice nu prevăd unele cerințe importante privind pregătirea suprafeței protejate a betonului, de asemenea rugozitatea, porozitatea de suprafață, umiditatea lui etc.

Este cunoscută posibilitatea măririi durabilității (viabilității) rezervoarelor de beton armat prin folosirea protecției primare [95,99,103,104], care se asigură cu diferite metode și cele mai des folosite sunt: introducerea în amestecul de beton a adaosurilor care-i măresc rezistența la corosiune; folosirea în calitate de liant a cimenturilor speciale; utilizarea metodelor efective de compactare a amestecului de beton; impregnarea betonului cu diferite materiale, etc. Dar și această posibilitate nu este luată în considerație de tehnologia existentă de executare a acoperirilor anticorosive pentru rezervoarele de beton armat.

Dezavantajele enunțate limitează utilizarea acoperirilor existente și posibilitatea asigurării unei protecții anticorosive eficiente a rezervoarele de beton armat.

Practica exploatarei arată că actualmente protecția anticorosivă cea mai efectivă a rezervoarelor de beton armat, folosite pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică, poate fi obținută prin izolarea suprafețelor lor interioare cu acoperiri de polimerice. Caracteristicile de protecție ale acoperirilor de lacuri și vopsele se determină prin complexul următorilor indici:

rezistență chimică, mecanică și aderență la suprafața protejată în mediile agresive sporite, rezistență la fisurare corespunzătoare, permeabilitate mică.

Caracteristica generală de evaluare a proprietăților de protecție ale acoperirilor este perioada, pe parcursul căreia se menține posibilitatea de izolare a materialului de distrugere la influența mediului ambiant.

Acoperirile de lacuri și vopsele prezintă un corp în trei straturi [163], în care stratul de la suprafață (finit, care de obicei este din email) constituie suprafața peliculei acoperirii care contactează nemijlocit cu mediul de exploatare, al doilea - stratul intermediar al acoperirii (care, nivelează suprafața protejată și poate fi aplicat în mai multe straturi) și al treilea - stratul inferior (grundul) care impregnează stratul superficial al betonului.

Grundul (stratul de impregnare al acoperirii) în majoritatea cazurilor nu posedă proprietăți de protecție anticorosivă deoarece, de regulă, posedă permeabilitate mărită, nu posedă rezistență chimică și proprietăți de protecție anticorosive [118], dar asigurând aderența straturilor ulterioare cu suprafața supusă protecției, influențează la proprietățile de protecție ale acoperirii [120].

Materialele care intră în compoziția grundului trebuie să fie rezistente la alcaline [99], deoarece betonul, în dependență de vârsta sa și tipul cimentului, poate avea valoarea indicelui de hidrogen $\text{pH} = (12 \dots 12,5)$ [90,119].

Peliculogenul, utilizat la prepararea grundului, trebuie să posedă o aderență bună la beton, iar amestecul de liant trebuie să se impregneze lejer în beton. Grundul trebuie să posedă același coeficient de dilatare termică, contracție și dilatare ca și betonul.

Stratul intermediar al acoperirii poate avea câteva destinații și anume:

- finisarea suprafeței impregnate a betonului și pregătirea sa pentru aplicarea stratului superior de protecție al acoperirii;
- oferirea acoperirii unei anumite grosimi care asigură proprietăți fizico-mecanice și de protecție necesare, iar în unele cazuri - permeabilitate minimă [102];
- asigură aderență între straturile inferioare și superioare ale acoperirii.

Stratul superior (de regulă de email) al acoperirii contactează direct cu mediul agresiv, de aceea trebuie să posedă rezistență chimică, permeabilitate la lichide și umflare minimă [120], să ofere un anumit aspect întregii acoperiri și să nu influențeze calitatea produselor (în cazul dat a apei potabile) cu care contactează.

Aderență între straturi se asigură datorită acțiunii diluantului, care dizolvă parțial stratul deja aplicat, creând astfel o integritate între straturile aplicate [43 p.192, 64].

Caracteristicile de protecție, în general, depind de proprietățile corespunzătoare ale fiecărui strat, de aceea toate straturile acoperirii trebuie să posedă anumite proprietăți fizico-mecanice și

chimice în dependență de destinația funcțională a fiecărui strat. Aceasta asigură totalitatea acoperirii, aderență corespunzătoare între straturile sale și acoperirii în întregime la suprafața protejată, de asemenea protecție anticorrosivă sigură privind suprafețele interioare ale rezervoarelor de beton armat la exploatarea lor îndelungată.

La elaborarea acoperirilor destinate protecției anticorrosive a construcțiilor de beton și beton armat, o importanță deosebită o are alegerea corectă a sistemului acoperirii. Alegerea sistemului acoperirii se îndeplinește cu considerarea caracterului suprafeței de beton destinate protecției, condițiile de exploatare ale construcției, agresive mediului față de beton și alți factori.

Normele și regulile de construcții [46], recomandările și regulile de protecție ale construcțiilor de beton și beton armat care se exploatează în mediile agresive, clasifică condițiile de exploatare, caracterul suprafeței protejate, agresivitatea mediilor în dependență de puterea de acțiune asupra betonului și recomandă sisteme de acoperire corespunzătoare [116,129]. Necăutând la faptul că pentru anumite condiții de exploatare ale construcțiilor de beton și beton armat se recomandă sisteme de acoperiri corespunzătoare, totuși în procesul exploatării în multe cazuri are loc micșorarea bruscă a proprietăților de protecție ale acoperirilor polimerice, apariția fisurilor și micșorarea aderenței la beton cu exfolierea lor ulterioară.

Una din cauzele principale de micșorare a aderenței acoperirilor este, în primul rând, apariția apei la limita beton – acoperire și crearea unui monostat, care separă acoperirea de suprafața protejată [114].

Influență importantă la procesele de difuzie și sorbție a mediului materialelor acoperirii are presiunea osmotică care apare în rezultatul diferenței de concentrație ale soluțiilor aflate din partea exterioară a suprafeței peliculei și la limita contactului său cu materialul protejat [140,142]. Sub influența presiunii osmotice, moleculele de apă se mișcă prin membrana soluției cu concentrația mai mică în soluția mai concentrată. Pătrunderea osmotică a umidității se accelerează, dacă în acoperire sau la suprafața materialului protejat se conțin substanțe solubile în apă.

Moleculele de apă pătrunzând prin acoperire dizolvă aceste substanțe, iar în rezultat se formează, în peliculă și sub peliculă, microvolume de soluție electrolitică cu concentrație mai mare decât la suprafața acoperirii. La micșorarea osmotică a umidității prin pelicula acoperirii, presiunea electrolitului poate atinge valori considerabile, în rezultat are loc desprinderea peliculei de la suprafața protejată și sub peliculă se formează bule umplute cu electrolit care, în consecință, se sparg și pe suprafața descoperită a betonului se dezvoltă procesul de coroziune.

Prevalarea conductivității cationice pentru acoperirile polimerice condiționează posibilitatea lor către transportarea electroosmotică a apei. Factorul electroosmotic joacă rolul principal în transportarea apei prin pelicula de protecție a metalelor [79]. Transportarea electroosmotică a

umidității este cu atât mai voluminoasă cu cât este mai evidențiată conductivitatea ionilor de tipul dat.

Atingând suprafața betonului, apa interacționează cu cimentul, în final contribuind la slăbirea legăturilor dintre acoperire și beton [163]. Apa exercită de asemenea și acțiune de stratificare și consecvent exfoliază acoperirea de beton [51,99,157]. De altfel, apa condiționează, într-o anumită măsură, coroziunea betonului (coroziunea de tipul I) în rezultatul căreia are loc micșorarea aderenței acoperirii la beton.

Timpul de atingere a frontului difuzional al fluxului apei al suprafeței betonului se determină cu coeficientul de difuzie a apei [114], care se calculează cu formula:

$$D = \frac{L^2}{6\Theta}, \quad (1.1)$$

în care:

D - coeficientul difuziei;

L - grosimea acoperirii;

Θ - perioada inductivă.

Valoarea Θ se determină din valoarea permeabilității la apă prin pelicula polimerică.

Pentru acoperirile epoxidice de grosimea de (200...300) mm Θ constituie, în general (3...4) zile [79]. Astfel aproximativ peste o săptămână de exploatare a betonului, protejat cu acoperire polimerică, suprafața rezervoarelor va contacta cu apa.

Coeficientul de difuzie al electroliților depinde de volatilitatea acestora. Astfel de electroliți ca NaCl, Na₂SO₄ și alte săruri neorganice posedă o presiune redusă a vaporilor. Coeficientul de difuzie al acestora este foarte mic [114].

Electroliții volatili, în particular acizii organici, au un coeficient de difuzie înalt însă, chiar și mai încet ca apa, dar cu o viteză vizibilă ating suprafața "beton - polimer". La interacțiunea lor cu piatra de ciment are loc distrugerea acesteia (coroziunea de tipul II) cu formarea unui strat intermediar din produse corodate care separă acoperirea de beton. În acest caz resursele de acțiune protectoare ale acoperirilor se determină de viteza de pătrundere a frontului difuziei acizilor către beton [166].

De rând cu acțiunea apei și acizilor o influență deosebită la proprietățile de protecție ale acoperirilor polimerice o au fisurile care apar în construcțiile de beton și beton armat. Apariția microfisurilor în tot volumul construcțiilor de beton și beton armat se începe de la perioada întăririi betonului și se dezvoltă în procesul stabilirii structurii până la acțiunea forțelor exterioare [100]. Fisurile din beton micșorează rigiditatea construcțiilor, măresc permeabilitatea stratului de beton, micșorează gelivitatea și condiționează apariția coroziunii armaturii. Cauzele care influențează

formarea fisurilor pot fi înlăturate prin metode tehnologice și calcule dar proiectarea acestor construcții stabile conduc la mărirea masei lor și la un consum enorm de materii prime.

Metodele raționale de proiectare a construcțiilor de beton armat admit formarea fisurilor care apar ca rezultat al particularităților specifice ale betonului datorită deformărilor de contracție, de temperatură, acțiunii forțelor statice, dinamice etc.

În cazul în care, în construcțiile de beton armat se admite deschiderea fisurilor, acoperirile polimerice anticorrosive trebuie să fie rezistente la fisurare. Conform normativelor în construcții în vigoare [34 p.227, 44] în majoritatea construcțiilor de beton armat se admite deschiderea fisurilor temporare și de lungă durată cu lățimea de 0,3 și, respectiv, 0,2 mm.

Acoperirile polimerice, folosite în prezent pentru protecția anticorrosivă a betonului construcțiilor hidrotehnice nu au rezistența necesară la fisurare. La formarea și deschiderea fisurilor în beton, ele se distrug, de aceea viabilitatea și caracteristicile lor protectoare sunt infime [66].

Studierea eficienței protecției anticorrosive cu acoperiri polimerice a arătat că acoperirile elastice, folosite pentru protecția metalelor, nu pot asigura protecția anticorrosivă a substraturilor (de beton, tencuială, ceramică, lemn etc.) în care se admite prezența fisurilor [67].

Observările pe teren [85,112] și practica de exploatare [65,66,67] au demonstrat că la apariția și deschiderea fisurilor în betonul construcțiilor, acoperirile polimerice folosite până în prezent nu rezistă deformațiilor, fără distrugere, admise de normative și peste 1 – 3 ani se distrug.

Conform celor expuse mai sus, măsurile destinate mării proprietăților de protecție anticorrosivă și a viabilității acoperirilor polimerice trebuie să se compună din următoarele acțiuni:

- menținerea aderenței acoperirilor polimerice la substratul de beton la exploatarea îndelungată a construcțiilor;
- reducerea difuziei substanțelor agresive spre suprafața “polimer – beton”;
- asigurarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice.

În timpul de față pentru mărirea aderenței acoperirilor polimerice la beton, se execută impregnarea prealabilă a lui [110]. Este dovedit că aderența acoperirii, aplicată pe suprafața impregnată a betonului, este cu 25...40 % mai mare decât aderența acestei acoperirii fără grunduire de impregnare [110].

Pentru obținerea unei aderențe sigure a acoperirii la suprafața betonului construcțiilor, grundul se prepară pe bază de soluție de polimer diluată. Astfel de grund colmatează bine porii și capilarele betonului [110]. De exemplu, pentru asigurarea unei aderențe înalte a acoperirii perclorvinilice stratul primar de grund avea viscozitate mică și pentru preparare s-a folosit o soluție de rășină perclorvinilică de 10 % în amestec cu plastifiant [110].

Pentru executarea acoperirilor cu strat de armare din pânză în calitate de grund a fost propus chitul epoxidic EP-0010 diluat până la viscozitatea 18-20 s măsurată cu un viscozimetrul de tip VZ-246 (VZ-4) [110].

Asupra aderenței acoperirii, în afară de impregnarea prealabilă, influențează și calitatea suprafeței betonului supusă acoperirii [110,126], și anume rezistența ei mecanică, umiditatea, bazicitatea, puritatea etc. De aceea, aceste cerințe se reglementează de documentele tehnico-normative [46,47] și se iau în considerare la executarea lucrărilor anticorosive. Îndeplinirea complexului de cerințe enumerate permite asigurarea unei valori înalte a aderenței acoperirii pe o durată de exploatare îndelungată numai în mediile umede și gazoase. Însă la exploatarea acoperirilor în contact cu mediile agresive lichide aceste măsuri nu permit asigurarea aderenței înalte a acoperirii la exploatarea îndelungată a construcțiilor.

Mediile lichide sunt mult mai agresive decât cele gazoase [34] și la apariția lor, în urma difuziei la suprafața ”polimer – beton”, reduc aderența atât din cauza acțiunii de stratificare, cât și a formării stratului intermediar din produsele de coroziune ale betonului. Aceasta contribuie la reducerea rapidă a aderenței acoperirilor până la exfolierea lor. Aplicarea măsurilor, existente în prezent, pentru mărirea aderenței acoperirilor polimerice sunt acceptabile doar la exploatarea lor în mediile agresive gazoase, iar la exploatarea în contact cu mediile agresive lichide efectul obținut este minim și trebuie stabilite măsuri suplimentare.

În scopul reducerii permeabilității acoperirilor polimerice și măririi proprietăților de protecție, în compoziția lor se introduc materiale de umplură și pigmenți [78,94,157]. Astfel, reducerea permeabilității la lichide și gaze a acoperirilor polimerice poate fi obținută introducând în ele pigmenți până la concentrația lor critică în volum după care permeabilitatea acoperirilor se mărește brusc. Micșorarea primară a permeabilității datorită introducerii pigmentului, se explică prin faptul că umiditatea difuzează în peliculă prin materialul liant (peliculogen). Particulele materialelor de umplură și de pigmenți măresc drumul ei, care echivalează cu mărirea grosimii peliculei ne pigmentate. La mărirea concentrației critice în volum a materialului de umplură și a pigmentului peliculogenul nu este în cantitatea suficientă pentru unirea particulelor separate a materialului de umplură și pigment și în peliculă apar pori prin care lichidele pătrund liber [81].

Permeabilitatea acoperirii depinde și de grosimea ei [101,115,140] de aceea ea se stabilește, pornind atât de la cerințele pentru proprietățile fizico-mecanice cât și de la permeabilitate.

Pentru fiecare sistem de acoperire există o grosime anumită, așa numita grosime critică [115]. Pentru asigurarea acțiunii protectoare a acoperirii este necesar ca grosimea stratului polimeric să fie mai mare decât cea critică. Un rol considerabil în aceasta îl are numărul de straturi. La grosimi egale ale stratului polimeric proprietățile protectoare, de regulă, cresc odată cu mărirea numărului

de straturi datorită acoperirii porilor și defectelor peliculei. La aplicarea peliculei în mai multe straturi se micșorează coeficientul de difuzie. Aceasta indică că în acoperirile în mai multe straturi are loc modificarea structurii capilare și a condițiilor de umflare, fapt care conduce la reducerea difuziei ionilor și la frânarea procesului de coroziune [121]. De aceea, majoritatea acoperirilor polimerice se execută în mai multe straturi.

Întrucât, în rezervoarele de păstrare a apelor potabile și tehnice se admite deschiderea fisurilor cu lățimea sub 0,3 mm, pentru protecția lor anticorosivă trebuie utilizate acoperiri rezistente la fisurare. Acoperirile din tiocol și nairit rezistente la fisurare, elaborate anterior [67], din cauza toxicității lor înalte nu pot fi utilizate în contact cu apa potabilă. Acoperirea pe bază de polietilenă clorsulfurată rezistentă la fisurare este admisă de organele sanitare numai în calitate de protecție anticorosivă a utilajelor și rezervoarelor metalice destinate transportării și păstrării apei potabile [34]. Însă folosirea ei ca acoperire independentă pentru protecția suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat, destinate pentru depozitarea apei potabile nu este posibilă.

Conform rezultatelor încercărilor efectuate în țară și peste hotare, se propun mai multe sisteme de acoperiri polimerice destinate protecției anticorosive a betonului construcțiilor ce contactează direct cu produsele alimentare, apele potabilă și tehnică [2,39 p.41,121].

Concomitent, pentru rezolvarea problemei privind mărirea proprietăților protectoare ale acoperirilor polimerice, și deci a viabilității și siguranței construcțiilor de beton armat la exploatarea în medii agresive lichide este necesar să se modernizeze sistemele și compozițiile acoperirilor polimerice, expuse la acțiuni mecanice și chimice. De aceea, la elaborarea acoperirilor pentru protecția betonului construcțiilor o deosebită importanță o are determinarea corectă a sistemului de acoperire.

Determinarea sistemului de acoperire se face în conformitate cu natura suprafeței de acoperire a betonului, condițiile de exploatare în mediile lichide și cu acțiunea altor factori.

Pentru mărirea aderenței acoperirilor polimerice la beton s-a studiat eficiența introducerii cimentului expansiv în compoziția grundului. În acest caz apare un strat intermediar de polimer-ciment între acoperire și beton.

După cum s-a constatat, după o săptămână de exploatare a construcțiilor apa va atinge suprafața betonului. Astfel, ea va interacționa cu cimentul expansiv din compoziția grundului. Se presupune că aceasta va conduce la mărirea aderenței grundului de polimer-ciment la beton, datorită concreșterii cristalohidraților cimentului expansiv în porii substratului de beton, precum și la mărirea forței de frecție dintre grundul de polimer-ciment și beton la umplerea completă de către acesta a porilor, cavitațiilor și asperităților betonului în urma pătrunderii cimentului expansiv.

Peliclele polimerice, incluse în compoziția grundului, asigură aderență înaltă a straturilor următoare ale acoperirii la stratul de polimeriment [40,p.55]. Moleculele de apă și electrolit pot contacta cu materialul protejat numai în sectoarele unde lipsește legătura adezivă. Cu cât sunt mai multe centre de aderență cu atât mai puține sectoare de acest fel se află pe suprafața materialului protejat și cu atât mai reduse sunt posibilitățile de apariție a procesului de coroziune. Cu condiția că grupele funcționale active ale generatorului de peliculă interacționează cu centrele active de pe suprafața protejată, fapt care conduce la formarea legăturilor rezistente și stabile, posibilitatea de intrare în reacție a materialului protejat se reduce.

Pentru prevenirea distrugerii acoperirii la apariția și deschiderea fisurilor în beton în calitate de următorul strat după cel de grund s-a propus stratul din materiale elastice și rezistente la fisurare.

La deformarea construcțiilor de beton armat, acest strat trebuie să se deformeze fără distrugere față de fisurile formate în beton și straturile următoare ale acoperirii.

Pentru a conferi acoperirii polimerice o rezistență chimică înaltă, aspect și caracteristici igienico-sanitare corespunzătoare, în calitate de strat final s-a prevăzut aplicarea stratului de email.

Astfel, luând în considerare condițiile de exploatare a rezervoarelor de beton, destinate păstrării apelor potabile și tehnice, proprietățile lor de a provoca coroziunea betonului, deschiderea admisibilă a fisurilor în beton, particularitățile suprafeței betonului, precum și cerințele înalte privind aderența, a fost determinat sistemul acoperirii polimerice compus din: grund de impregnare din polimeriment, substrat elastic și strat de email.

Pornind de la aceste presupuneri teoretice au fost efectuate cercetările unui șir de acoperiri polimerice efectuate în corespundere cu acțiunile enunțate [64] și destinate pentru hidroizolarea și protecția anticorosivă a betonului rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării apelor potabile și tehnică.

Conform documentului normativ în vigoare [19] se efectuează încercarea materialelor de construcții privind rezistența biologică, dar folosirea metodicilor propuse de acest normativ este limitată datorită unor cauze obiective, printre care se poate de evidențiat [66]:

- la încercări ale materialelor de construcții privind rezistența la ciuperci se folosesc culturi de ciuperci, dintre care unele pot fi patogene (periculoase pentru oameni);
- pentru a efectua astfel de încercări este necesar avizul corespunzător de la organizații sanitare abilitate.

Scopul cercetărilor [66] a fost studierea complexă ale proceselor de distrugere biologică a materialelor de construcții studiind mediile model cu folosirea metodelor de pH-metru și IR – spectroscopie în infraroșu.

În studiu [66] s-au continuat cercetările anterioare [64], probe analogice de piatră de ciment

s-au menținut în soluții cu concentrații date de acizi acetic, oxalic și citric (și ale amestecurilor acestora), care modelează produsele metabolismului microorganismelor. Cercetările s-au efectuat timp de 24 h, și periodic, peste 1-2 h, s-a măsurat modificarea pH-lui mediului. După datele obținute s-au construit dependențele cinetice pH- τ (timp), unele dintre care sunt prezentate în figura 1.10 [66].

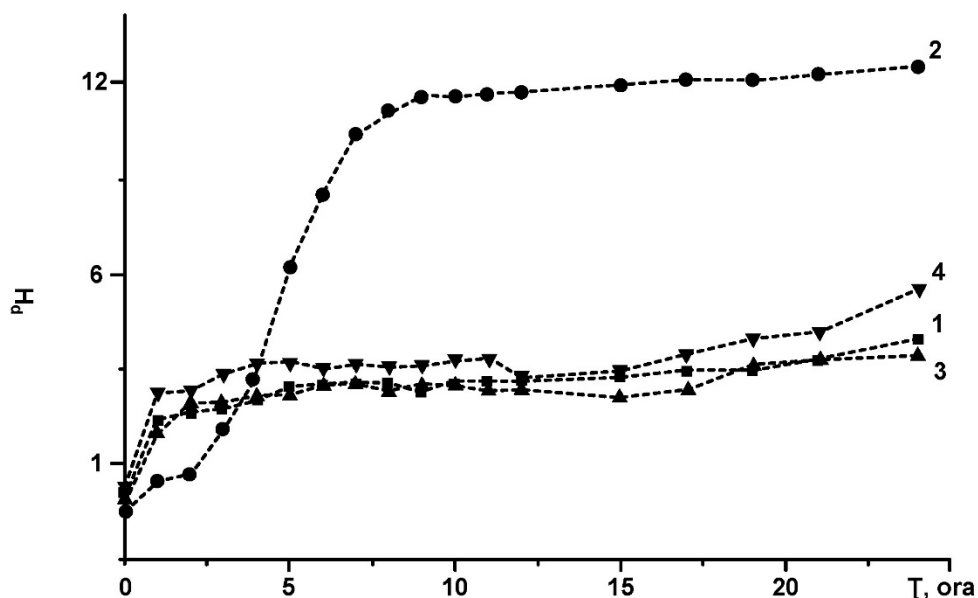


Fig. 1.12. Dinamica modificării pH-lui timp de 24 h

la menținerea probelor de piatră de ciment în mediul slab agresiv.

1 – acid acetic de 1%; 2 – acid oxalic de 0,1%; 3 – acid citric de 1%; 4 – amestec de acizi: acid acetic 1% (2 părți) + acid oxalic 0,1% (3 părți) + acid citric 1% (1 parte)

Pentru a interpreta dependențele pH- τ obținute, interacțiunile acizilor și a amestecurilor acestora cu piatra de ciment, s-au efectuat cercetări a spectrului IR a acestor interacțiuni.

Înainte de cercetare de către [66] s-a făcut spectrul IR aparte pentru toți trei acizi: acetic, oxalic și citric. Complicația tehnică a cercetării a fost în faptul, că deoarece era modelat un experiment real, în afară de cristale trebuie de făcut spectrul IR și pentru acizi și amestecurile lor într-un diluant ca apa, dar nu în diluații organici nepolari bine cunoscuți (CCl_4 , C_6H_{14}).

Acidul acetic. Din anumite motive spectrul IR al cristalului (acidul acetic înghețat) nu este posibil de obținut și de aceea de către [66] au fost efectuate spectrele IR ale soluțiilor apoase a acidului acetic de 10% și 1% concentrație (ca și pentru ceilalți acizi).

Datele obținute în rezultatul complexului spectrul IR poate fi foarte prețios pentru clarificarea tipului și caracterului dependențelor cinetice ale dependențelor pH- τ la interacțiunea cu acizii de carbonil (și a amestecurilor lor) cu piatra de ciment (tabelul 1.5.5) [66].

Tabelul 1.5.4. Caracteristicile frecvenței în spectrul IR

| Starea | ν (OH)* cm^{-1} | ν (CO)** cm^{-1} | ν (OH)*** cm^{-1} |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 10% soluție apoasă | 3387 | 1646 | 2622 |
| 1% soluție apoasă | 3380 | 1646 | - |
| NOTĂ. * oscilații de valență a grupei legate de hidroxizi, ** oscilații de valență a grupei legate de carbonili, *** oberton a grupei de hidroxizi. | | | |

Tabelul 1.5.5. Analiza tipurilor caracteristice de dependențe pH- τ la interacțiunea cu acizii de carbonil și a amestecurilor lor cu piatra de ciment

| Compoziția de reacție | Tipul de dependență |
|--|--|
| Acizi de carbonil individuali + piatra de ciment | |
| Acid acetic + Ca^{2+} (Mg^{2+}) Acid oxalic + Ca^{2+} (Mg^{2+}) Acid citric + Ca^{2+} (Mg^{2+}) | monotonă în salturi monotonă |
| Amestec de acizi de carbonil + piatra de ciment | |
| Acid acetic + acid oxalic + Ca^{2+} (Mg^{2+}) Acid acetic + acid citric + Ca^{2+} (Mg^{2+}) Acid oxalic + acid acetic + Ca^{2+} (Mg^{2+}) Acid acetic + acid oxalic + acid citric + Ca^{2+} (Mg^{2+}) | în salturi monotonă în salturi monotonă |

Analizând datele din tabelul 1.5.5 se observă o anumită legitate, astfel, în cazul acizilor acetic și citric (de asemenea a amestecurilor lor), pe graficele dependențelor pH- τ pe toată perioada se observă o creștere monotonă a pH-ului amestecului (adică trecerea în regiunea alcaliilor). Se explică prin interacțiunea acizilor de carbonil (sau a amestecurilor) cu ionii de calciu (sau de magneziu) spălați în soluția apoasă din piatra de ciment [66]. În cazul acidului oxalic (sau amestecuri de acizi cu acidul oxalic) modul caracteristic a curbei dependenței pH- τ se schimbă radical: pe grafice apar salturi ale pH-ului de diferită intensitate, natura cărora este foarte greu de explicat fără efectuarea cercetărilor suplimentare. Pentru explicarea legităților stabilite s-a analizat [66] structura acizilor studiați, proprietățile lor și a fost stabilită conexiunea cu datele obținute ale spectrului IR.

În experimentele cinetice ale interacțiunii acizilor de carbonil cu piatra de ciment s-au folosit acizi cu următoarele concentrații și pH - tabelul 1.5.6 [66].

Tabelul 1.5.6. Parametrii inițiali ai acizilor în experimentele cinetice

| Acidul | Concentrația inițială | pH inițial |
|--------|-----------------------|------------|
| Acetic | 0.07 mol/l | 3.1 |
| Oxalic | 0.07 mol/l | 1.0 |
| Citric | 0.07 mol/l | 3.0 |

În experimentul cinetic acidul acetic este disociat foarte slab, acidul acetic tribazic este disociat doar în faza întâia, acidul oxalic bibazic de asemenea este disociată până la faza întâia, dar a avut coeficientul pK_a egal cu 1,271, adică a fost cel mai puternic din toți trei acizi de carbonil.

Astfel, cu o mare doză de probabilitate, se poate presupune ce se întâmplă în soluțiile apoase la interacțiunea acizilor de carbonil (și a amestecurilor lor) cu piatra de ciment.

Metoda analizei în spectrul IR a permis de a interpreta [66] caracterul proceselor de distrugere biologică a pietrei de ciment în mediile model conform datelor experimentale a schimbării pH-lui mediului.

1.6 Concluzii, scopul și obiectivele cercetărilor științifice.

Conform analizei bibliografice și cercetărilor stării rezervoarelor de beton armat exploatate până în prezent reiese:

- necesitatea utilizării acoperirii de lacuri și vopsele împreună cu betonul compozit hidroizolant la protecția rezervoarelor de beton armat folosite la depozitarea apelor potabilă și tehnică este indiscutabilă;
- permeabilitatea considerabilă a acoperirii conduce la distrugerea corozivă a betonului și exfolierea acoperirii;
- micșorarea în procesul exploatării a aderenței acoperirilor polimerice este condiționată de apariția, în rezultatul difuziei, a apei la limita beton-acoperire și de acțiunea de stratificare, de asemenea de distrugerea betonului în rezultatul coroziunii;
- rezistența la fisurare redusă a acoperirii conduce la distrugerea sa la formarea și deschiderea în beton a fisurilor de lățimea admisibilă;
- necorespunderea acoperirilor de lacuri și vopsele tuturor complexului de cerințe aduce la distrugerea lor timpurie;
- alegerea și elaborarea acoperirilor de protecție numai reieșind numai din cerințele privind proprietățile fizico-mecanice nu poate fi considerată, în mare parte, corectă și argumentată;
- utilizarea pentru prepararea betonului a cimenturilor speciale este economic neeficientă;
- recomandările privind alegerea sistemului și compoziției acoperirii pentru protecția anticorozivă a suprafeței interne a rezervoarelor de beton armat pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică practic lipsesc.

Pentru a asigura hidroizolarea și a spori rezistența la coroziune a betonului rezervoarelor pentru depozitarea apelor potabilă și tehnică este necesar de utilizat anumite metode de protecție, prin acoperiri de lacuri și vopsele și însăși prin modificarea compoziției betonului cu adaosuri speciale.

Ca apele potabilă și tehnică să nu se filtreze prin structura betonului este necesar ca porii lui să fie închiși sau colmatați, astfel evitându-se distrugerea corozivă a betonului rezervoarelor.

Ipoteza lucrării: 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.

Scopul tezei: sporirea rezistenței la coroziune a betonului rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării 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 cercetărilor științifice:

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 anticorosive a betonului rezervoarelor, destinate păstrării apelor potabile și industriale.

2 METODELE ÎNDEPLINIRII CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE ȘI CARACTERISTICILE MATERIEI PRIME PENTRU SPORIREA VIABILITĂȚII REZERVOARELOR DE BETON ARMAT DESTINATE PĂSTRĂRII APELOR POTABILĂ ȘI TEHNICĂ

2.1 Metodele îndeplinirii cercetărilor științifice

2.1.1 Metodele cercetării structurii și proprietăților fizico-mecanice ale betonului exploatat în condițiile filtrării prin el a apei

Pentru a atinge scopul de sporire a rezistenței la coroziune a betonului rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării 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 a lichidelor și care să nu influențeze calitatea apei potabile s-au folosit metode de cercetare standardizate cât și metode ne standard.

Principiul de determinare a densității reale constă în determinarea volumului real al unei mase cunoscute de material.

În tehnică, se apreciază că un corp este lipsit de pori închiși (care nu comunică cu suprafața), dacă dimensiunile acestui corp sunt mai mari decât 0,2 mm. Porii închiși, din structura unui corp, vor putea fi deschiși prin pisarea și majorarea materialului până când toată pulberea obținută trece prin sita cu dimensiunea ochirilor de 0,2 mm.

Pentru a determina volumul real al unei mase m de pulbere, se aplică procedeul măsurării volumului de lichid dezlocuit.

O metodă simplă de aplicare a acestui procedeu o reprezintă metoda biuretei, la care, într-un balon cotat (cu volum cunoscut), în care s-a introdus o masă cunoscută de pulbere, se introduce lichid, dintr-o biuretă, până la umplerea la marcă. Diferența dintre volumul balonului și volumul lichidului scurs din biuretă (volumul de lichid care mai încapă în balon, peste pulbere) va fi egal cu volumul pulberii.

Metoda standardizată de determinare a volumului real al pulberii, numită metoda picnometrului, realizează măsurătorile prin cântăriri la balanța analitică.

Picnometrul este un balon din sticlă, cu dop rodat și un prea-plin cu diametru capilar, fie prin dop, fie prin braț lateral. După umplere, la introducerea dopului, surplusul de lichid deversează prin prea-plin, încât se realizează același volum fără a fi necesară stabilirea nivelului și eliminându-se, astfel, erorile de citire a volumelor. Se execută cântăriri ale picnometrului, în următoarele stări:

- uscat, gol (m_1);
- plin cu lichid (m_2);

- uscat, cu pulbere (m_3);
- cu pulbere și lichid (m_4).

Masa m și volumul pulberii V_r , introduse în picnometru, se calculează cu relațiile:

$$m = m_3 - m_1 \text{ respectiv } V_r = \frac{(m_2 - m_1) - (m_4 - m_3)}{\rho_l} \quad (2.1)$$

Pentru determinare se folosește un lichid, numit lichid de referință, și care trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să nu reacționeze chimic cu materialul solid;
- să i se cunoască densitatea;
- să posedă viteză de evaporare relativ mică pentru a nu i se modifica volumul în timpul executării încercării.

După cântărirea m_3 , peste pulberea din picnometru, se introduce lichid și se execută operația de eliminare a aerului, care poate fi realizată, în cazul când lichidul de referință este apă, în modul următor: picnometrul se așază pe o baie de nisip pentru a fierbe timp de 15 min., după care se răcește (durata în care pulberea se sedimentează).

După eliminarea aerului, picnometrul se umple cu lichid pentru cântărirea m_4 .

Principiul de determinare a densității aparente constă în măsurarea masei și volumului aparent al corpului cu structura nemodificată.

Masa se măsoară pe proba uscată la masa constantă. Dacă proba are forma geometrică perfectă, pentru determinarea volumului aparent se aplică procedeul măsurătorilor directe, constând în măsurarea dimensiunilor caracteristice și calcularea volumului corpului cu formula geometrică corespunzătoare. Pentru a lua în considerare eventualele mici abateri de la forma încercării, deoarece poate semnala neomogenitatea seriei de probe și explica eventualele abateri ale caracteristicii obținute, față de media seriei.

Porozitatea totală n_t reprezintă proporția în care volumul aparent al unui material este format din pori.

$$n_t = \frac{V_p}{V_a} = \frac{V_a - V_r}{V_a} = 1 - \frac{V_r}{V_a} = 1 - C \times 100, \% \quad (2.2)$$

Porozitatea totală este mărimea complementară compactității, calculându-se conform relației de mai sus, în care V_p reprezintă volumul porilor din volumul aparent (V_a).

Pentru a se diferenția volumul porilor deschiși de volumul porilor închiși, se definesc:

Porozitatea aparentă n_a , reprezentând proporția în care volumul aparent al materialului este format din pori deschiși (aparenți).

Porozitatea închisă n_i , reprezentând proporția în care volumul aparent al materialului este format din pori închiși.

Porozitatea aparentă se determină experimental, prin determinarea volumului de lichid absorbit de probă, pentru obținerea stării saturate, volum ce se raportează la volumul aparent al probei V_a :

$$n_a = \frac{m_s - m}{\rho_L} \times \frac{1}{V_a} \times 100, \% \quad (2.3)$$

în care

m_s - masa probei saturate;

m - masa probei uscate;

ρ_L = densitatea lichidului absorbit.

Porozitatea închisă se calculează prin diferența între porozitatea totală și aparentă:

$$n_i = n_t - n_a, \% \quad (2.4)$$

Porozitatea, în special porozitatea aparentă, este în relație inversă cu durabilitatea materialului; cu cât porozitatea aparentă este mai mare, cu atât materialul este mai expus pătrunderii, în structura sa, a agenților fizici și chimici de mediu (gaze, lichide), care pot provoca modificări de structură și de compoziție chimică.

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

$$R_f = \frac{P \times S}{a \times b} \times 0,1, \text{ N/mm}^2; \text{ N/cm}^2. \text{ daN/cm}^2, \quad (2.5)$$

în care

P – forța maximă înregistrată pe durata încercării (până la ruperea totală) a epruvetei;

S – aria platanului, cm^2 ;

$a \times b$ – aria probei, cm^2 .

Ruperea unei epruvete supusă la compresiune se produce prin apariția de fisuri orientate pe direcția forței, relevând că rolul determinat în procesul ruperii îl joacă deformațiile transversale, induse de deformarea longitudinală. Orice acțiune suplimentară capabilă să împiedice deformarea transversală a epruvetei va avea ca efect întârzierea apariției fisurilor și creșterea valorii rezistenței la compresiune.

O astfel de acțiune o constituie frecarea ce se manifestă între fețele epruvetei și platanele preseii, acțiune care se va opune deplasării, spre exterior, datorită deformației transversale, a unităților structurale din interfață. Efectul frecării se transmite în structura epruvetei sub un unghi, specific materialului, încât ruperea epruvetei se va produce prin fisurarea zonelor laterale, pe care

acest efect nu se resimte, în cazul epruvetelor înalte (prisme sau cilindri), efectul frecării nu se mai resimte pe zona lor centrală pe care se poate considera că încercarea se execută "fără frecare".

În consecință,

- la rupere, epruvetele cubice se vor prezenta sub forma a două trunchiuri de piramidă suprapuse la vârf;

- rezistența la compresiune obținută prin încercarea "cu frecare" este mai mare decât cea obținută prin încercarea "fără frecare";

- rezistența la compresiune scade cu creșterea raportului între înălțimea și baza epruvetei, rezistențele obținute pe epruvete prismatice și cilindrice fiind mai mari decât cea obținută pe epruveta cubică.

Rezistența la compresiune este influențată și de forma secțiunii transversale a epruvetei. Astfel, pentru secțiunile pătrate, zonele de colț vor fi deformat mai mult (punctele de colț vor suferi deplasări oblice mai mari decât punctele de pe fețele laterale), ceea ce implică eforturi interne mai mari decât pe restul secțiunii (se spune că colțurile concentrează eforturile). Rezultă că efortul unitar intern nu este uniform distribuit pe secțiune, ruperea epruvetei începând la colțuri.

Pentru secțiunile circulare, deformația este egală (simetrică) în raport cu centrul secțiunii, încât starea de eforturi nu mai este perturbată.

Diferența de comportare a secțiunilor se manifestă prin rezistența la compresiune mai mare decât cea prismatică, dar mai ales, prin gradul de împrăștiere statistică a rezultatelor mult mai mic pentru epruvetele cilindrice.

Încercarea la compresiune se poate executa și pe capete de prismă cu baza pătrată, prin interpunerea unor plăcuțe de oțel cu aria identică celei transversale a epruvetei; solicitarea de compresiune se va transmite, astfel, asupra unei zone cubice din prismă. Rezistența, obținută în acest caz, va fi mai mare decât cea obținută pe epruveta cubică independentă, datorită împiedicării deformației transversale pe direcția lungimii prisme, de către zonele nesupuse comprimării.

Deosebită importanță, pentru încercarea la compresiune, prezintă planeitatea suprafețelor epruvetei, ce vin în contact cu platanele preseii. O asperitate situată în această interfață determină contactul punctiform, încât, chiar la forțe mici, efortul în zona de contact devine foarte mare.

Rezistența la compresiune constituie cea mai mare rezistență mecanică a tuturor materialelor, sistemele de alcătuire a construcțiilor urmărind exploatarea acestora în măsură cât mai mare.

Pentru încercarea la întindere din încovoiere, se folosesc epruvete prismatice, rezemate pe două rezeme situate la o distanță impusă, numită deschidere.

Forța poate acționa în două variante:

- în 1 variantă, direct asupra epruvetei, la jumătatea deschiderii, producând momentul încovoierilor maxim, în secțiunea de acționare;

- în a 2 variantă, prin intermediul unei piese din oțel, transmițându-i epruvetei două forțe, la 1/3 din deschidere, producând momentul încovoierilor maxim constant pe treimea mijlocie a deschiderii. Încovoierea, la care este supusă epruveta, face ca la partea ei inferioară materialul să fie solicitat la întindere, iar la partea superioară, la compresiune. Cum rezistența la întindere este mai mică decât rezistența la compresiune, la partea întinsă, în zona de moment maxim, vor apare fisuri ce se vor dezvolta rapid spre partea comprimată și se va produce ruperea epruvetei

Rezistența la întindere din încovoiere se calculează cu relațiile:

$$\text{pentru metoda I de încărcare: } R_{\text{I}} = \frac{3}{2} \frac{P \times l}{b \times h^2}, \text{ Pa} \quad (2.6)$$

$$\text{pentru metoda II de încărcare: } R_{\text{I}} = \frac{P \times l}{b \times h^2}, \text{ Pa} \quad (2.7)$$

în care:

P - forța maximă înregistrată în timpul încercării;

l - deschiderea;

b și h - lățimea, respectiv înălțimea secțiunii transversale a epruvetei, în poziția de încercare, determinate înaintea încercării.

Metoda de încercare la întindere din încovoiere prezintă avantajul formei simple a epruvetei și posibilității folosirii preselor pentru compresiune. Pe capetele de prismă, rezultate în varianta I de încercare, se pot executa încercări la compresiune, putându-se, astfel, determina ambele rezistențe, pe aceleași epruvete.

Când asupra unui corp solid acționează o forță exterioară și aceasta nu se poate deplasa liber pe direcția forței, el se va deforma, ceea ce implică producerea de deplasări relative între unitățile structurale ale materiei. Modificarea distanțelor între particule, în raport cu distanțele de echilibru va determina apariția unor tensiuni (eforturi) interne care se vor opune deformației corpului.

Dacă, prin deformare, unitățile structurale se situează la distanțe la care mai pot interacționa, când forța exterioară este suspendată, eforturile interne vor avea capacitatea de a le readuce la distanța de echilibru, corpul revenind la forma inițială.

Deformațiile care se anulează la suspendarea forței exterioare se numesc deformații elastice. Deformațiile care nu se anulează la suspendarea forței exterioare se numesc deformații plastice sau remanente. Deformațiile plastice care se produc prin rearanjarea particulelor structurale, fără apariția de micro-fisuri, se numesc deformații vâscoase.

Pentru încercarea mecanică, o epruvetă este supusă unei forțe exterioare, până la ruperea parțială sau totală. Scopul principal al acestor încercări este de a determina rezistența mecanică (R), care poate fi considerată ca fiind valoarea maximă a efortului unitar înregistrat pe durata încercării, sau valoarea efortului unitar înregistrat la o anumită deformație normată (chiar dacă materialul nu se rupe, deformația limită normată, se consideră a fi periculoasă pentru stabilitatea (geometrică) a structurii unei construcții).

Suplimentar principiilor de determinare a caracteristicilor tehnice pentru încercarea mecanică a materialelor se menționează următoarele:

- încercările se execută pe epruvete sau carote, deci pe probe cu forme geometrice regulate, cu abateri dimensionale mici (încadrate în toleranțe normate) și care nu trebuie să conțină defecte de structură (rezistența obținută trebuie să caracterizeze materialul; existența eventualelor defecte de structură în elementul de construcție se are în vedere, la proiectare, prin coeficienți de reducere a rezistenței de calcul);

- volumul epruvetei trebuie să fie cât mai mic (procesul de rupere se amorsează în zona cu defecte de structură, deci cu discontinuități ale structurii, încât, cu cât volumul epruvetei este mai mare numărul zonelor cu defecte va fi mai mare, procesul de rupere se va amorsa la deformații mai mici și rezistența mecanică obținută va fi mai mică), dar suficient de mare pentru a reprezenta materialul;

- acțiunea mecanică asupra epruvetei trebuie să fie cât mai simplă (de regulă, pe o singură direcție) și simetrică față de o axă a ei, pentru a evalua cât mai exact eforturile unitare;

- direcția de încercare, în raport cu epruveta, trebuie să corespundă ipotezei de încercare, pentru a tine seama de eventuala anizotropie a materialului;

- viteza de variație a intensității forței sau a deformației trebuie să se încadreze în limitele normate, pentru a tine seama de comportarea reologică a materialului.

Determinarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice,

Metoda este destinată studierii proprietăților de protejare a acoperirilor polimerice în care pot apărea fisuri.

Rezistența la fisurare a peliculei acoperirii aplicată pe beton, pe fisurile deschise se determină după valoarea acestei fisuri și starea acoperirii 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, puterea de schimbare a rezistenței la fisurare a acoperirii la oxidare și a evalua valoarea rezistenței la fisurare a sistemului acoperirii la acțiunea asupra lor a mediilor lichide.

Rezistența la fisurare se determină pe epruvete de mortar ciment-nisip (componența 1:2 cu raportul $A/C = 0,45$) cu dimensiunile 300 x 50 x 17 mm. Fiecare epruvetă se armează pe axă cu o bară metalică (oțel marca St 3) de diametrul 6,5 mm; bara trebuie să depășească epruvetă cu 100 mm în fiecare capăt. Pe capetele barelor la 15 mm se îndeplinesc găuri de 2 mm. Încercările se îndeplinesc cu nu mai puțin de două epruvete - paralele.

Epruvetele de beton, tratate termic în autoclavă și uscate până la starea uscată (umiditatea nu mai mare de 5...6 %), se vopsesc cu compoziția cercetată. Longitudinal epruvetei, pe una din suprafețe se aplică o bandă din acoperirea cercetată cu lățimea de 30 mm lăsând de ambele părți suprafețe nevopsite cu lățimea de 10 mm. Preventiv aplicării straturilor de acoperire, pe capetele epruvetei se încheie, sub acoperire plăcuțe de folie metalică pentru măsurarea grosimii acoperirii.

Epruvetele cu acoperire de lacuri și vopsele se păstrează până la încercare timp de 30 zile în condiții normale (temperatura de 20°C, umiditatea relativă a aerului până la 70%) și se fixează în instalația orizontală care modelează procesul de formare a fisurilor în construcțiile de beton și beton armat. Din momentul apariției fisurilor în betonul epruvetei, fiecare se numerotează cu creionul. Observările asupra fisurii se fac cu ajutorul microscopului care poate da majorarea de (20...24) ori. La fiecare rotire a manetei la o pătrime se măsoară lățimea fisurii în beton și se descrie starea acoperirii la deschiderea fisurilor de la 0,01 mm peste fiecare 0,01 mm până la distrugerea totală a acoperirii de pe fisura formată. Rezultatele observărilor despre starea acoperirii la deschiderea fisurilor în beton se înscriu în registru.

Rezistența la fisurare optimă se determină după rezistența la fisurare a numai puțin de patru variante de sisteme ale acoperirilor de diferite grosimi. După rezultatele încercărilor se construiește graficul. Pentru evaluarea schimbării rezistenței la fisurare a sistemului acoperiri la oxidare ("îmbătrânire") se prepară atâtea perechi-gemene câte termene de încercare pentru oxidare se iau. Încercarea se îndeplinește după metoda descrisă mai sus.

Rezistența la fisurare a acoperirii la acțiunea asupra sa a mediilor lichide se determină pe epruvete cu dimensiunile 300 x 100 x 17 mm.

Cu scopul fixării locului de formare a fisurii în beton, epruvetele se prepară cu secțiunea micșorată la mijloc. Pentru aceasta, în timpul formării epruvetelor, din două părți laterale se instalează triunghiuri. Pe aceste epruvete și pe etalon se aplică acoperirea cercetată și în registru se înscrie descrierea aspectului exterior al acoperirii.

Determinarea rezistenței la coroziune a hidroizolației de peliculă, de impregnare a betonului în apele agresive prin metoda gravitațională.

După această metodă determină stabilitatea masei a epruvetelor acoperite sau impregnate, de asemenea a epruvetelor preparate din materialul hidroizolant cercetat destinate păstrării soluțiilor apoase. Materialul este stabil, dacă devierile de la masa inițială nu depășesc, pentru grinzi - $\pm 1\%$, iar pentru pelicule - $\pm 2\%$.

Grinzile sunt preparate din mortar de ciment, se vopsesc sau se impregnează cu material hidroizolant. Grosimea acoperirii de pe grinzi se ia în dependență de condițiile tehnice privind materialul hidroizolant. Peliculele libere se obțin prin turnarea materialului hidroizolant în adânciturile (lățimea 20 mm, adâncimea 1 mm) plăcii de metal instalate orizontal, preventiv acoperită cu soluție de 5% de poliizobutilen diluat în benzină, în locul plăcii poate fi utilizată o placă de sticlă cu pereți despărțitori unde se toarnă materialul cercetat.

Cantitatea de vopsea se calculează reieșind din numărul necesar de pelicule n și masa lor.

Pentru a determina greșeala relativă de cântărire, masa fiecărei pelicule P se ia nu mai puțin de un gram. Cercetarea absorbției de apă se recomandă a fi îndeplinită pe pelicule cu grosimea t de aproximativ mm.

În cazul când materialul hidroizolant conține o cantitate mărită de diluant și este supus tasării, materialul hidroizolant se aplică în câteva straturi. După ce a atins o oarecare rezistența mecanică pentru a fi eliminată de pe placa metalică sau de sticlă, se șterge uleiul și se taie în benzi cu dimensiunile de 2x5 mm. Grinzile și peliculele se marchează. După uscarea completă sau polimerizarea totală, epruvetele se cântăresc cu cântarul analitic și se introduc în mediile agresive pregătite. Volumul acestor soluții se determină din calculul de 50 ml pentru o epruvetă. Temperatura soluției în timpul încercării trebuie să fie $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Cu această metodă se poate determina stabilitatea masei și la alte temperaturi în dependență de condiții. Soluțiile se reînnoiesc peste fiecare două luni.

Stabilitatea masei se recomandă a fi determinată peste 10 zile și 1, 3, 6, 12 luni din momentul contactului cu mediile apoase. Pentru aceasta pelicula sau grinda se scoate din soluție, se șterge cu o hârtie de filtru și se cântărește.

Stabilitatea masei se calculează cu formula

$$\frac{q_2 - q_1}{q_1} \times 100, \% \quad (2.8)$$

în care

q_1 - masa epruvetei în aer până la scufundarea în soluție;

q_2 - masa epruvetei în aer după timpul dat de încercare.

Pentru determinarea stabilității volumului epruvetele suplimentar se cântăresc în apă pe cântarul tehnic. După schimbarea volumului materialului se poate evalua stabilitatea la acțiunea mediilor apoase. Epruvetele se pregătesc pentru încercări în corespundere cu metodele determinării stabilității masei, dar se cântăresc și la aer și în apă. Schimbarea volumului se calculează cu formula

$$\frac{(q_2 - q_4) - (q_1 - q_3)}{q_1 - q_3} \times 100, \% \quad (2.9)$$

în care

q_1 - masa epruvetei în aer până la aplicare în soluție;

q_2 - aceeași, în aer după menținerea necesară de încercare;

q_3 - aceeași, în apă până la aplicarea în soluție;

q_4 - aceeași, în apă după timpul dat al încercării.

Materialul este stabil după volum, dacă devierile de la volumul inițial nu depășesc $\pm 1\%$.

2.1.2 Metodele cercetării coroziunii betonului în rezultatul filtrării apei prin el

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

Indicele de permeabilitate reprezintă volumul de apă care trece pe suprafața de 1 m^2 și grosimea de 1 m de material în timp de 1 oră la presiunea și temperatura apei constante. Deoarece indicele de permeabilitate este dificil de determinat, iar materialele de construcții trebuie să fie, de regulă, impermeabile, această proprietate se exprimă prin gradul de impermeabilitate.

Gradul de impermeabilitate reprezintă presiunea maximă a apei, aflată în contact cu o față a probei de material, pentru care, într-un interval de timp normat, pe fața opusă a probei nu apar pete de umezire. Aplicarea practică a definiției se realizează diferit, în funcție de material și domeniul de folosire al acestuia.

Pentru materialele supuse acțiunii apelor cu presiune, spre exemplu, 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 a apare umezirea la fața superioară, proba se despică pe verticală, măsurându-se înălțimea umedă.

Se consideră că este îndeplinită condiția de impermeabilitate dacă durata de desprindere a primei picături este mai mare decât durata normată, pentru primul caz, respectiv dacă, la presiunea necesară, înălțimea de pătrundere a apei în probă este mai mică decât limita normată. Coeficientul de înmuiere la apă (I) exprimă reducerea relativă a rezistența mecanice ale materialului datorită prezenței apei în structura acestuia:

$$I = \frac{R_s}{R} \times 100, \% \quad (2.10)$$

în care

R_s – rezistența materialului, determinată în stare saturată cu apă;

R – rezistența materialului, determinată în stare uscată la masa constantă.

Determinarea permeabilității de difuzie prin metoda cântăririi.

Epruvetele-cilindru se prepară din mortar de ciment cu nisip raportul 1 : 3, A / C = 0,35.

Diametrul 75 mm și înălțimea - 12 mm.

Epruvetele din mortar de ciment cu nisip se prelucrează termic, conform regimului 3 + 8 + 3 ore la temperatura 70°C.

Epruvetele se păstrează timp de (5...10) zile la temperatura (18...22)°C și umiditatea (50...60)% apoi sunt uscate până la masa constantă. Epruvetele uscate se încheie de păhărel în care, în calitate de absorbant, se află 50 g de CaCl₂. Muchiile epruvetei și locul încheierii se finisează minuțios cu un strat de parafină. Apoi păhărelul cu plăcuța încheiată se cântărește și se instalează într-un vas cu umiditatea stabilită (75%) și periodic se cântăresc timp de 7-14 zile.

În baza rezultatelor încercării se determină coeficientul permeabilității aburului caracterizat de cantitatea de umiditate în g care a trecut prin suprafața de 1 m² cu grosimea materialului de 1 cm timp de 1 oră, la diferența de presiune a aburului de apă în vas și păhărel.

Permeabilitatea acoperirii de lacuri și vopsele, aplicată pe suprafața betonului, se determină la instalația reprezentată în figura 2.1.

Pe marginea epruvetei cu diametrul mare se aplică acoperirea încercată după CT. Modelul se amplasează în instalație și se fixează cu piulița de rezistență. Volumul instalației se umple cu lichid - model. La acțiunea piuliței de tensionare tija transmite, prin diafragmă, presiunea asupra lichidului și modelului.

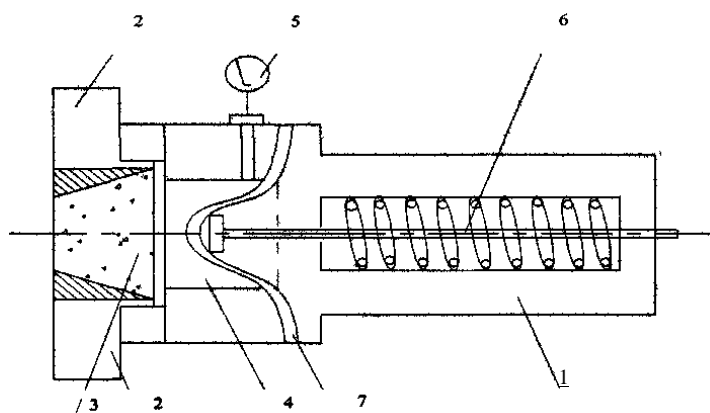


Fig. 2.1. Schema instalației pentru determinarea permeabilității acoperirii.

1. Corpul, 2. Piuliță, 3. Epruveta-model, 4. Volumul instalației,
5. Manometru, 6. Tija, 7. Diafragma.

Permeabilitatea acoperirii se determină conform valorii diferenței de presiune într-o unitate de timp și la apariția picăturilor de lichid pe partea neacoperită a modelului

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 Fe_2O_3 - (4.. .8)% și calcarului Ca CO_3 (2.. .5)%, substanța hidrofobizantă (SDB) cu hidrofobizarea timp de 8 ore și densitatea $1,2 \text{ g/cm}^3$, vopsea polimerică cu indicele $\text{pH} = 8,0-9,0$.

După malaxare, mortarul s-a fasonat și epruvetele s-au pregătit după cum s-a descris mai sus.

Epruvetele-cuburi cu masa constantă se acoperă cu un strat de protecție după cum urmează: trei epruvete-cuburi se vopsesc cu lac de polietilenă clorsulfurată, pe altele trei epruvete-cuburi se aplică vopsea polimerică, iar trei epruvete-cuburi se lasă nevopsite. După aplicarea straturilor de protecție fiecare epruvetă-cub se cântărește cu precizia de 0,01 g. După cântărire epruvetele-cuburi se instalează în apă în așa mod încât toate laturile să fie în contact direct cu mediul apos. Peste 24 ore de păstrare epruvetele-cuburi se supun cântăririi, în prealabil înlăturându-se surplusul de apă cu o cârpă moale. Această operațiune se repetă până la absorbția de apă completă, adică diferența ultimelor două cântăriri nu depășește 0,1 g.

Aceleași experiențe se îndeplinesc pentru epruvete-cuburi acoperite cu două straturi de vopsea polimerică și lac de polietilenă clorsulfurată, și pentru trei straturi de lac și vopsea etc.

Determinarea stabilității chimice.

După schimbările de masă a epruvetei de beton și aspectul exterior după păstrarea în mediul agresiv în timp se poate determina stabilitatea chimică cu o compoziție sau alta.

Epruvetele de beton cilindrice cu diametrul și înălțimea de 5 cm se prepară din mortar de ciment-nisip cu componența 1 :2 și raportul $A/C = 0,45$, se tratează termic în autoclavă, se usucă până la masa constantă (umiditatea nu mai mare de 5...6 %), se finisează muchiile, se face desprăfuirea, se usucă la temperatura $(20-23)^\circ\text{C}$ și umiditatea aerului de 70% și se cântăresc cu precizia de 0,01 g.

Modelele uscate până la masa constantă sunt instalate în mediile agresive cu concentrația și temperatura necesară - câte trei epruvete-gemene în fiecare mediu, în așa mod ca să nu se afle una peste alta. Alte trei epruvete servesc ca etalon, se păstrează și se încearcă la aer. Cercetările în mediul agresiv se îndeplinesc după cum urmează.

Epruvetele, peste anumite perioade de timp (spre exemplu, 1 zi, 5 zile, 10 zile, 30 zile, 90 zile etc.), sunt cercetate vizual și comparate cu etalonul (schimbările observate sunt înregistrate în registrul încercărilor), sunt șterse și cântărite pe balanța tehnică cu precizia 0,01 g. După aceasta

sunt introduse în mediile agresive, care periodic (peste 30 zile) este înnoită pentru a păstra concentrația necesară. Epruvetele sunt menținute în mediul agresiv până când nu începe distrugerea betonului compozit. Atunci sunt extrase din mediul agresiv, se distrug și cu ajutorul indicatorului se determină pierderea proprietăților betonului hidroizolant compozit.

Pe trei epruvete se determină caracteristicile fizico-mecanice preventiv încercărilor.

Stabilitatea chimică a betonului se determină prin coeficientul stabilității chimice K_{sc} cu formulele

$$K_{sc} = \frac{R_t}{R_o} \quad (2.11)$$

în care

R_o – limita de rezistență la încovoiere a probelor înainte de introducerea în mediile agresive;

R_t - limita de rezistență la încovoiere a probelor cu adaosuri optime după păstrarea în mediile agresive o perioadă dată.

Modificarea masei m a probelor după păstrarea în mediile agresive după fiecare termen Δm în procente:

$$\Delta m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100, \%; \quad (2.12)$$

în care

m – masa probelor înainte de introducerea în mediile agresive,

m_1 - masa probelor după introducerea în mediile agresive.

În lumea modernă este foarte actuală problema distrugerii biologice a clădirilor, construcțiilor și utilajelor în diferite domenii industriale, inclusiv chimică, alimentară etc. [15,78,150,151]. Pentru a studia materialele de construcții privind biocoroziunea sunt cunoscute două metode standard, iar în calitate de organisme de testare folosesc următoarele tipuri de microorganisme: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus terreus* Thorn, *Chaetom globosum* Kunze; *Paicicilomyces variotii* Bainier; *Penicillium funiculosum* Thom; *Penicillium chrysogenum* Thom; *Penicillium cyclopium* Westling; *Trichoderma viride* Pers. Ex. Fr. [152].

Sensul acestor metode constă în contaminarea materialelor cu suspensiile ale microorganismelor menționate și menținerea în condiții favorabile pentru dezvoltarea lor pentru un timp stabilit. Evaluarea stabilității biologice este în grade de la 0 până la 5.

Este cunoscut [152], că distrugerea biologică a materialelor este favorizată nu atât de microorganisme ca atare ci de produsele metabolismului lor. Metaboliți foarte agresivi ai microorganismelor sunt acizii organici care pot provoca distrugerea diferitor materiale. De altfel, acizii organici, fiind un produs direct al oxidării hidraților de carbon, pot servi ca sursă carbonului

pentru dezvoltarea ulterioară a microorganismelor.

Formarea și transformarea acizilor organici este studiată destul de detaliat pentru microorganisme ca bacterii și, în special, a ciupercilor de mucegai, care este condiționat de rolul mare care îl au în diferite industrii, în special alimentară. În dependență de cantitatea acizilor produși toate ciupercile de mucegai pot fi împărțite în trei grupe:

1 Ciuperci, care elimină în mediu o cantitate destul de mare de acizi organici: *Penicillium crusogenum*, *Aspergillus niger*, *A. oryzae*.

2 Ciuperci, care produc cantitate nu mare de acizi: majoritate de alte tipuri de *Penicillium*, *Aspergillus*, de asemenea *Trichoderma*.

3 Ciuperci, care elimină în mediu o cantitate infim de mică de acizi: *Mucor sp.* *Alternaria tenuis*.

Cel mai des și în cantități foarte mari ciupercile de mucegai formează următorii acizi: fumaric, succinic, malic, citric, gluconic, lactic, oxalic, acetic.

De către [152] au fost efectuate experimente de menținere a probelor în prezența nămolului activ în scopul alegerii raporturilor optime dintre acizi (tabelul 2.1).

Tabelul 2.1. Influența acizilor acetic, oxalic, citric asupra caracteristicilor de rezistență

| Nr. probă | R_{comp} , MPa | | | | | |
|-----------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Mediul 1 | Mediul 2 | Mediul 3 | Mediul 4 | Mediul 5 | Mediul 6 |
| 1 | 13.75 | 14.36 | 11.7 | 14.6 | 14.6 | 12.5 |
| 2 | 12.50 | 15.06 | 10.7 | 14.6 | 12.5 | 12.0 |
| 3 | 14.50 | 16.25 | 12.5 | 13.8 | 14.8 | 10.0 |

Mediul 1 – acid acetic 1% (2 părți) + acid oxalic 0.1% (1 părți) + acid citric 1% (3 părți);

Mediul 2 – acid acetic 1% (1 părți) + acid oxalic 0.1% (2 părți) + acid citric 1% (3 părți);

Mediul 3 – acid acetic 1% (2 părți) + acid oxalic 0.1% (3 părți) + acid citric 1% (1 părți);

Mediul 4 – acid acetic 1% (1 părți) + acid oxalic 0.1% (3 părți) + acid citric 1% (2 părți);

Mediul 5 - acid acetic 1% (3 părți) + acid oxalic 0.1% (1 părți) + acid citric 1% (2 părți);

Mediul 6 – mediu cu microorganisme;

R_{comp} – rezistența la compresiune pe cuburi, MPa.

Conform tabelului 2.1 [152] este de evidențiat că mediile 3 și 6 influențează la probele din piatră de ciment în mod identic. Astfel mediul nr. 3 poate fi folosit pentru încercarea privind rezistența biologică ale materialelor de construcții excluzând total contactul omului cu microorganismele.

Compoziția optimă a mediului model pentru încercare ale materialelor de construcții de

origine minerală este prezentat în tabelul 2.2 [152].

Tabelul 2.2. Compoziția mediului

| Denumire | Concentrație, % | Conținutul în amestec, % |
|-------------|-----------------|--------------------------|
| Acid acetic | 1 | 35 |
| Acid oxalic | 0.1 | 49 |
| Acid citric | 1 | 16 |

2.1.3 Metodele cercetării proprietăților materialelor hidroizolante, utilizate pentru protecția betonului.

Pentru determinarea indicatorilor fizico-mecanici ai acoperirilor polimerice au fost utilizate metodele standardizate:

- viscozitatea conform GOST 8420-74;
- conținutul de substanțe peliculogene și de diluant conform GOST 17537-72;
- puterea de acoperire conform GOST 8783-75;
- modulul de finețe conform GOST 6589-74;
- timpii de uscare conform GOST 19007-73;
- duritatea cu un aparat tip ME-3 conform GOST 5233-89;
- rezistența la șoc cu o instalație tip U-1 conform GOST 4765-73;
- elasticitatea la încovoiere cu o scară de încovoiere conform GOST 6806-73;
- absorbția de apă conform GOST 21513-76.

Pentru determinarea aderenței acoperirilor polimerice la beton s-a folosit dispozitivul indicat în figura 2.2, care, împreună cu proba se fixează de elementele mobile ale instalației pentru încercare la încovoiere.

Aderența acoperirilor polimerice la beton se determină cu următoarea formulă

$$A = \frac{P}{S}, MPa \quad (2.13)$$

în care

A – aderența acoperirii polimerice la beton, MPa;

P – forța de rupere a acoperirii polimerice de la suprafața betonului, kN;

S – suprafața acoperirii desprinse, mm².

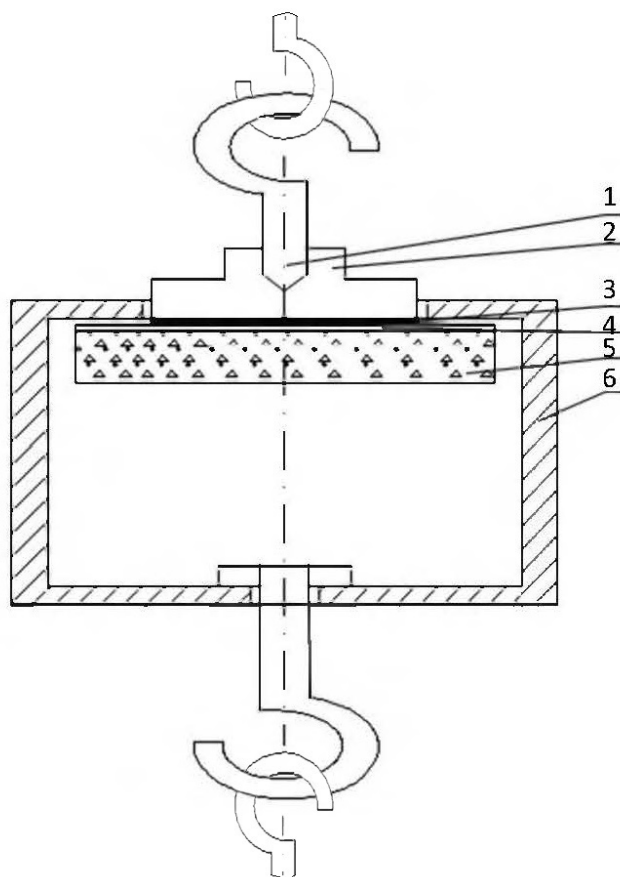


Fig. 2.2. Dispozitiv pentru determinarea aderenței acoperirilor polimerice la beton

1 – bulon; 2 – disc metalic; 3 – clei; 4 – acoperire polimerică; 5 – epruvetă de mortar cu acoperire polimerică; 6 – cutie metalică.

Pentru determinarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice s-a folosit dispozitivul indicat în figura 2.3.

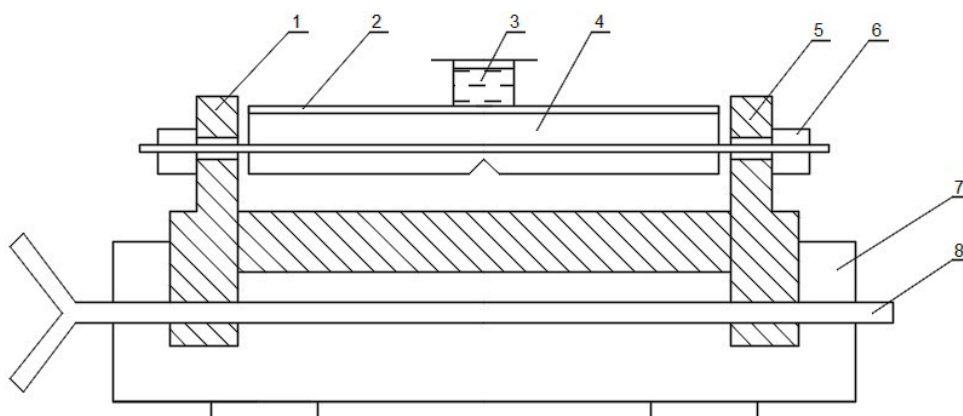


Fig. 2.3. Schema de principiu a instalației pentru determinarea rezistenței la fisurare a acoperirilor polimerice

1 – dispozitiv de fixare fix; 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.

Pentru determinarea rezistenței chimice a acoperirilor polimerice și a mortarului s-a folosit dispozitivul indicat în figura 2.4.

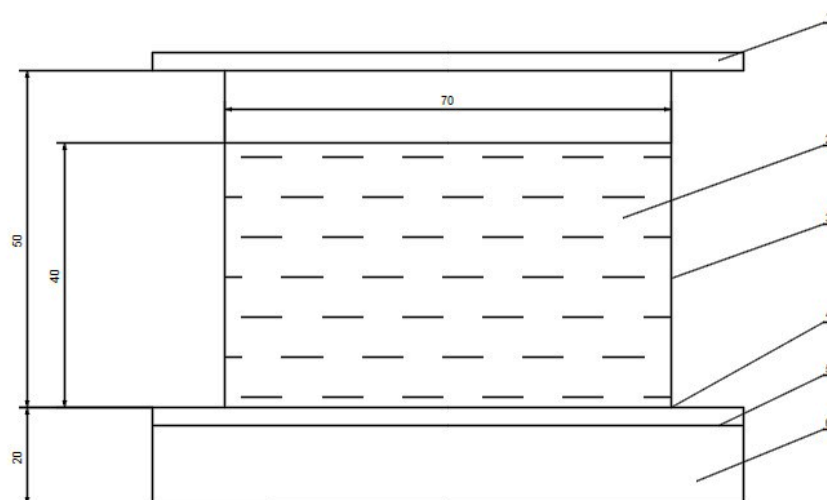


Fig. 2.4. Schema de determinare a rezistenței chimice a acoperirilor polimerice și a mortarului

1 – plăcuță de sticlă; 2 – mediu agresiv (soluție); 3 – cilindru de sticlă; 4 – adziv pe bază de rășină epoxidică de marca ED-20; 5 – acoperire polimerică; 6 – placă din mortar de ciment și nisip.

Metoda determinării permeabilității de difuzie 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 protejare a acoperirii și numărul de straturi, sistemul acoperirii și tehnologia de aplicare, puterea și tipul acțiunii agresive asupra acoperirii.

Difuzia acoperirii polimerice a betonului se determină prin măsurarea valorii schimbării conductivității electrice a betonului protejat de acoperirea dielectrică aflată în electrolit. Puterea difuziei se caracterizează cu valoarea puterii curentului electric în timp, apărută în conductorul schemei electrice speciale.

Epruvetele (diametrul și înălțimea 50 mm) se prepară din mortar ciment - nisip cu componența 1 :2 și raportul A/C = 0,5 și se armează cu o armătură de diametrul 6 mm, lungimea 60 mm. După atingerea mărcii de către epruvete muchiile se finisează. Toată suprafața lor se prelucrează mecanic pentru înlăturarea asperităților se desprăfuiesc, se aplică acoperirea și se menține în condițiile de exploatare timpul stabilit.

După uscare epruvetele se marchează, adică se numerotează pe fața superioară cu vopsea de culoare vizibilă. Capetele electrozilor centrali se curăță. Toate defectele vizibile ale acoperirii

(deteriorări mecanice etc.) sunt eliminate prin aplicarea masticului constituit din două părți de parafină și o parte de camfor.

Epruvetele se instalează în lăcașele de lucru în modul următor. Firele de măsurare se sudează de capătul metalic al epruvetei și bucșei metalice. Locurile de sudare și capetele descoperite ale conductoarelor se acoperă cu vopsea, se instalează o garnitură dielectrică. Standul de cercetare și lăcașele de lucru se curăță de impurități. Baia se umple pe 2/3 de la înălțimea epruvetei cu soluție de 3% de NaCl și se închide cu capac. Lăcașele se instalează în stand și se îndeplinesc cercetările.

După acțiunea asupra modelelor a mediului agresiv difuziunea se determină în modul următor. Pentru evaluarea puterii și modului acțiunii agresive asupra acoperirii, epruvetele se pregătesc în alt mod. După aplicarea acoperirii, metalul de pe fiecare epruvetă se acoperă cu mastic și epruvetele se instalează într-un vas sau o cameră în abur al mediului agresiv pe termenele date. După aceasta se fac încercări conform schemei electrice.

După rezultatele obținute se construiesc liniile frânte: schimbarea puterii curentului electric în timp.

Determinarea permeabilității peliculelor polimerice la acizi fără aplicarea curentului electric s-a efectuat cu dispozitivul conform figurii 2.5.

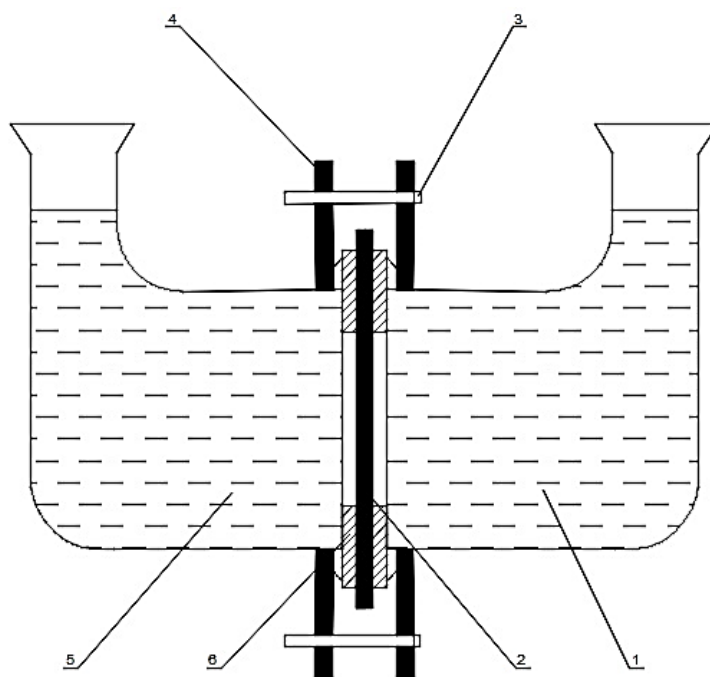


Fig. 2.5. Schema celulei pentru determinarea permeabilității peliculelor polimerice la acizi fără aplicarea curentului electric

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.

2.1.4 Metodele îndeplinirii cercetărilor organoleptice și sanitaro-igienice a apei potabile păstrate în rezervoarele cu protecția elaborată

Ca condiție obligatorie pentru acoperirile pe bază de lacuri și vopsele utilizate în contact direct cu apă potabilă, de altfel și alte produse, trebuie să fie corespunderea lor cerințelor sanitaro-igienice normate.

Esența acestor cerințe constă în faptul că acoperirile de protejare nu trebuie să transmită în apa potabilă substanțe chimice în cantități, care ar fi periculoase pentru sănătatea omului, adică să fie mai mare ca limita admisibilă a cantității de migrare (LACM) [162], de asemenea compuși, care sunt capabili să conducă la efecte cancerigene, de mutații etc.

Concomitent, acoperirile pe bază de polimeri nu trebuie să modifice caracteristicile organoleptice ale produselor.

Cercetările sanitaro-chimice au constat din două etape succesive.

În prima etapă cercetările s-au efectuat cu utilizarea peliculelor libere, preparate conform [20] din emailuri, lacuri și grunduri elaborate. Peliculele libere obținute au fost supuse uscării în diferite regimuri, după care s-au menținut timp de 10 zile în apă distilată la temperatura 50°C și raportul suprafeței lor S la volumul apei V fiind de $2:1\text{ cm}^3$.

Comparând indicii organoleptici (mirosul și gustul) epruvetelor de apă din peliculele libere, s-a ales varianta optimă de tratare termică la care s-au obținut valorile normate.

Etapă a doua a încercărilor sanitaro-chimice a constat în determinarea masei substanțelor chimice care migrează din acoperire în soluțiile-model. Pentru aceasta, recipientele de beton cu volumul de un litru, vopsite cu acoperirile cercetate, se umpleau cu soluții-model. Conform cu lista soluțiilor-model utilizate pentru cercetarea articolelor din materiale sintetice privind imitarea produselor alimentare care se păstrează în rezervoare de beton, s-au utilizat următoarele soluții:

- soluție de acid acetic de 2% cu conținut de 2% de sare de bucătărie;
- soluție de acid citric de 2%; spirt etilic de 20% cu conținut de 2% de acid citric;
- soluție de anhidru sulfuros de 6%;
- soluție de hidroxid de natriu de 2%.

Raportul suprafeței acoperii la volumul de mediu-model utilizat constituie $2:1\dots 1:2,5\text{ cm}^3$.

În prealabil turnării soluțiilor-model, recipientele se tratau cu apă distilată, cu soluție de acid acetic de 2%, cu soluție de sare de 5% și apoi cu apă distilată.

Umplute cu soluții-model, recipientele se închideau ermetic și se mențineau timp de 10 zile la temperatura camerei.

Determinarea migrării componentelor acoperii în soluții-model după contactul cu epruvetele protejate se determină cu metodele analitice următoare: cromatografie în strat fin - fenol și polietileno-poliamină [84]; cromatografie gazo-lichide - epiclорhidrin, stiren și dizolvanți [37].

Indicii integri (oxidare și substanțele bromate) s-au determinat conform cerințelor [21].

2.2 Cerințe către materialele utilizate pentru hidroizolarea și protecția betonului rezervoarelor.

2.2.1 Cerințe către agregatele, materialele liante, aditivi și adaosuri pentru beton

Pentru prepararea betoanelor de hidroizolație s-au folosit adaosuri: colmatant, plastifiant, hidrofob și din polimer și pelicula de lacuri și vopsele pentru protecția suprafeței betonului. Adaosurile pe baza substanțelor organice și neorganice pentru betoanele grele și ușoare cu liant pe bază de ciment Portland trebuie să corespundă cerințelor de destinație, siguranță, stabilitate la acțiunile exterioare, protecția mediului, de transport, de securitate în timpul lucrului [22,23].

În conformitate cu destinația (efectul principal de la utilizare) adaosurile pentru betoane se clasifică în:

- adaosuri reglatoare a caracteristicilor amestecurilor de beton, printre care - plastifianți, stabilizatori, absorbânți de apă;
- adaosuri care reglează stabilitatea amestecurilor de beton, printre care adaosuri pentru reducere a prizei, de accelerare a prizei;
- adaosuri care majorează rezistența mecanică și (sau) stabilitatea corozivă, gelivitatea betonului și al betonului armat, care reduc permeabilitatea betonului, printre care adaosuri de reducere a cantității de apă, colmatante, absorbante de aer, de majorare a proprietăților de protecție referitor la armatura de oțel (inhibitori de coroziune a oțelului);
- adaosuri care conferă betonului caracteristici speciale, din care antigel (care asigură întărirea la temperaturi negative) și hidrofobe [22,23].

Adaosurile pastifiante trebuie să majoreze mobilitatea amestecului de beton de la mobilitatea inițială P_1 cu asigurarea tasării conului 2-4 cm până la P_3 fără a reduce rezistența mecanică pentru toate termenele de încercări; dar sunt posibile efecte pozitive sau negative - reducerea termenului de priză a amestecului de beton, reducerea întăririi betonului [22,23].

Adaosurile hidrofobe trebuie să reducă absorbția de apă a betonului de la 1,4 ori până la 5 ori (pentru încercarea la 28 de zile); dar sunt posibile următoarele efecte negative sau pozitive - reducerea vitezei de emisie a căldurii, încetinirea prizei și a întăririi betonului, reducerea rezistenței

mecanice a betonului [22,23]. Adaosurile colmatante trebuie să majoreze marca betonului de impermeabilitate a apei cu minimum 2 nivele; posibilele efecte negative pot fi - reducerea rezistenței mecanice a betonului sau efecte pozitive - majorarea stabilității corozive a betonului [22,23].

Adaosurile trebuie să fie păstrate în condiții care exclud impurificarea cu substanțe străine și precipitații atmosferice. Adaosurile solubile trebuie păstrate în recipiente închise, cele sub formă de praf și produsele cristaline - în condiții fără umiditate.

Adaosurile pentru betoane nu trebuie să obiectul de impurificare a apei, solului și aerului.

Adaosurile nu trebuie să elimine în mediul ambiant substanțe chimice dăunătoare. Adaosurile folosite pentru construcții locative și industriale trebuie să corespundă cerințelor privind conținutul radionuclizilor naturali. Schema tehnologică pentru utilizarea în beton a adaosurilor trebuie să prevadă recircularea adaosului în recipientul de păstrare.

Lucrul cu adaosurile se efectuează conform [48] și alte documente tehnico-normative în vigoare.

Plastifiantul lignosulfonat lichid este folosit pentru micșorarea cantității de apă și măririi proprietăților tehnologice a materialului compozit. Concentratul de SDB, actualmente substanță lignosulfatică, prezintă sărurile acizilor lignosulfatici de calciu, natriu, amoniu sau amestec de calciu-natriu (amoniu). Substanța lignosulfatică este destinată pentru utilizarea în calitate de material liant în industria metalurgică, de asemenea ca diluant și plastifiant în industria producerii cimentului și construcții.

Conform conținutului de substanțe uscate, substanțele lignosulfatice se produc de două mărci: CB J și CBT.

- CB J este concentrat lichid și se produce de două sorturi A și B: A - este destinat ca material liant pentru industria metalurgică;
- B - este destinat ca plastifiant pentru ciment și diluant pentru barbotina de materii prime în industria producerii cimentului și construcții.
- CBT este concentrat solid.

Conform indicilor fizico-chimici concentratul CBJ B corespunde cerințelor de mai jos:

- 1 Aspect și culoare - lichid dens omogen de culoare gri închis;
- 2 Conținut substanțe uscate, %, minimum - 50;
- 3 Conținut cenușă, %, maximum - 0;
- 4 Conținut substanțe insolubile în apă, %, maximum - 1,3;
- 5 pH-ul al soluție de concentrat de 20%, minimum - 4,5;

Substanța lignosulfatică (SDB) are hidrofobizarea în timp de 8 ore și densitatea 1,2 g/cm³.

Vopsea polimerică cu indicele pH = 8,0-9,0.

Fibra de polipropilenă "FIBRIN" PT R 2272-001-44340211-2000 este folosită pentru majorarea rezistenței la compresiune și prezintă caracteristicile

| | | |
|-------------------------|-------------------|--------|
| lungimea fibrelor | mm | 6-12 |
| diametrul fibrelor | μm | ≤ 18 |
| densitatea reală | g/cm ³ | ≤ 0,91 |
| rezistența la întindere | MPa | ≥ 557 |
| temperatura de înmuiere | °C | >160 |

Cimentul portland M 500 conform [16,20] este folosit în calitate de liant pentru formarea pietrei de ciment a materialului compozit.

Caracteristicile normate

| | | |
|---|--------|----------|
| timpi de priză | minute | 45...600 |
| conținutul total de adaosuri minerale | % | ≤ 15 |
| conținutul de adaosuri plastifiant și hidrofobizant | % | ≤ 0,3 |
| conținutul de MgO | % | ≤ 5 |
| conținutul de minerale: | | |
| C ₃ S | % | 60 |
| C ₂ S | % | 19 |
| C ₃ A | % | 6 |
| C ₄ AF | % | 12 |

În calitate de agregate pentru materialul compozit s-au utilizat următoarele materiale: nisip pentru lucrări de construcții - 24,0...26,0 % de masă;

Nisipul natural este un material anorganic friabil cu granule de maximum 5 mm format în rezultatul distrugerii rocilor și obținut la exploatarea zăcămintelor de nisip fără utilizarea utilajului special pentru îmbogățire [24].

Nisipul destinat utilizării în calitate de agregat pentru betoane trebuie să posede stabilitate la acțiunea chimică a alcalinelor cimentului. Conform [24] se permite amestec de nisip natural și nisip din reziduurile de concasare cu conținutul ultimului minimum 20% de masă.

Nisipul natural, la tratarea cu soluție de hidroxid de natriu (proba calorimetrică privind impurități organice conform [24]) nu trebuie să transmită soluției culoare corespunzătoare sau mai întunecată ca etalonul.

Nisipul trebuie să fie evaluat privind conținutul de radionuclizi naturali, după rezultatele căreia se stabilește domeniul de utilizare. Nisipul, conform valorii activității efective a radionuclizilor naturali A_{ef} , se folosește:

- la A_{ef} maximum 300 Bq/kg - pentru imobile pentru habitat și sociale noi;

- la Aef de la 300 până la 740 Bq/kg - pentru autodrumuri și construcții și edificii industriale.

Nisipul nu trebuie să conțină impurități. Pentru verificarea calității se determină:

- compoziția granulometrică;
- conținutul de particule argiloase și de praf;
- conținutul de argilă în bucăți.

De altfel se determină densitatea în grămadă, de asemenea existența impurităților organice ca conținut de humus. Cantitatea limită admisibilă în nisipul folosit pentru agregat în betoane și mortare a rocilor și mineralelor care fac parte din impurități și componente dăunătoare nu trebuie să depășească următoarele valori:

- diversificările amorfe ale dioxidului de siliciu care se dizolvă în alcaline - maximum 50 mmol/l;
- sulf, sulfizi, exclus pirită și sulfații (ghipsul, anhidritul etc.) recalculat pentru SO_3 - maximum 1,0%, pirită recalculată pentru SO_3 - maximum 4% de masă;
- mică - maximum 2% de masă;
- cărbune - maximum 1% de masă;
- impurități organice - maximum cantitatea care conferă soluției de hidroxid de natriu culoare corespunzător sau mai întunecată ca etalonul. Utilizare nisipului care nu corespunde acestei cerințe se permite doar după obținerea rezultatelor pozitive ale încercărilor nisipului în beton sau mortar privind indicatorul de durabilitate.

2.2.2 Cerințe către materialele utilizate pentru hidroizolarea suprafețelor interioare ale rezervoarelor de beton armat, destinate păstrării apelor potabilă și tehnică

Materialele utilizate pentru hidroizolarea suprafețelor interne ale rezervoarelor de beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică trebuie să corespundă cerințelor normative.

Structura acestora trebuie, în cea mai mare parte să fie compusă din pori închiși pentru a respinge apa și a avea o rezistență înaltă la filtrarea apei prin beton. Densitatea materialelor hidroizolante trebuie să fie înaltă, iar în cazul absorbției apei să nu o poată transporta prin structura sa.

Alegerea materialelor inițiale pentru producerea utilajului, construcțiilor și rezervoarelor destinate contactului și păstrării lichidelor alimentare și tehnice, de asemenea pentru prepararea acoperirilor anticorrosive, se determină, în primul rând, de corespunderea cerințelor sanitaro-igienice. Materialele trebuie să fie netoxice, nu trebuie să comunice lichidelor mirosuri necorespunzătoare, să nu se umfle și să nu se dizolve în mediile lichide.

În corespundere cu cerințele expuse, pentru rezervoarele de beton și beton armat nu sunt admisibile compozițiile care conțin monomeri lichizi sau fracțiuni puțin moleculare care pot fi toxici sau ar posedea miros ori gust specifice, iar la contactarea cu mediile lichide pot trece în acestea, distrugând calitățile gustative.

Nu sunt admise compozițiile care la oxidare sau la acțiunea temperaturilor înalte elimină monomeri care migrează în lichid. De acoperirile care contactează cu lichidele alimentare, trebuie să posede caracteristici fizico-mecanice înalte și stabilitate chimică, care sunt necesare pentru asigurarea durabilității și reducerea pierderilor la reparații și renovări.

Fundamentarea și determinarea mediilor lichide pentru îndeplinirea cercetărilor betonului și materialelor hidroizolante. Construcțiile de beton și beton armat exploatate la întreprinderile de păstrare, curățare și transportare a apelor potabilă și tehnică, de altfel și la întreprinderile prelucrătoare ale complexului agro-industrial se află în condițiile acțiunii continuu sau periodic a mediilor agresive lichide și nu pot fi exploatate fără protecția suprafeței, impusă de coroziunea intensivă a betonului.

Efectul distructiv asupra betonului o au unele părți din compoziția produselor care contactează cu el, cum ar fi acizii acetic, lactat, citric, sorbinic, vinic etc, zahărul și altele. Aceste substanțe reacționează cu hidroxidul de calciu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ formând, în mare parte, săruri solubile ale calciului care, dizolvându-se se elimină din beton trecând în mediile lichide.

Distrugerea betonului are loc, într-o oarecare măsură, și la acțiunea asupra sa a diferitor microorganisme care se conțin în apele potabilă, tehnică și în lichidele alimentare.

În corespundere cu indicațiile [46] soluțiile, care conțin acizi organici în cantitate mai mare de 0,05 g/l, fac parte din mediile înalt agresive. Aceasta confirmă că construcțiile de beton armat și rezervoarele, în procesul de activitate se află sub acțiunea lichidelor înalt agresive.

3 ELABORAREA COMPONENTEI MATERIALULUI COMPOZIT ȘI CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR LUI DUPĂ EXPOZIȚIA ÎN CONTACT CU APA

3.1 Studierea influenței apei asupra proprietăților fizico-mecanice ale materialului compozit și optimizarea componentei lui.

Argumentarea și caracteristica materiilor prime utilizate pentru elaborarea materialului compozit, destinat monolitizării elementelor din beton armat în noduri.

Apa. Calitatea apei pentru prepararea betoanelor conform prevederilor documentelor normative în vigoare trebuie să corespundă cerințelor din tabelul 3.1.1.

Tabelul 3.1.1. Cerințe privind calitatea apei pentru prepararea betonului

| Destinația apei | Conținutul admisibil maximal, mg/l | | | |
|--|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Săruri solubile | ioni SO_4^{-2} | ioni Cl^{-1} | Particule suspendate |
| Pentru prepararea amestecurilor de betoane pentru producerea elementelor din beton armat precomprimat | 2000 | 600 | 350 | 200 |
| Pentru prepararea amestecurilor de betoane pentru producerea elementelor din beton armat ne precomprimat | 5000 | 2700 | 1200 | 200 |

Se recomandă analizarea caracteristicilor apei în laboratoare de specialitate pentru a se stabili în ce condiții poate fi utilizată la prepararea betoanelor.

Ea trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

- să nu conțină impurități în cantități ce depășesc concentrațiile prevăzute în tabelul 3.1.2;
- să nu aibă gust și miros (evitarea apelor sălcii și mirositoare, ce conțin săruri, cloruri sau sulfati);
- să se înscrie în parametrii normali de bazicitate, aciditate și alcalinitate (obligatoriu prin analize de laborator).

La nivel de șantier, se poate determina (în afară de testele de culoare, gust și miros) și testul de timp de priză a pastei de ciment preparată cu apă potabilă (sau distilată) și apa nepotabilă din sursa ce se va utiliza. Pentru diferențe sub $\frac{1}{4}$ de oră la timpii de început și sfârșit de priză și $\pm 10\%$ din rezistența mortarului apa poate fi utilizată.

De asemenea și alte materii prime influențează proprietățile fizico-mecanice ale materialului compozit.

Nisipul. Pentru elaborarea materialului compozit se recomandă folosirea nisipului conform [24] pentru betoane și mortare obișnuite cu densitatea reală de $\rho_r = 2,0...2,8 \text{ t/m}^3$ compus din granule dense și rezistente. Se recomandă folosirea nisipului cu modulul de finețe 2,0...2,5. Conținutul impurităților în formă de praf și argilă în formă de pulbere nu trebuie să depășească 2 % masă, iar a argilei în formă de granule – 0,25 % masă.

Existența particulelor argiloase reduc rezistența și durabilitatea betonului, din cauza că ele formează o peliculă pe suprafața nisipului și reduce aderența cu piatra de ciment.

Pentru nisipul folosit în betoane hidrotehnice aceste impurități nu trebuie să depășească 2 %. Conținutul de impurități organice nu trebuie să depășească 2 % masă.

Substanțe sulfatice și sulfurice nu trebuie să depășească 1% deoarece ele provoacă coroziunea armăturii. Impuritățile cu conținut de sulf (piatră de ghips sau pirită) – se limitează din cauza că piatra de ghips poate reacționa cu C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$) și formează etringit. Pirită (FeS_2) în beton poate oxida și hidrata formând $F(OH)_3$ și H_2SO_4 . Formarea acestor compuși chimici conduce la mărirea în volum cu apariția fisurilor și coroziunea pietre de ciment.

Cimentul Portland. Conform prevederilor [16,20] cimentul portland trebuie să posede compoziția chimică, indicată în tabelul 3.1.2.

Tabel 3.1.2. Compoziția chimică a clincherului de ciment Portland

| Oxizii și conținutul lor | CaO ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Na ₂ O | Adaosuri active |
|--------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-----------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| %, max. | 60-67 | 17-25 | 3-8 | 0,5-6 | 0,1-4 | 1-3 | 1,5 | 1,2 | 5 |

Compoziția mineralogică a clincherului de ciment portland poate să varieze, în funcție de compoziția chimică a materiilor prime utilizate și a tehnologiilor de fabricație.

Documentul normativ [16,20] impune pentru clincherul portland următoarele cerințe:

- minimum 2/3 din masa totală să fie constituită de silicați (alit + belit) – cimenturi silicaticice;
- relația procentuală dintre oxidul de calciu și trioxidul de siliciu din compoziție să fie mai mare ca 2;

În cazul clincherului de ciment portland, compușii mineralogici trebuie să fie, de regula, în limitele următoarelor procente: C_3S - 40...65; C_2S - 15...40; C_3A - 5...15; C_4AF - 10...20.

Fibra de polipropilenă. Proprietățile compozitelor polimerice armate cu fibre sunt influențate în mod semnificativ de direcția de solicitare, cu excepția compozitelor armate cu fibre scurte distribuite aleatoriu. La compozitele armate unidirecțional caracteristicile mecanice au valori maxime în direcția fibrelor (longitudinală) și minime în direcție normală pe fibre (transversală). O dependență unghiulară asemănătoare se observă și la proprietățile termofizice (de exemplu

coeficientul de dilatare termică sau conductivitatea termică etc).

Armarea bidirecțională sau multidirecțională a compozitelor polimerice armate cu fibre echilibrează valorile proprietăților fizico-mecanice.

Avantajele compozițiilor polimerice armate cu fibre sunt [135]:

- rezistență ridicată la șocuri și la oboseală;
- rezistență chimică bună (cu excepția acizilor și bazelor puternice);
- sunt izolatoare din punct de vedere termic și electric.

În paralel, apar și o serie de *dezavantaje* printre care amintim:

- rezistență redusă la compresiune;
- aderență redusă cu rășinile de impregnare;
- prelucrabilitate dificilă a materialului compozit;
- fibrele sunt sensibile la frecare;
- nu se topesc, dar se descompun la o temperatură de 400-480 °C;
- absorb apa.

De asemenea, la sistemele compozite există posibilitatea de repartizare și orientare a armăturii astfel încât să rezulte un material compozit cu proprietăți dirijate. Proiectarea devine astfel un proces complex, incluzând simultan etapele: material, element, structură compozită [134,135].

Stratificatele alcătuite din lamele compozite se degradează progresiv fiind evitată cedarea totală instantanee. Mecanismele de degradare și cedare structurală ale stratificatelor din compozitele polimerice armate cu fibre diferă de cele specifice metalelor. Compozitele polimerice armate cu fibre au o capacitate superioară de amortizare a vibrațiilor.

Cele mai multe compozite polimerice armate cu fibre sunt rezistente la acțiunea agenților agresivi. De obicei, există pentru orice situație de exploatare câte un material compozit care ar putea fi utilizat acolo unde folosirea altor materiale structurale (convenționale) este contraindicată. Totuși, unele compozite polimerice absorb umiditatea atmosferică suferind modificări dimensionale și stări de tensiuni suplimentare.

Degradarea comportării mecanice a compozitelor polimerice armate cu fibre se poate produce și datorită radiațiilor ultraviolete sau temperaturilor ridicate. Proprietățile mecanice ale compozitelor polimerice armate cu fibre la procente reduse de armare sunt dependente de timp, astfel că deformația specifică la un moment dat este determinată nu numai de eforturile aplicate instantaneu ci și de întreaga istorie de încărcare a sistemului.

Dependența de timp a relației „efort - deformație specifică” se reflectă și asupra rezistenței la rupere, de aceea pentru a obține o imagine reală a comportării compozitelor polimerice armate cu fibre sunt necesare încercări la rupere prin fluaj.

Multe compozite polimerice armate cu fibre sunt anizotrope, fie datorită intenției producătorului de a le îmbunătăți proprietățile pe o direcție (cazul compozitelor polimerice armate cu fibre unidirecțional sau cu țesături neechilibrate), fie ca rezultat al operațiilor tehnologice de formare.

Produsele din compozite polimerice armate cu fibre se pot realiza la standarde ridicate de precizie pentru un număr redus de faze tehnologice în procese simple (manuale) sau automatizabile, specifice producției industriale de masă.

Pentru elaborarea și optimizarea materialului compozit cu proprietăți performante a fost folosită fibra sintetică din polipropilenă [TY 2272-006-13429727-2007] cu proprietățile indicate în tabelul 3.1.3

Tabelul 3.1.3. Proprietățile fibrei

| Nr. crt. | Indicii | Unitatea de măsură | Valoarea |
|----------|--------------------------|--------------------|------------|
| 1 | Lungimea fibrelor | mm | 6; 12; 18. |
| 2 | Diametrul fibrelor | μm | 20...22 |
| 3 | Modulul de elasticitate | MPa | 10 000 |
| 4 | Alungirea | % | 20 |
| 5 | Rezistența la rupere | MPa | 550 |
| 6 | Temperatura de topire | °C | 160 |
| 7 | Aria suprafeței fibrei | m ² /kg | 150 |
| 8 | Numărul de fibre în 1 kg | mln/buc | 300...600 |

Clorura de calciu $CaCl_2$ trebuie să corespundă prevederilor [27], indicate în tabelul 3.1.4.

Clorura de calciu este disponibilă în trei grade: calcinat, hidratat și lichid. Pentru încercări a fost utilizată în stare calcinată și poate fi de asemenea folosită și în cea hidratată.

Dimensiunea particulelor de clorura de calciu produs sub formă de fulgi și granule nu trebuie să depășească 10 mm.

Clorură de calciu este acceptată în loturi. Un lot este un produs care este omogen pe indicatorii de calitate, însoțite de un certificat de calitate, într-o cantitate care nu depășește generarea de înlocuire.

Pentru a verifica calitatea de clorură de calciu pentru a satisface cerințele de performanță din acest standard, sunt prelevate probe de 3 % din volumul de producere, dar nu mai puțin de trei din partida, format din mai puțin de 30 de unități .

Dacă rezultatele verificărilor nu sunt nesatisfăcătoare de cel puțin de unul dintre indicatori, se ia o a doua analiză din același lot. Rezultatul analizei se aplică la întreg lotul.

Prelevarea probelor la fața locului din saci și tobe se face cu ajutorul unui vas ce nu ar trebui să fie mai mic de 0,2 kg.

După aspect reprezintă în praf sau granule albe.

Clorura de calciu grăbește procesul de priză a amestecului materialului ceea ce permite asigurarea unei rezistențe mecanice sporite într-un timp comparativ scurt, condiție necesară pentru materialele, destinate îndeplinirii lucrărilor de monolitizare, reparații și renoații a construcțiilor din beton armat.

Tabelul 3.1.4. Proprietățile clorurii de calciu

| Nr. crt. | Indicii | Soda calcinată | | Soda hidratată |
|----------|---|---------------------|----------------|----------------|
| | | Calitate superioară | Prima calitate | |
| 1 | Conținutul de CaCl_2 , % minim. | 96,5 | 90 | 80 |
| 2 | Conținutul de magneziu, recalculat la MgCl_2 , % maxim | 0,5 | 0,5 | Ne reglementat |
| 3 | Conținutul de clorizi, inclusiv MgCl_2 , recalculat la NaCl , % maxim | 1,5 | Ne reglementat | 5,5 |
| 4 | Conținutul de fier (Fe), % maxim | 0,004 | 0,004 | Ne reglementat |
| 5 | Conținutul rămășițelor insolubile în apă, % maxim | 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | Conținutul sulfatilor, recalculați la conținutul de Ioni de sulf, % maxim | 0,1 | Ne reglementat | 0,3 |

Plastifiantul

Aditivii plastifianți sunt substanțe tensioactive, care introduși în beton sau în mortar îmbunătățesc lucrabilitatea și permit o reducere a raportului A/C. Funcția principală a acestor aditivi este reducerea cantității de apă de preparare a amestecului de beton sau mortar cu minim 5-8% la lucrabilitatea egală a lor.

Aditivii plastifianți reducători de apă au și funcții secundare de întârzierea prizei și întărirea pastelor, mortarelor și betoanelor, în principal, în cazul utilizării unor dozaje ridicate.

În general, substanțele tensioactive care sunt utilizate ca aditivi reducători de apă sunt clasificate după caracterul electrolitic astfel:

- substanțe tensioactive anionice: lignosulfatul de calciu, de sodiu sau de amoniu; unele săpunuri alcaline; alkylarilsulfonatul de sodiu; unele săruri de hidrocarburi sulfonate, etc.
- substanțe tensioactive neionice: esterul de poliglicol.

- alte produse: sărurile acizilor hidrocarboxilici (produse organice ce conțin grupe hidroxil OH și carboxil COOH în formulă); numeroși acizi (citric, gluconic, salicilic, malic) etc.

Influența aditivilor plastifianți reducători de apă asupra proprietăților pastelor de ciment, mortarelor și betoanelor depinde de un număr important de factori:

- compoziția aditivului folosit și dozajul acestuia;
- compoziția chimico-mineralogică a cimentului sau la prepararea betonului (zgură, cenușă, silice ultrafină, etc.);
- tehnologia de preparare și lucrabilitatea betonului martor etc.;
- compoziția mortarului sau betonului preparat (inclusiv compoziția granulometrică a agregatelor folosite, dozajul de ciment, cantitatea de apă pentru preparare etc.).

Cu privire la modul de acțiune a lignosulfonaților și a altor aditivi tensioactivi în amestecul ciment-apă-substanțe tensioactive, se menționează următoarele:

- în lipsa aditivilor tensioactivi, granulele fine de ciment se aglomerează la suprafața granulelor mari, sau se aglomerează între ele; prin forțele libere ale electrovalențelor sau covalențelor rezultate în procesul de măcinare. La amestecarea cu apă, prin hidratare se formează structuri de coagulare afânate în care este reținută o cantitate relativ importantă de apă interstițială, a cărei evaporare creează porii capilari;

- în prezența substanțelor tensioactive acestea se adsorb cu unele grupări polare pe granulele de ciment și cu alte grupări polare spre apă;

- prin adsorbția substanțelor tensioactive la suprafața de separare, tensiunea superficială a soluției scade, ceea ce face posibilă și antrenarea unei anumite cantități de aer în beton;

- prin adsorbția substanțelor tensioactive la suprafața granulelor de ciment crește hidrofilia acestora, iar hidratarea nu este stânjenită;

- granulele de ciment încărcate electric se resping și se produce o dispersare a cimentului.

În general, cu privire la influența aditivilor plastifianți asupra proprietăților mortarelor și betoanelor în stare proaspătă și întărită, se menționează:

- necesarul de apă de preparare pentru o anumită lucrabilitate a betonului este redus cu 5-15% în funcție de compoziția betonului, compoziția cimentului, tipul și dozajul de aditiv utilizat;

- separarea apei din paste, mortare și betoane este mai redusă în cazul utilizării aditivilor plastifianți în compoziția acestora;

- contracția de hidratare a cimentului este micșorată, în principal în funcție de cantitatea de apă de preparare redusă;

- densitatea aparentă a betoanelor cu lucrabilitate egală și raport A/C redus crește ușor, iar omogenitatea este ameliorată;

- rezistențele mecanice ale mortarelor și betoanelor cu lucrabilitate egală , cu același dozaj de ciment la 28 zile de la preparare, prezintă un spor de aproximativ 1% pentru fiecare procent din apa de preparare redusă.

Printre efectele mai importante care se obțin prin utilizarea acestor aditivi, menționăm:

- ameliorarea lucrabilității betonului pentru același conținut de apă, aspect deosebit de important la betonarea elementelor de construcții de dimensiuni reduse, sau puternic armate, la punerea în operă a betonului prin pompare, sau la utilizarea agregatelor de concasare;

- prin reducerea cantității de apă de preparare la aceeași lucrabilitate se poate conta în prima aproximație pe o creștere a rezistențelor betonului de 1% la reducerea unui procent de 1% din apa de amestec și în paralel cu aceasta creșterea aderenței pastei de ciment la agregate, creșterea gradului de impermeabilitate și a durabilității betonului, etc.

Pentru cercetări a fost utilizat lignosulfonatul lichid, corespunzător prevederilor TY 2455-028 00279580-2004 (tabelul 3.1.5). În practică se folosește și lignosulfonatul în formă de pulbere.

Tabelul 3.1.5. Proprietățile lignosulfonaților

| Nr. crt. | Indicii | Lignosulfonat lichid | Lignosulfonat pulbere |
|----------|--|--|--|
| 1 | Aspectul exterior | Lichid vâscos de culoare cafenie închisă | Pulbere făinoasă de culoare de la galben deschis până la cafeniu |
| 2 | Conținutul de substanțe nevolatile, % minim | 50,0 | 92,0 |
| 3 | Conținutul substanței de bază, % minim | - | 58,0 |
| 4 | Conținutul de zgură în substanțele nevolatile, % minim | 25,0 | 27,0 |
| 5 | Indicele de hidrogen, pH, minim | 4,5 | 4,6 |
| 6 | Rezistența la întindere a mostrelor uscate, MPa, minim | 0,60 | 0,60 |
| 7 | Vâscozitatea convențională, s, minim | 80 | - |
| 8 | Densitatea, kg/M ³ , minim | 1280 | - |

Metode de studiere a proprietăților fizico-mecanice și tehnologice ale materialului compozit

Principalele proprietăți căror trebuie să corespundă materialele compozite pentru monolitizarea elementelor de beton armat în noduri, consolidarea și renovarea construcțiilor sunt și au fost determinate în conformitate cu prevederile următoarelor standarde:

- rezistența la compresiune, încovoiere și întindere conform SM GOST 10180:2014;
- rezistența la îngheț-dezgheț conform GOST 10060.1-95;
- aderența la suport conform GOST 24992-81;

- coeficientul de înmuiere a materialului compozit s-a determinat ca raportul rezistenței la compresiune a mostrelor de beton în stare saturată cu apă către rezistența lor în stare uscată.

3.2 Studiarea rezistenței la coroziune a materialului compozit.

Primul și cel mai important obiectiv al proiectării de durabilitate este identificarea și cuantificarea extinderii posibile a tipului și severității agresivității mediului. Strategia proiectării este să realizeze o structură cu suficientă rezistență la mediul identificat și efectele lui de degradare.

Sunt recunoscute două strategii de bază:

Strategia I urmărește eliminarea riscului reacțiilor de degradare considerate. Alegerea compozițiilor de materiale optime și a detalierii structurale astfel încât structura să reziste reacțiilor cu efect de degradare.

Strategia I poate fi abordată în trei moduri:

Ia. Schimbarea mediului în contact cu suprafețele expuse prin izolare, peliculizare, aplicarea unor membrane;

Ib. Utilizarea unor materiale nereactive: oțelul inoxidabil, armăturile din oțel peliculizate, agregate amorfe, cimenturi rezistente la sulfați, cimenturi cu conținut redus de alcalii, adaosuri speciale în beton;

Ic. Inhibarea reacțiilor, de exemplu prin protecția catodică a armăturilor. Evitarea atacului înghețului prin antrenare de aer poate fi clasificată, de asemenea, în această categorie.

Strategia II este reprezentată de diferite categorii de prevederi de proiectare. De exemplu, protecția față de coroziune poate fi obținută prin prevederea unei grosimi suficiente a acoperirii cu beton și printr-o rețetă adecvată care să asigure un beton compact. Structura poate fi făcută mai puțin vulnerabilă la atacul agresiv printr-o detaliere adecvată a formei elementelor, cu o suprafață expusă minimă cu colțuri rotunjite, prin prevederea de drenaje etc.

Este interesant de reținut durata de viață obiectiv adecvată diferitelor categorii de construcții, conform legislației Comunității Europene:

- structuri pentru platforme marine, 35 ani;
- structuri pentru clădiri de tip curent, 50 ani;
- poduri, tunele, porturi 100 ani.

Protecția betonului

Rezistența la îngheț a betonului poate fi obținută prin valori mici ale raportului A/C, valorile respective depinzând de mediu și de compoziția betonului. Proporțiile amestecului de beton vor asigura în mod normal o durabilitate satisfăcătoare, dar dacă se poate dovedi prin experimentări

adevrate că parametrii principali de calitate se pot obține cu amestecuri diferite de acestea (de exemplu, cu un conținut mai mic de ciment) se pot adopta asemenea rețete.

Contrația produsă de încărcări și de deformațiile impuse

Fisurarea este inevitabilă în structurile de beton armat ca și în cele de beton precomprimat, iar prezența fisurilor nu indică apriori lipsa capacității de serviciu sau a durabilității atâta vreme cât fisurile nu sunt excesiv de deschise. Deschiderea admisibilă a fisurilor depinde de funcțiunea structurii. La nivelul de eforturi utilizate în mod curent în armăturile de oțel, fisurile produse de încărcări nu sunt în general suficiente pentru a conduce la reducerea durabilității sau la degradări serioase ale aspectului structurii, dacă printr-o armare suficientă se controlează fisurarea zonelor întinse [32].

Distanțele prea mari între barele de armătura vor conduce la fisuri largi, necontrolate între armături. Utilizarea unor bare de diametru prea mare în raport cu grosimea stratului de acoperire va conduce la formarea unor fisuri longitudinale de despicare în lungul acestora. Distanțele între bare și diametrul lor trebuie de aceea limitate.

Calea practică curentă de a evita fisurarea produsă de deformațiile impuse este de a elimina legăturile suplimentare și a permite deformarea liberă a structurilor. Deformațiile se concentrează în puncte unde se pot lua măsuri ca acestea să nu creeze probleme. Rosturile de dilatare în clădiri și poduri reprezintă exemplele tipice de asemenea măsuri.

De asemenea, este necesar să se prevadă o anumită cantitate de armătura minimă în părțile de structură în care temperatura, contracția sau alte acțiuni pot produce eforturi de întindere înalte ca urmare a împiedicării deformării libere.

Protecția împotriva atacului chimic

Măsurile preventive sunt funcție de gradul de agresivitate al mediului, dar de regulă un beton cu o permeabilitate joasă, bine proiectat și bine executat se degradează rareori. Măsurile privind amestecul de beton, luând în considerație tipul de ciment, raportul A/C și conținutul de ciment al betonului sunt date în tabelul 3.2.1.

Tabelul 3.2.1. Măsuri împotriva atacului chimic al betonului în contact cu apă sau sol conținând agenți agresivi

| Parametrii betonului | Clasa de expunere | | | | | |
|---|-------------------|----|------------------|-----|-------------------|--------------------------|
| | 5a. Atac slab | | 5b. Atac moderat | | 5c. Atac puternic | 5d. Atac foarte puternic |
| Agenți agresivi în care sunt prezenți sulfați | | | | | | |
| Tipul de ciment* | OC | OC | SRC | SRC | SRC | SRC |

Tabelul 3.2.1. (continuare)

| Parametrii betonului | Clasa de expunere | | | | | |
|--|-------------------|------|------|------------------|-------------------|--------------------------|
| | 5a. Atac slab | | | 5b. Atac moderat | 5c. Atac puternic | 5d. Atac foarte puternic |
| Raport A/C maxim | 0,55 | 0,50 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,45 |
| Conținut minim de ciment (kg/m ³) | 300 | 330 | 300 | 330 | 370 | 370 |
| Protecție suplimentară a betonului | Nu este necesară | | | | | Este necesară |
| Agenți agresivi în care nu sunt prezenți sulfăți | | | | | | |
| Tipul de ciment* | OC | | OC | OC | OC | |
| Raport A/C maxim | 0,57 | | 0,50 | 0,45 | 0,45 | |
| Dozaj minim de ciment (kg/m ³) | 300 | | 330 | 370 | 370 | |
| Protecție suplimentară a betonului | Nu este necesară | | | | | Este necesară |

* OC - ciment obișnuit; SRC - ciment rezistent la sulfăți.

În anumite situații sunt necesare măsuri suplimentare de protecție a betonului [8]. Se pot folosi reguli simple pentru alegerea componentelor la punerea în operă. În mediile care dizolvă produsele de calciu, cimenturile cu adausuri (cu zgură de furnal sau cimenturile puzzolane) sunt superioare cimentului Portland cu un conținut mare de 3CaO SiO_2 (care eliberează o cantitate relativ mare de ioni de calciu în timpul hidratării).

Atacul sulfatic

Acest tip de coroziune are loc, de regulă, sub acțiunea apelor naturale, care conțin sulfăți. Acești sulfăți reacționează cu $\text{Ca}(\text{OH})_2$, formând hidrosulfoalulinat de calciu. La exterior degradarea betonului prezintă deformații în formă de umflături și deformări a elementelor constructive. În acest caz din construcțiile de beton nu se elimină produsul acestor reacții (hidrosulfoalulinatul de calciu), dar dimpotrivă el se acumulează. Volumul hidrosulfoalulinatului de calciu depășește mult suma volumelor compușilor inițiali care au intrat în reacție. În rezultat apar tensiuni interioare și când valoarea lor depășește rezistența la rupere a betonului, în ultimul apar fisuri și el treptat se distruge.

Recomandări mai detaliate sunt date în tabelul 3.2.2.

Tabelul 3.2.2. Exigențe pentru beton rezistent la sulfăți

| Gradul de atac | Mecanismul de protecție | Măsuri de protecție |
|----------------|--|---|
| Slab | Permeabilitate A/C Straturi de protecție Tipul cimentului Ciment cu înaltă rezistență la sulfăți | Maximum 50 mm penetrare a apei Max.0,6 |

Tabelul 3.2.2. (continuare)

| Gradul de atac | Mecanismul de protecție | Măsuri de protecție |
|----------------|--|---|
| 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 |

Reacția la alcalii

Deși s-au făcut progrese în evaluarea problemelor în ceea ce privește acest tip de degradare a betonului, o tratare cuprinzătoare și complet satisfăcătoare a acestui subiect nu este încă disponibilă. Cu toate acestea o abordare sigura implică, ori de câte ori este posibil, alegerea unor agregate inerte la aceste reacții.

O altă cale eficientă pare a fi utilizarea cimentului cu conținut redus de alcalii, dacă accesul de alcalii de la exterior (de exemplu, sarea de dezgheț) este evitat. Societatea Americană de Experimentare și Materiale limitează conținutul de alcalii, exprimat ca echivalent de oxid de sodiu, la 0,6 % din greutate [188].

Protecția împotriva atacului biologic

Datorită faptului că dezvoltarea biologică conduce la creșterea conținutului de umiditate la fața betonului și datorită riscului degradării mecanice produse de rădăcinile care intră în fisuri, nivelul dezvoltării biologice trebuie minimizat. Degradarea betonului datorată sulfului produs de bacterii poate fi redusă prin minimizarea turbulențelor în conductele de canalizare, reducându-se în felul acesta eliberarea hidrogenului sulfurat și fenomenul de dezvoltare a bacteriilor în interiorul conductelor de canalizare. Dacă împrejurările o permit, o bună ventilație a canalizării poate constitui o cale eficientă de prevenire a acestui proces.

Compoziția

Raportul A/C trebuie să fie 0,5 (< 0,4, dacă este așteptat un atac sever cu clor), iar conținutul de ciment cel puțin 300 kg/mc, dacă prin încercări adecvate nu se atestă alte valori pentru condiții particulare. Raportul A/C și lucrabilitatea, care trebuie să fie semi-fluidă sau fluidă, sunt de cea mai mare importanță [29].

În cazul unui atac sever cu clor, protecția armăturii se poate obține prin utilizarea unui beton de înaltă rezistență, cu cimenturi cu adausuri (zgură, cenușă, puzzolane naturale), cu rezistențe peste 35 MPa, cu un raport A/C = 0,4 și cu un conținut crescut de ciment. O asemenea protecție

superioară se poate obține numai dacă se aplică și măsuri de conservare (tratare a betonului proaspăt) sigure. Pentru confirmarea unei rețete adecvate, încercările sunt întotdeauna recomandate.

Conținutul critic de clor

Conținutul critic de clor, indicând un pericol potențial de coroziune, depinde de numeroși parametri. Nu se poate stabili o valoare unică a acestui conținut. Situația este prezentată în figura 3.3 [188].

Acest tip de coroziune are loc sub acțiunea apelor freatice cu conținut de ioni de clor sau în mediile cu umiditate înaltă și conținut de ioni de clor.

Pericolul potențial de coroziune în funcție de diferiți parametri.

Controlul calității

Măsurile descrise mai sus trebuie verificate de inginerul, responsabil al lucrării, prin metode adecvate. În particular trebuie verificate următoarele:

- distanțele între bare și spațiile pentru introducerea vibratorului;
- acoperirea cu beton, eficiența și distanțele între distanțiere;
- proiectarea amestecului și sistemul de asigurare al calității betonului;
- măsurile de conservare.

Unele măsuri speciale de protecție a betonului.

Armarea cu fibre

Adaosul unei mici cantități de fibre de polipropilenă în amestecul de beton reduce riscul fisurării contracției plastice. Adăugând fibre de oțel, se reduce riscul de fisurare atât la contracția plastică, cât și ulterior, la contracția din uscare. Adaosul de fibre de oțel permite astfel să se realizeze tronsoane lungi de construcție fără rosturi de dilatație.

În timp ce fibrele din polipropilenă influențează numai comportarea betonului foarte tânăr, ca urmare a rezistenței lor slabe, fibrele de oțel și alte fibre cu rezistență înaltă, cum sunt fibrele de carbon pot influența substanțial comportarea structurilor terminate. Fibrele îmbunătățesc durabilitatea, prin limitarea fisurii și procentului general de goluri.

Deși fibrele de oțel sunt în principiu vulnerabile la coroziune, practica dovedește că numai un strat superficial este afectat. Datorită dimensiunilor reduse ale fibrei, forțele de expansiune datorate ruginii sunt insuficiente pentru degradarea calității betonului. Singurul inconvenient real rămâne colorarea suprafeței, care poate fi acceptată în unele cazuri (construcții marine) sau poate fi ascunsă.

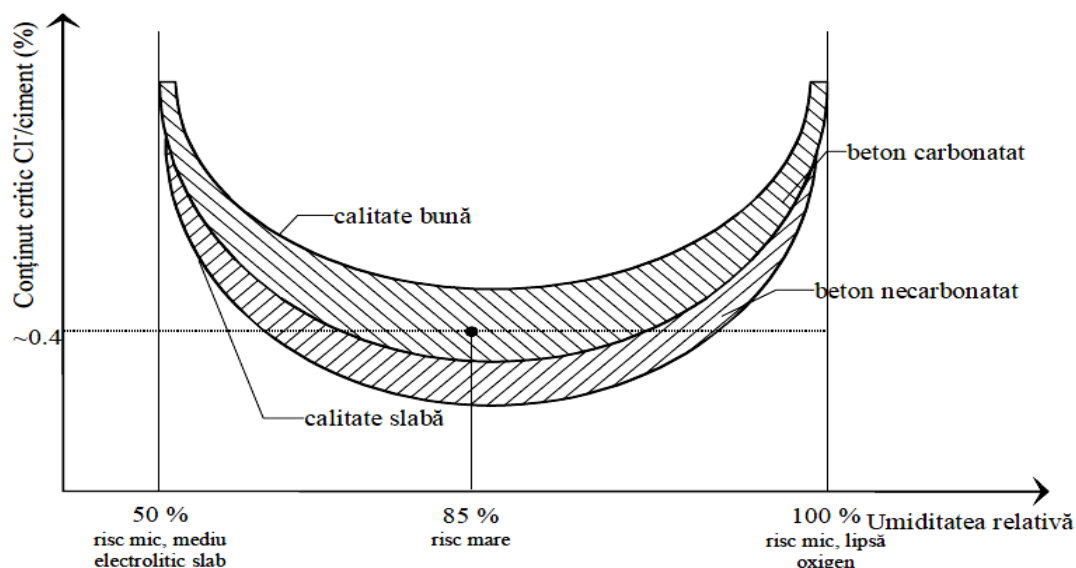


Figura 3.3. Conținutul critic de clor.

3.3 Studiarea influenței structurii materialului compozit asupra rezistenței lui la coroziune și proprietăților fizico-mecanice.

Studierea proprietăților mecanice ale materialului compozit

Scopul cercetărilor efectuate a constat în elaborarea unui nou material care să poseze 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 ciment și apă (tabelul 3.3.1).

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 3.3.1.

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

Tabelul 3.3.1 Condițiile îndeplinirii experimentului

| X_i | +1 | 0 | -1 |
|-----------------------------|-----|------|-----|
| X_1 -Cimentul (kg) | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| X_2 -Apa (L) | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| X_3 -Plastifiant (ml) | 4 | 5 | 6 |
| X_4 -Fibra (g) | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| X_5 -Clorura de calciu(g) | 6 | 8 | 10 |
| Nisipul (kg) | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Rezultatele încercărilor după 14, 21 și 28 sunt prezentate, respectiv, în tabelele 3.3.2, 3.3.3 și 3.3.4.

Tabelul 3.3.2. Rezultatele încercărilor după 14 zile

| N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) | N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 24.13 | 0.62 | 15 | 29.6 | 0.73 |
| 2 | 16.4 | 0.52 | 16 | 18.2 | 0.66 |
| 3 | 25.8 | 0.39 | 17 | 31.4 | 0.81 |
| 4 | 33.6 | 0.61 | 18 | 16.2 | 0.64 |
| 5 | 19.8 | 0.54 | 19 | 27.4 | 0.70 |
| 6 | 24.2 | 0.63 | 20 | 30.2 | 0.68 |
| 7 | 26.4 | 0.41 | 21 | 30.2 | 0.70 |
| 8 | 21.0 | 0.35 | 22 | 27.0 | 0.66 |
| 9 | 18.4 | 0.30 | 23 | 17.8 | 0.67 |
| 10 | 37.4 | 0.58 | 24 | 27.2 | 0.71 |
| 11 | 29.4 | 0.61 | 25 | 26.6 | 0.57 |
| 12 | 16.0 | 0.46 | 26 | 22.0 | 0.70 |
| 13 | 16.8 | 0.60 | 27 | 34.6 | 0.77 |
| 14 | 32.2 | 0.77 | | | |

Tabelul 3.3.3. Rezultatele încercărilor după 21 zile

| N _{r. crt.} | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) | N _{r. crt.} | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) |
|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 28,66 | 0,67 | 15 | 34,4 | 0.76 |
| 2 | 22,46 | 0,66 | 16 | 20,86 | 0.67 |
| 3 | 23,80 | 0.53 | 17 | 39,06 | 0.81 |
| 4 | 43,0 | 0.71 | 18 | 21,53 | 0.65 |
| 5 | 22,06 | 0.67 | 19 | 26,80 | 0.67 |
| 6 | 35,86 | 0.86 | 20 | 25,26 | 0.67 |
| 7 | 29,73 | 0.77 | 21 | 23,26 | 0.75 |
| 8 | 26,0 | 0.70 | 22 | 24,86 | 0.76 |
| 9 | 17,93 | 0.59 | 23 | 28,13 | 0.76 |
| 10 | 36,26 | 0.87 | 24 | 26,06 | 0.74 |
| 11 | 29,93 | 0.77 | 25 | 27,46 | 0.62 |
| 12 | 21,73 | 0.62 | 26 | 24,46 | 0.73 |
| 13 | 19,93 | 0.63 | 27 | 29,06 | 0.77 |
| 14 | 34,73 | 0.77 | | | |

Tabelul 3.3.4. Rezultatele încercărilor după 28 zile

| N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) | N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 34,53 | 0,72 | 15 | 34,46 | 0.76 |
| 2 | 25,53 | 0,66 | 16 | 23,0 | 0.62 |
| 3 | 28,0 | 0.50 | 17 | 37,26 | 0.81 |
| 4 | 42,0 | 0.88 | 18 | 19,33 | 0.65 |
| 5 | 24,66 | 0.65 | 19 | 29,86 | 0.65 |
| 6 | 35,46 | 0.85 | 20 | 30,13 | 0.71 |
| 7 | 30,46 | 0.71 | 21 | 27,06 | 0.76 |
| 8 | 28,4 | 0.74 | 22 | 22,33 | 0.78 |
| 9 | 26,06 | 0.58 | 23 | 29,06 | 0.74 |

Tabelul 3.3.4. (continuare)

| N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) | N _r | \hat{R}_{comp} (MPa) | \hat{R}_{inc} (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| 10 | 41,2 | 0.87 | 24 | 32,26 | 0.70 |
| 11 | 37,53 | 0.78 | 25 | 29,2 | 0.66 |
| 12 | 28,2 | 0.66 | 26 | 32,06 | 0.81 |
| 13 | 23,0 | 0.61 | 27 | 28,66 | 0.77 |
| 14 | 39,2 | 0.81 | | | |

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.

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

$$R_{comp14}(\text{MPa})=25,62-3,24X_1-3,01X_2+1,73X_3+2,33X_4+1,22X_5+8,22X_1^2-12,31X_2^2+2,35X_3^2+2,32X_4^2+1,7X_5^2-0,4X_1X_2+0,57X_1X_3-0,2X_1X_4-0,44X_1X_5-0,43X_2X_3-0,25X_2X_4+0,29X_2X_5-0,43X_3X_4-0,92X_3X_5+0,49X_4X_5.$$

Pentru R_{comp} 14 zile (Rezultatele sunt prezentate în Anexa 2):

Nivelul de risc = 0.200, Criteriul lui Student= 1.282, Incertitudinea experimentului (Ts)e = 3.559.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 16; Incertitudinea experimentului – 2,7764; Dispersia nepotrivirii – 12,9041; Incertitudinea nepotrivirii – 3,5922; Criteriul lui Fisher = 1.6740; Criteriul Fkr = 1.6740; Kzm = 1.000 NSe = 2.776.

Ecuația de regresie finală:

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

Pentru R_{inc} 14 zile:

Nivelul de risc = 0.200; Criteriul Student= 1.282; Incertitudinea experimentului (Ts)e = 5.475.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13; Incertitudinea experimentului – 4.2703; Dispersia nepotrivirii – 31.9483; Incertitudinea nepotrivirii – 5.6523; Criteriul lui Fisher = 1.7520; Criteriul Fkr = 1.7520; Kzm = 1.000 NSe = 4.270.

Ecuația de regresie finală:

$$R_{inc.14} = 0.721 + 0.045x_1 \pm 0x_1^2 + 0.064x_1x_2 + 0.046x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 0.018x_1x_5 + 0.034x_2 \pm 0x_2^2 - 0.028x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 0.053x_2x_5 - 0.015x_3 - 0.070x_3^2 - 0.031x_3x_4 \pm 0x_3x_5 + 0.019x_4 \pm 0x_4^2 \pm 0x_4x_5 + 0.029x_5 - 0.101x_5^2$$

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

$$R_{\text{comp}21}(\text{MPa})=29,761+3,99X_1-1,11X_2-2,05X_3+0,27X_4+0,44X_5+10,35X_1^2-10,37X_2^2-8,37X_3^2+5,36X_4^2+13,24X_5^2-0,75X_1X_2-0,4X_1X_3-1,18X_1X_4+2,25X_1X_5-0,43X_2X_3+0,37X_2X_4+0,25X_2X_5+2,68X_3X_5+0,62X_4X_5.$$

Pentru R_{comp} 21 zile (Rezultatele sunt prezentate în Anexa 3):

Nivelul de risc = 0.200, Criteriul lui Student= 1.282, Incertitudinea experimentului (Ts)e = 2.726.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13; Incertitudinea experimentului – 2.1263; Dispersia nepotrivirii – 7.9210; Incertitudinea nepotrivirii – 2.8144; Criteriul lui Fisher = 1.7520; Criteriul Fkr = 1.7520; Kzm = 1.000 NSe = 2.126.

Ecuția de regresie finală:

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

Pentru R_{inc} 21 zile:

Nivelul de risc = 0.200; Criteriul Student= 1.282; Incertitudinea experimentului (Ts)e = 5.059.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 15; Incertitudinea experimentului – 3.9462; Dispersia nepotrivirii – 26.4735; Incertitudinea nepotrivirii – 5.1452; Criteriul lui Fisher = 1.7000; Criteriul Fkr = 1.7000; Kzm = 1.000 NSe = 3.946.

Ecuția de regresie finală:

$$R_{\text{inc}.21} = 0.730 + 0.015x_1 \pm 0x_1^2 - 0.028x_1x_2 \pm 0x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 0.016x_1x_5 \\ + 0.023x_2 - 0.038x_2^2 \pm 0x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 0.037x_2x_5 \\ \pm 0x_3 \pm 0x_3^2 - 0.046x_3x_4 \pm 0x_3x_5 \\ + 0.027x_4 + 0.042x_4^2 \pm 0x_4x_5 \\ + 0.030x_5 - 0.033x_5^2$$

$$R_{\text{inc}28}(\text{MPa})=8,34+2,1X_1-0,44X_2-1,16X_3+0,05X_4+0,16X_5+224X_1^2-2,24X_2^2-3,15X_3^2+1,44X_4^2+2,11X_5^2-0,18X_1X_2-0,31X_1X_3+0,93X_1X_4+1,06X_1X_5+0,5X_2X_3+0,06X_2X_4+0,18X_2X_5-0,06X_3X_4+0,93X_3X_5-0,06X_4X_5.$$

$$R_{\text{comp}28}(\text{MPa})=31,5+3,33X_1-1,16X_2-2,33X_3+0,16X_4+0,61X_5+2,35X_1^2-1,24X_2^2-1,13X_3^2+2,54X_4^2+1,33X_5^2-1,02X_1X_2+0,21X_1X_3+0,52X_1X_4+1,13X_1X_5-0,39X_2X_3-0,73X_2X_4-0,32X_2X_5+0,15X_3X_4+1,23X_3X_5+0,45X_4X_5.$$

Pentru R_{comp} 28 zile: (Rezultatele sunt prezentate în Anexa 4):

Nivelul de risc = 0.200, Criteriul lui Student= 1.282, Incertitudinea experimentului (Ts)e = 2.923.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13; Incertitudinea experimentului – 2.2799; Dispersia nepotrivirii – 9.1067; Incertitudinea nepotrivirii – 3.0177; Criteriul lui Fisher = 1.7520; Criteriul Fkr = 1.7520; Kzm = 1.000, NSe = 2.280.

Ecuția de regresie finală:

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

Pentru R_{inc} 28 zile:

Nivelul de risc = 0.200; Criteriul Student = 1.282; Incertitudinea experimentului (T_s) = 5.338.

Numărul de nivele de independență a experimentului – 18; Incertitudinea experimentului – 4.1640; Dispersia nepotrivirii – 28.1235; Incertitudinea nepotrivirii – 5.3032; Criteriul lui Fisher = 1.6220; Criteriul Fkr = 1.6220; $K_{zm} = 1.000$, $N_{Se} = 4.164$.

Ecuția de regresie finală:

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

După efectuarea experimentului îndeplinit conform planului D-optimal cu 5 factori și prelucrarea statistică a rezultatelor încercărilor s-a efectuat evaluarea rezistenței reale la compresiune, rezultat cu următoarea ecuație de regresie pentru factorii cu impact mare:

$$R = e^{3,0889} \cdot x_1^{1,044} \cdot x_2^{-0,2202} \cdot x_5^{-0,1543} \cdot x_6^{0,3158}$$

Coeficientul corelației multiple - $R = 0,709$

Devierea relativă medie a datelor calculate de la cele reale - $\varepsilon = 0,1030$

Devierea absolută – 2,9548; devierea relativă – 10,9094.

Tabelul 3.3.5. Rezultatele evaluării rezistenței la compresiune în dependență de vârsta probelor de material compozit

| Nr. crt. | X_1 Ciment | X_2 Apa | X_3 Plastifiant | X_4 Fibra | X_5 Clorura de calciu | X_6 vârsta, zile | R_{comp} (MPa) | |
|----------|-----------------|--------------|----------------------|----------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 14 | 24,13 | 27,0848 |
| 1 | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 21 | 28,66 | 30,7845 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 28 | 34,53 | 33,7122 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 14 | 16,4 | 19,3957 |
| 2 | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 21 | 22,46 | 22,0451 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 28 | 25,53 | 24,1416 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 14 | 25,8 | 19,3934 |
| 3 | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 21 | 23,80 | 21,8152 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 28 | 28,0 | 23,8898 |

Tabelul 3.3.5. (continuare)

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 14 | 33,6 | 32,0432 |
| 4 | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 21 | 43,0 | 36,4203 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 28 | 42,0 | 39,8839 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 14 | 19,8 | 17,7388 |
| 5 | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 21 | 22,06 | 20,1618 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 28 | 24,66 | 22,0792 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 14 | 24,2 | 29,6147 |
| 6 | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 21 | 35,86 | 33,6600 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 28 | 35,46 | 36,8611 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 14 | 26,4 | 29,3059 |
| 7 | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 21 | 29,73 | 33,6600 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 28 | 30,46 | 36,4767 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 14 | 21,0 | 20,9862 |
| 8 | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 21 | 26,0 | 23,8529 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 28 | 28,4 | 26,1213 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 14 | 18,4 | 19,1934 |
| 9 | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 21 | 17,93 | 21,8152 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 28 | 26,06 | 23,8898 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 37,4 | 32,0432 |
| 10 | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 36,26 | 36,4203 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 41,2 | 39,8839 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 14 | 29,4 | 27,0848 |
| 11 | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 21 | 29,93 | 30,7845 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 28 | 37,53 | 33,7122 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 14 | 16,0 | 19,3957 |
| 12 | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 21 | 21,73 | 22,0451 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 28 | 28,2 | 24,1416 |

Tabelul 3.3.5. (continuare)

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 14 | 16,8 | 17,7388 |
| 13 | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 21 | 19,93 | 20,1618 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 28 | 23,0 | 22,0792 |
| | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 14 | 32,2 | 29,6147 |
| 14 | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 21 | 34,73 | 33,6600 |
| | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 28 | 39,2 | 36,8611 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 29,6 | 29,3059 |
| 15 | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 34,4 | 33,3090 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 34,46 | 36,4767 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 18,2 | 20,9862 |
| 16 | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 20,86 | 23,8529 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 23,0 | 26,1213 |
| | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 31,4 | 29,1821 |
| 17 | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 39,06 | 33,1683 |
| | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 37,26 | 36,3226 |
| | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 16,2 | 19,1123 |
| 18 | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 21,53 | 21,7231 |
| | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 19,33 | 23,7889 |
| | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 14 | 27,4 | 23,1755 |
| 19 | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 21 | 26,80 | 26,3413 |
| | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 28 | 29,86 | 28,8463 |
| | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 14 | 30,2 | 25,3403 |
| 20 | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 21 | 25,26 | 28,8017 |
| | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 28 | 30,13 | 31,5408 |
| | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 14 | 27,0 | 24,125 |
| 21 | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 21 | 23,26 | 27,4205 |
| | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 28 | 27,06 | 30,0282 |

Tabelul 3.3.5. (continuare)

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 14 | 17,8 | 24,1250 |
| 22 | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 21 | 24,86 | 27,4205 |
| | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 28 | 22,33 | 30,0282 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 14 | 17,8 | 24,1250 |
| 23 | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 21 | 28,13 | 27,4205 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 28 | 29,06 | 30,0282 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 14 | 27,2 | 24,1250 |
| 24 | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 21 | 26,06 | 27,4205 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 28 | 32,26 | 30,0282 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 14 | 26,6 | 23,3086 |
| 25 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 21 | 27,46 | 26,4925 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 28 | 29,2 | 29,0119 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 14 | 22,0 | 25,2200 |
| 26 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 21 | 24,46 | 28,6650 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 28 | 32,06 | 31,3910 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 34,6 | 24,1250 |
| 27 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 29,06 | 27,4205 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 28,66 | 30,0282 |

Ulterior s-a efectuat evaluarea rezistenței reale la compresiune pentru toți factorii, rezultat cu următoarea ecuație de regresie:

$$R = e^{3,2587} \cdot x_1^{1,032} \cdot x_2^{-0,2063} \cdot x_3^{-0,1170} \cdot x_4^{-0,1513} \cdot x_5^{-0,1430} \cdot x_6^{0,3158}$$

Coeficientul corelației multiple - $R = 0,72510$

Devierea relativă medie a datelor calculate de la cele reale - $\varepsilon = 0,0992$

Coeficienții corelației particulare:

$X_1 = 0,8058$; $X_2 = -0,2621$; $X_3 = -0,1495$; $X_4 = -0,1956$; $X_5 = -0,2310$; $X_6 = 0,5853$.

Tabelul 3.3.6. Rezultatele evaluării rezistenței la compresiune în dependență de vârsta probelor de material compozit pentru toți factorii

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 14 | 24,13 | 25,7336 |
| 1 | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 21 | 28,66 | 29,2488 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | +1,2 | +10 | 28 | 34,53 | 32,0304 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 14 | 16,4 | 18,4132 |
| 2 | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 21 | 22,46 | 20,9284 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | +1,2 | +10 | 28 | 25,53 | 22,9187 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 14 | 25,8 | 20,3133 |
| 3 | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 21 | 23,80 | 23,0881 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | -0,8 | -6 | 28 | 28,0 | 25,2838 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 14 | 33,6 | 35,5576 |
| 4 | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 21 | 43,0 | 38,1415 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | -0,8 | -6 | 28 | 42,0 | 41,7688 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 14 | 19,8 | 17,7590 |
| 5 | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 21 | 22,06 | 20,1848 |
| | -0,4 | +0,3 | -4 | +1,2 | +10 | 28 | 24,66 | 22,1044 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 14 | 24,2 | 29,3378 |
| 6 | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 21 | 35,86 | 33,3453 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | +10 | 28 | 35,46 | 36,5165 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 14 | 26,4 | 29,4350 |
| 7 | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 21 | 29,73 | 33,4558 |
| | +0,6 | +0,3 | +6 | -0,8 | -6 | 28 | 30,46 | 36,6374 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 14 | 21,0 | 21,0617 |
| 8 | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 21 | 26,0 | 23,9387 |
| | -0,4 | -0,2 | +6 | -0,8 | -6 | 28 | 28,4 | 26,2152 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 14 | 18,4 | 18,2194 |
| 9 | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 21 | 17,93 | 20,7081 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | +1,2 | -6 | 28 | 26,06 | 22,6775 |

Tabelul 3.3.6. (continuare)

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 37,4 | 31,5610 |
| 10 | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 36,26 | 35,8722 |
| | +0,6 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 41,2 | 39,2837 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 14 | 29,4 | 28,6911 |
| 11 | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 21 | 29,93 | 32,6103 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | -0,8 | +10 | 28 | 37,53 | 35,7116 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 14 | 16,0 | 20,5294 |
| 12 | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 21 | 21,73 | 23,3337 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | -0,8 | +10 | 28 | 28,2 | 25,5528 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 14 | 16,8 | 18,0073 |
| 13 | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 21 | 19,93 | 20,4671 |
| | -0,4 | +0,3 | +6 | -0,8 | +10 | 28 | 23,0 | 22,4136 |
| | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 14 | 32,2 | 29,7481 |
| 14 | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 21 | 34,73 | 33,8117 |
| | +0,6 | -0,2 | +6 | -0,8 | +10 | 28 | 39,2 | 37,0272 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 29,6 | 29,0290 |
| 15 | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 34,4 | 32,9943 |
| | +0,6 | +0,3 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 34,46 | 36,1321 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 14 | 18,2 | 20,7711 |
| 16 | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 21 | 20,86 | 23,6085 |
| | -0,4 | -0,2 | -4 | +1,2 | -6 | 28 | 23,0 | 25,8536 |
| | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 31,4 | 28,9691 |
| 17 | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 39,06 | 32,9262 |
| | +0,6 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 37,26 | 36,0575 |
| | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 16,2 | 19,0653 |
| 18 | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 21,53 | 21,6696 |
| | -0,4 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 19,33 | 23,7304 |

Tabelul 3.3.6. (continuare)

| Nr. crt. | X ₁ Ciment | X ₂ Apa | X ₃ Plastifiant | X ₄ Fibra | X ₅ Clorura de calciu | X ₆ vârsta, zile | R _{comp} (MPa) | |
|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | | | | | reală | evaluată |
| | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 14 | 27.4 | 23,1156 |
| 19 | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 21 | 26,80 | 26,2731 |
| | 0,5 | +0,3 | 5 | 1 | 8 | 28 | 29,86 | 28,7717 |
| | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 14 | 30.2 | 25,1318 |
| 20 | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 21 | 25,26 | 285648 |
| | 0,5 | -0,2 | 5 | 1 | 8 | 28 | 30,13 | 31,2813 |
| | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 14 | 27.0 | 23,1947 |
| 21 | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 21 | 23,26 | 26,7040 |
| | 0,5 | 0,25 | +6 | 1 | 8 | 28 | 27,06 | 29,2436 |
| | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 14 | 17.8 | 24,6364 |
| 22 | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 21 | 24,86 | 28,0017 |
| | 0,5 | 0,25 | -4 | 1 | 8 | 28 | 22,33 | 30,6647 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 14 | 17.8 | 23,3484 |
| 23 | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 21 | 28,13 | 26,5378 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | +1,2 | 8 | 28 | 29,06 | 29,0615 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 14 | 27.2 | 24,8254 |
| 24 | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 21 | 26,06 | 28,2166 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | -0,8 | 8 | 28 | 32,26 | 30,9000 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 14 | 26.6 | 23,2476 |
| 25 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 21 | 27,46 | 26,4232 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | +10 | 28 | 29,2 | 28,9361 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 14 | 22.0 | 25,0093 |
| 26 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 21 | 24,46 | 28,4256 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | -6 | 28 | 32,06 | 31,1288 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 14 | 34.6 | 24,0014 |
| 27 | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 21 | 29,06 | 27,2799 |
| | 0,5 | 0,25 | 5 | 1 | 8 | 28 | 28,66 | 29,8743 |

Din datele obținute la încercările la compresiune și încovoiere am constatat ca proporția care a asigurat rezistențele la compresiune și încovoiere sporite este a 4 conform tabelului 3.3.7.

Tabelul 3.3.7. Rezistențele la compresiune și încovoiere (experimentul 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 |

Reieșind din datele experimentale, materialul compozit elaborat posedă cele mai performante proprietăți având componența prezentată în tabelul 3.3.8.

Tabelul 3.3.8. Componența materialului compozit

| Componența materialului compozit | Conținutul, % |
|----------------------------------|---------------|
| Cimentul | 45 |
| Apa | 20 |
| Plastifiant | 0,6 |
| Fibra | 0,12 |
| Clorura de calciu | 0,9 |
| Nisipul | 100 |

Din compoziția cu componență optimală au fost pregătite mostre pentru determinarea, respectiv, a absorbției de apă, coeficientului de înmuiere, rezistenței la compresiune și rezistenței la încovoiere. Mostrele s-au întărit în condiții normale timp de 28 zile

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

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

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

Calculăm rezistența materialului la compresiune și încovoiere obținut în cadrul experimentului:

$$R_{comp} = \frac{P}{S} = \frac{300 * 10^{-3}}{0.01} = 30MPa$$

Unde: P - forța distrugătoare

S - aria suprafeței de acționare

$$R_{inc} = \frac{3Pl}{2bh^2} = \frac{3 * 4000 * 0,1}{2 * 0,04 * 0,0016} = 9,37MPa$$

unde: P - forța distrugătoare;

l - distanța dintre reazeme;

b - înălțimea mostrei;

h - înălțimea mostrei.

În urma cercetărilor experimentale a fost obținut un material compozit cu o rezistență la încovoiere și la compresiune sporită ceea ce permite folosirii lui pe larg la monolitizarea elementelor de beton armat în noduri, consolidarea și renovarea construcțiilor parțial degradate.

Materialul compozit pentru hidroizolare și reparații este compus din următoarele materiale: ciment Portland, nisip de construcții, apă, adaos plastifiant (lignosulfonat de amoniu – produs dispersiv, obținut prin hidroliza celulozei), fibră de polipropilenă, clorură de calciu (de asemenea utilizat în industria alimentară și în medicină).

Întărirea materialului compozit se va executa în condiții normale (temperatura $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}$ și umiditatea de 65-80%). Nu se admite întărirea compozitului la temperaturi mai mari decât temperatura camerei.

Caracteristicile normate ale materialului compozit sunt următoarele:

- Rezistența la compresiune, MPa, minimum – 40,0;
- Rezistența la încovoiere, MPa, minimum – 8,0;
- Absorbția de apă, %, maximum – 3,0%;
- Impermeabilitatea la apă, minimum – W4;
- Conținutul de dibutilftalat nu trebuie să depășească $0,02 \text{ mg/m}^3$, de formaldehidă – nu se

admite.

Caracteristicile obținute ale materialului compozit sunt conform tabelului 3.3.9.

Tabelul 3.3.9. Caracteristicile materialului compozit

| Caracteristici verificate | Valori obținute |
|---------------------------|-----------------|
| R_c (MPa) | |
| -la 14 zile | 35,0 |
| -la 21 zile | 45,0 |
| -la 28 zile | 45,0 |
| 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 |

3.4 Concluzii

- materialul compozit elaborat posedă rezistență mecanică mai mare comparativ cu betoanele folosite în prezent pentru consolidare, renovare și reparația construcțiilor din beton armat, datorită faptului că el conține fibră sintetică și plastifiant.

- fibra sintetică asigură o armare dispersă, ceea ce permite redarea materialului compozit a proprietăților egale în toate direcțiile construcției.

- plastifiantul modifică proprietățile reologice (fluiditatea) a amestecului materialului compozit, ceea ce permite obținerea unei structuri mai dense în procesul îndeplinirii lucrărilor și respectiv o rezistență mecanică mai sporită.

- clorura de calciu grăbește procesul de priză a amestecului materialului compozit, ceea ce permite asigurarea unei rezistențe mecanice înalte în termeni mici de întărire.

- valoarea coeficientului de înmuiere (0,85) confirmă o rezistență sporită a materialului compozit în condiții umede.

4 ELABORAREA ȘI STUDIAREA SISTEMULUI ACOPERIRII POLIMERICE, APLICAȚII PRACTICE ALE REZULTATELOR CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE

4.1 Elaborarea și optimizarea compoziției acoperirii polimerice hidroizolatoare.

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

Acoperirile pe baza parafinei, rășinilor epoxidice și vinilice, folosite până în prezent pentru protecția betonului și betonului armat pentru apele potabilă și tehnică, cât și a produselor alimentare, nu satisfac cerințelor de rezistență la fisurare și, astfel nu asigură o protecție fiabilă (sigură).

Cercetările efectuate și practica exploatărilor au demonstrat că într-un interval de 1-3 ani aceste acoperiri se distrug [42,137,152,153].

Utilizarea în aceste scopuri ale cunoscutelor acoperiri, rezistente la fisurare, din polietilenă clorsulfurată, tiocol și nairit nu este posibilă, deoarece nu corespund cerințelor igienico-sanitare la acțiunea mediilor agresive [40,41].

Acoperirea pe baza polietilenei clorsulfurate este acceptată numai în calitate de protecție anticorrosivă ale rezervoarelor de beton și beton armat pentru depozitarea apei potabile [40,132,136], dar utilizarea lor ca acoperiri de sine stătătoare, este imposibilă deoarece, conform cercetărilor de laborator efectuate nu posedă stabilitate sigură la acizii organici și, spre exemplu, după 70-80 zile de păstrare în acid acetic cu concentrația de 2%, se distrug [36,38].

La elaborarea sistemelor acoperirilor de lacuri și vopsele pentru rezervoarele de beton și beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică, se ia în considerație specificul acestui material - rezistența mecanică, rugozitatea, umiditatea, bazicitatea etc., și proprietățile construcției de beton armat - deformabilitatea, configurația (aspectul dimensiunilor geometrice), etc. Aceste caracteristici influențează în primul rând asupra proprietăților de bază, asupra stratului superior al betonului care, la rândul său, influențează asupra stratului inferior al acoperirii de lacuri și vopsele.

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.

4.2 Determinarea proprietăților fizico-mecanice ale acoperirii polimerice hidroizolatoare

Permeabilitatea apei a acoperirilor de lacuri și vopsele se caracterizează de absorbția apei pentru epruvetele acoperite complet cu apă, iar permeabilitatea la abur - de absorbția umidității pentru epruvete păstrate în condiții de umiditate maximă (100%).

Studierea permeabilității acoperirilor de lacuri și vopsele este în legătură directă cu studierea permeabilității la gaze, la abur, la apă și la soluții agresive. Toate aceste procese includ factorii de sorbție, de difuzie și a permeabilității difuziei gazelor aburului sau ale lichidelor prin pelicula acoperirii protectoare [42].

S-a stabilit, că coeficientul difuziei se micșorează cu creșterea masei moleculare a substanței care difundează. Permeabilitatea la gaze a acoperirilor de lacuri și vopsele depinde de valoarea temperaturii, deoarece la micșorarea acesteia este posibilă trecerea polimerilor din starea elastică în stare fragilă (casabilă). Trecerea polimerilor din starea amorfă în cea cristalină este condiționată de micșorarea coeficienților de difuzie și permeabilitate în procesul trecerii substanțelor puțin moleculare în polimeri.

Spre exemplu, introducerea unei cantități mici de parafină echivalează cu reducerea permeabilității la gaze a polietilenei. Aceasta se poate explica prin majorarea densității polimerului în sectoarele amorfe. Astfel la difuzia substanței puțin moleculare, în polimerul cristalin, procesul decurge primar în sectorul amorf, iar cel cristalin are rolul de mediu impermeabil izotrop. Acțiunea umidității asupra substanțelor înalt moleculare poate schimba proprietățile fizico - mecanice ale polimerilor atât în rezultatul sorbției cât și al acțiunii umidității lichide care duce la umflare. Sorbția apei, în polimerii polari, la cercetarea proceselor difuziei, se complică cu formarea legăturilor carbonice și adunarea moleculelor de apă.

Absorbția apei sau a altui lichid duce la slăbirea legăturilor intermoleculare, majorarea flexibilității moleculare în lanț și, respectiv la majorarea permeabilității acoperirii. Hidrofobizare majorată au grupele polare ale generatorilor de pelicule conținute în molecule, iar permeabilitatea la gaze a polimerilor nepolari nu se schimbă la acțiunea umezirii.

Influența plastificării polimerilor la permeabilitatea gazelor a peliculei acoperirii anticorrosive depinde de forma, dimensiunile moleculei și caracterul interacțiunii plastifiatorului cu polimerul. Spre exemplu, cantitatea redusă de plastifiator poate conduce la micșorarea permeabilității polimerului din cauza reducerii acțiunii intermoleculare, dacă se asigură regularitatea structurii și majorarea densității în urma apropierii legăturilor moleculare. Cantitatea mare de plastifiator, de obicei, majorează permeabilitatea primară a polimerilor.

Utilizarea plastifiatorului într-o cantitate de până la 10% puțin influențează asupra permeabilității la gaze. La o cantitate mai mare, în rezultatul trecerii polimerului din starea amorfa în starea înalt elastică, brusc se majorează permeabilitatea compusului, în starea vâsco-plastică majorarea conținutului plastifiatorului nu influențează considerabil asupra permeabilității. Majorarea gradului de impermeabilitate a acoperirii de lacuri și vopsele poate fi asigurată prin combinarea unui polimer cu altul sau prin aplicarea peliculelor în mai multe straturi de diferite tipuri, care ar asigura, în sumă, nivelul necesar de permeabilitate la gaze și alte proprietăți fizico - mecanice necesare din contul structurilor mai impermeabile.

Permeabilitatea peliculei pigmentate de structura materialului - dacă este omogenă sau eterogenă. Dacă structura amestecului polimeric s-a schimbat, atunci caracteristicile peliculei se pot deosebi considerabil de caracteristicile generatorului de peliculă primar. Introducerea cantității optime de pigment în compoziția materialului conduce la micșorarea permeabilității. De asemenea, la permeabilitate influențează forma particulelor de pigment. Micșorare considerabilă a permeabilității se obține la utilizarea particulelor de formă lamelară.

Același lucru se obține la introducerea primei părți de pigment în cantitate de (5...10)% din volumul său, și până la (20...30)% procesul se stabilizează, în continuare însă, permeabilitatea se majorează deoarece la concentrația mai mare de concentrația chimică este posibilă discontinuitatea fazei polimerice în peliculă. Concomitent permeabilitatea difuzională trece în moleculară sau vâscoasă.

Proprietate acoperirilor de lacuri și vopsele de a rezista acțiunii mediilor agresive se determină, în primul rând, de proprietățile substanței generatoare de peliculă de bază. Substanța generatoare de peliculă este prezentată, în mod general de legăturile înalt moleculare - polimerii.

Agresivitatea chimică a mediului este caracterizată de specificul interacțiunii chimice a mediului cu polimerii. Posibilitatea reacțională a polimerilor se determină de prezența grupelor funcțională în molecule, dar vitezele de interacționare și gradul de finalizare al materialului acoperirii cu mediul agresiv sunt diferite. Aceasta, posibil se explică prin schimbarea permeabilității polimerului pe măsura interacțiunii cu mediul și distribuirii grupelor funcționale active ale moleculelor în polimer, difuzia mediilor poate încetini la introducerea pigmentilor și umpluturilor în compoziția materialului datorită majorării densității polimerului. Starea cristalină a polimerului complică difuzia și frânează interacțiunea chimică.

Majorarea gradului de cristalizare al polimerului obține majorarea stabilității chimice a lui. S-a determinat, că cu mărirea gradului de cristalizare al polimerilor se micșorează absorbția apei și încetinește viteza absorbției de apă.

Mediile agresive, în dependență de caracterul acțiunii asupra polimerului, se împart în active fizic și chimic. Primele aduc la schimbarea periodică datorită slăbirii legăturilor intermoleculare (spre exemplu, umflarea, dizolvarea) și nu pot distruge legăturile chimice. Mediile chimic agresiv aduc schimbări neperiodice ale caracteristicilor polimerului condiționate de schimbarea structurii chimice.

Pentru orice mecanism, agresivitatea acțiunii mediilor, în primul rând, se determină cu permeabilitatea peliculei polimerului și toți factorii care influențează asupra ei. În dependență de posibilitatea reacțională a polimerilor, unele și aceleași medii, pentru diferite pelicule polimerice pot fi agresiv fizic sau chimic. Exemplu de mediu fizic agresiv poate servi apa și soluțiile apoase. La acțiunea lor asupra acoperirilor de lacuri și vopsele, în special la prezența substanțelor superficial - active, se simplifică înmuierea polimerului și se mărește acțiunea mediului. Majorarea concentrației soluțiilor de săruri în comparație cu acțiunea apei pure influențează pozitiv la caracteristicile protectoare ale polimerilor deoarece se reduce absorbția apei,

Schimbarea caracteristicilor fizico - mecanice ale polimerului la acțiunea soluțiilor de săruri este condiționată de difuzia apei în material. Se propune următorul mecanism de absorbție a apei de către polimer. Umiditatea, ajungând în polimer, dizolvă adaosurile solubile apoi pătrunderea are loc difuzional din contul diferenței presiunii vaporilor soluției formată în material și în afara lui, adică din contul presiunii osmotice. Rezistă presiunii osmotice deformația elastică a polimerului în pelicula tensionată. La egalarea acestor două forțe în peliculă se formează starea de echilibru.

Stabilitatea acoperirilor de lacuri și vopsele în soluții de săruri solubile care nu intră în reacție chimică cu acoperirea, practic se determină cu stabilitatea lor la apă.

La acțiunea mediilor agresive, pe suprafața multor polimeri se formează un strat de substanțe rezultate din reacția cu mediul care încetinește viteze difuziei mediului către centrele active ale polimerului. Asupra stabilității acoperirilor de lacuri și vopsele influențează atât stabilitatea chimică generatorului de peliculă cât și compoziția întregii structuri, a plastifiantului, a pigmentului și a proporției lor. S-a stabilit, că dacă caracterul procesului care determină distrugerea acoperirii (interacțiunea chimică sau difuzia mediului), nu se schimbă, atunci viteza acestuia este condiționată de temperatura dependenței exponențiale.

Caracteristicile protectoare ale sistemului acoperirii de lacuri și vopsele se termină prin cumulara permeabilității, stabilității și adeziunea sa la suprafața protejată în condițiile agresive date. Criteriul de bază al evaluării caracteristicilor de protejare ale acoperirii de lacuri și vopsele este perioada de timp pe parcursul căreia se păstrează posibilitatea de izolare a materialului de acțiunea distructivă a mediului agresiv. Deci studiind proprietățile protectoare ale acoperirii de

lacuri și vopsele este necesar de a cunoaște, în primul rând, mecanismul interacțiunii mediului cu suprafața rezervoarelor de beton și beton armat destinate păstrării apelor potabilă și tehnică, cât și a produselor alimentare protejată, fără acoperire și caracterul acțiunii distructive.

Mecanismul acțiunii protectoare a acoperirii de lacuri și vopsele pe beton trebuie de cercetat din două poziții. Prima poziție este mecanismul de acțiune protectoare a însăși sistemului de acoperire de lacuri și vopsele aplicată pe suprafața betonului, a doua - influența acoperirii de lacuri și vopsele asupra proprietăților stratului superior de beton. Tipurile de acoperiri, utilizate în construcții pentru finisarea și protejarea betonului obișnuit și a betonului armat sunt diferite. Dar, în legătură cu lipsa metodelor standarde de apreciere a proprietăților protectoare, nu sunt apreciate sensurile unice despre stabilitatea lor. Sunt dese cazuri, când compozițiile hidrofobizante organice cu care se prelucrează suprafața betonului privind rezistența și hidrofobitatea sa la apă dar fără micșorarea porozității și stabilității la mediile agresive sau efectuarea chituirii de nivelare a suprafeței, de asemenea și compoziții decorative, sunt numite acoperiri de protecție stabile în medii agresive cu sisteme de acoperire.

Cu scopul stabilirii criteriului de apreciere al caracteristicilor protectoare ale acoperirii de lacuri și vopsele de orice tip pentru betonul protejat s-au îndeplinit un șir de cercetări ale proprietăților protectoare ale acoperirilor diferite după tipul generatorului de peliculă, grosime și compoziție, aplicate pe diferite tipuri de beton. Caracteristicile protectoare s-au apreciat după viteza de corodare a betonului sub acoperire. Experiențele s-au îndeplinit pentru tipul II de coroziune, mai frecvent în industria construcțiilor, pe exemplul protejării de acțiunea soluțiilor apoase cu diferite concentrații. S-a cercetat acțiunea permanentă a mediile agresive lichide, adică un regim mai dur pentru acoperirile de lacuri și vopsele și mai puțin dur pentru betonul neprotejat.

Rezultatele aprecierii vitezei de corodare a materialului de ciment - nisip și a betonului celular fără acoperire de protecție și cu straturi de pregătire - grunduire, îmbibare și chituire, au demonstrat că straturile de pregătire scad viteza de corodare a betonului în primele 23-30 zile cu (20...30)%, însă în continuare vitezele încep să se apropie și caracterul interacțiunii este același.

Rezultatele cercetării permeabilității difuzionale, stabilității și proprietățile protectoare ale diferitor sisteme de acoperiri stabile chimic demonstrează că eficacitatea este în dependență directă de concordanța permeabilității și stabilității peliculelor acoperirilor și cu adeziunea la suprafața protejată a betonului în mediul agresiv dat. S-a determinat, că adeziunea acoperirilor de lacuri și vopsele către suprafața protejată depinde de structura substanței generatoare de peliculă, compoziția materialului de acoperire, tipul și gradul pigmentării, tehnologia de aplicare, compoziția și starea suprafeței vopsite a materialului (umiditatea, rezistența mecanică, poluarea, etc.).

Se știe că polimerii puțin moleculari cu fluiditate joasă și temperatură mică de topire posedă mari proprietăți de adeziune comparativ cu polimerii înalt moleculari.

Metodele de aplicare și de întărire a acoperirii influențează asupra formării peliculei (structura moleculelor) ceea ce de asemenea se răsfrânge asupra valorii adeziunii. Spre exemplu, adeziunea acoperirii obținută la temperaturi joase este mică. Contragerea, care se petrece la formarea acoperirii, și grosimea majorată influențează negativ asupra calității adeziunii.

Influența caracteristicilor de bază ale stratului superior al betonului la adeziunea substratului (grundului).

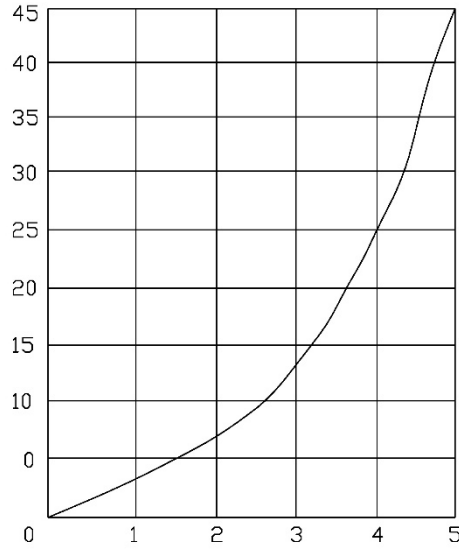
Rezistența mecanică. Pentru determinarea pierderii rezistenței mecanice de către stratul superior al betonului neprotejat la acțiunea mediilor agresive asupra modelelor s-a determinat adeziunea acoperirilor pe baza de emailuri. Adeziunea, independent de tipul substratului, s-a micșorat comparativ cu adeziunea aceluiași acoperiri aplicată pe epruvete neafectate de mediile agresive. De aici rezultă că obținerea acoperirii calitative, în primul rând, influențează egalitatea rezistențelor mecanice ale stratului superior al betonului obișnuit și betonului armat protejat și a materialului în totalitate. Acoperirea, aplicată pe un strat superior mai puțin rezistent decât tot materialul, la unele acțiuni nefavorabile care nu distrug construcția în general, se poate stratifica.

Tot un rol negativ, ca și rezistența mecanică redusă a stratului superior de beton, are și praful neevacuat de pe suprafață, stratul uleios sau alte impurități. Acestea împiedică contactul suprafeței betonului cu compoziția substratului (cu grunduirea) acoperirii de lacuri și vopsele, complică interacțiunea adezivă a acoperirii formate și reduce, prin aceasta, durabilitatea sau viabilitatea acoperirii.

Umiditatea. În cazul când umiditatea este mai mare de (5...8)%, pe suprafața betonului se formează o peliculă care împiedică contactul acoperirii de lacuri și vopsele și, în primul rând, al substratului acesteia, dacă el nu leagă chimic apa sau îi diminuează adeziunea. Acoperirea de protecție din lacuri și vopsele, după formare, se desprinde de la o astfel de suprafață de acum la sarcini mici.

Bazicitatea. Betonul, de obicei, reacționează cu alcalinele. De aceea la aplicarea pe suprafața sa a acoperirilor trebuie de luat în considerație, că sau substratul (grundul) să fie stabil la acțiunea bazică sau suprafața betonului trebuie preventiv prelucrată pentru ca indicele pH să fie neutru.

Contragerea. În timpul întăririi, când se începe formarea structurii betonului acesta este supus, în dependență de temperaturi și umiditate, unor schimbări de volum care deseori conduc la apariția fisurilor în stratul de suprafață. Fisurile formează surplus de rugozitate și sunt cauza defectelor acoperirii de protecție pe bază de lacuri și vopsele.

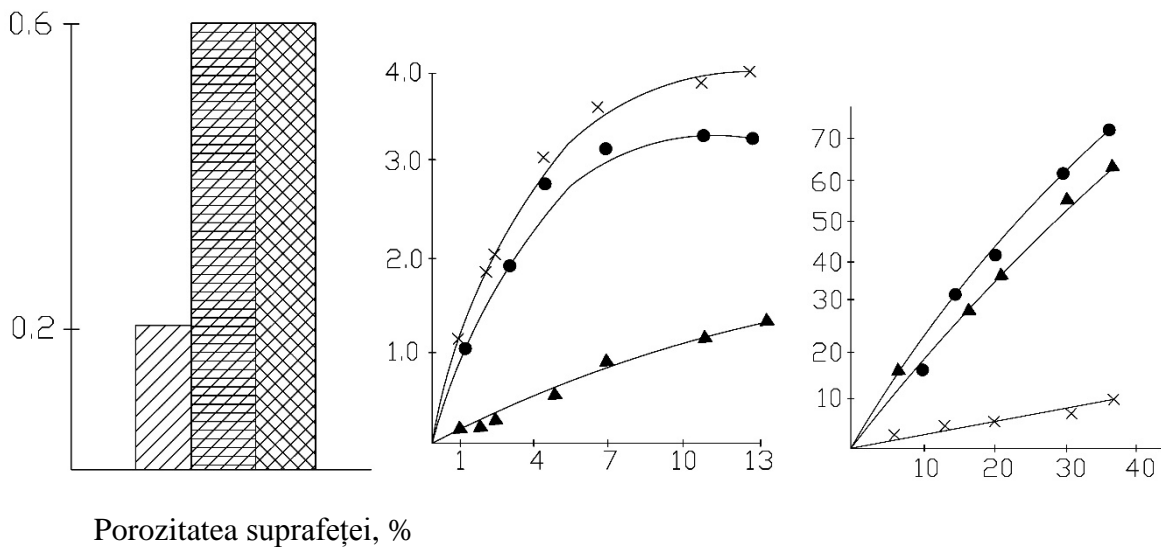


Umiditatea stratului superior al betonului, %

Fig. 4.2.1 Dependența adeziunii acoperirii de umiditatea stratului superior al betonului.

Configurația. Rezervoarele destinate păstrării apelor potabilă și tehnică, cât și a produselor alimentare executate din beton și beton armat se recomandă a fi preparate cu colțurile rotunjite pentru a avea acoperire cu proprietăți egale pe toată suprafața. Se cunoaște, că grosimea acoperirii aplicate pe colțuri și muchii ascuțite este mai mică decât grosimea de pe suprafețele netede. In acest caz pe liniile ascuțite se aplică straturi suplimentare sau se utilizează compoziții cu viscozitate mare.

Rugozitatea. Este gradul neregularității suprafeței betonului. S-a determinat, că la porozitatea suprafeței mai mare de 5% este necesitate în nivelarea a nu mai puțin de 50% din suprafața betonului.



Porozitatea suprafeței, %

Fig. 4.2.2 Dependența consumului de substrat (grund) de porozitatea suprafeței betonului.

În general, 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 păstrării apelor potabilă și tehnică, cât și a produselor alimentare.

Determinarea absorbției de apă a peliculei. Permeabilitatea la apă a acoperirilor de lacuri și vopsele se caracterizează prin absorbția de apă a epruvetelor păstrate în condiții cu umiditatea de 100%. Permeabilitate la apă și permeabilitatea la abur se determină pe modelele cu acoperirea de lacuri și vopsele elaborată.

În calitate de suport se folosesc epruvete de ciment - nisip cu absorbția apei de (7...8)%. Epruvetele se prepară cu compoziția 1:3 (ciment - nisip) și A/C = (0,4...0,5), pe masa vibrantă timp de 60 secunde, după care se decofrează și sunt păstrate în condiții umede timp de 3-4 zile sau în camera de tratare umido-temică la temperatura (60...70)°C aproximativ 10-12 ore. Epruvetele întărite se finisează cu mortar de ciment - nisip pe ambele părți, apoi se păstrează sub o cârpă umedă 24 de ore după care se mențin în apă 3 zile și se păstrează în condiții obișnuite timp de 30 de zile.

Epruvetele cu masa constantă se vopsesc în două straturi pe ambele părți. Muchiile se acoperă suplimentar cu acoperire de lacuri și vopsele o dată sau de două ori. În dependență de proprietățile acoperirii, epruvetele nu se supun încercărilor până când nu se finalizează procesul de întărire al acoperirii.

Permeabilitatea umidității se determină pe trei modele, permeabilitatea la abur se determină pe două modele. Paralel se determină absorbția apei epruvetelor de control.

Pentru determinarea permeabilității apei epruvetele, preventiv cântărite, se păstrează în apă și se cântăresc peste 1, 3, 6, 24 și 72 ore. Preventiv cântării de pe suprafața fiecărui epruvete se înlătură surplusul de apă. După valoarea permeabilității stratului de beton cu și fără acoperire de lacuri și vopsele se poate determina gradul micșorării permeabilității stratului de beton în mediul lichid. Metoda modelează acțiunea mediilor lichide asupra acoperirii aplicată pe suprafața internă a rezervoarelor de beton și beton armat.

Determinarea permeabilității apei peliculei protectoare elaborate. Pentru determinarea permeabilității apei acoperirilor pe bază de lacuri și vopsele se folosesc de datele experimentale obținute anterior. Calculele se efectuează cu formula

$$A_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (4.1)$$

unde A_m - absorbția de masă, %;

m_1 - masa modelului uscat, %;

m_2 - masa modelului umed, %.

Datele din registrul experiențelor sunt redată în tabelul 4.2.1.

Tabelul 4.2.1

| 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 2 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 permeabilității apei s-a stabilit dependența dintre acestea și timpul de păstrare a epruvetelor în contact direct cu soluțiile apoase.

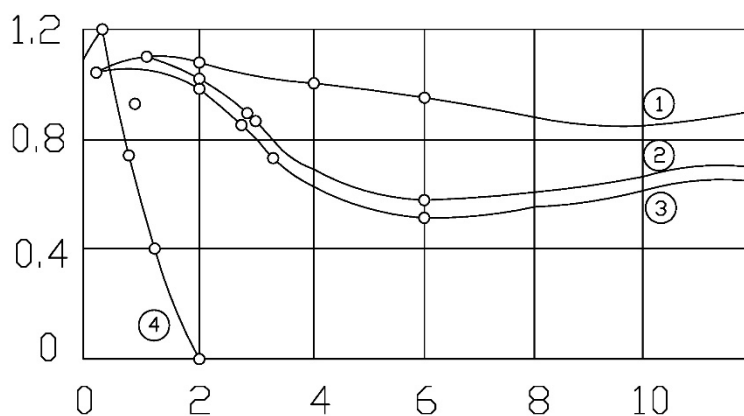


Fig. 4.2.3. Dependența absorbției de apă de tipul acoperirii și timpul acțiunii mediului agresiv.

Timpul păstrării, T, zile.

1. Acoperire cu lac
2. Acoperire cu vopsea polimerică
3. Fără acoperire

Apariția și dezvoltarea fisurilor în acoperirile polimerice pentru protecția betonului este o consecință a unui șir de factori fizici, chimici, fizico-mecanici etc. [57,141,161]. Una din cauzele

principale ale apariției fisurilor sunt tensiunile interioare, care apar în urma contracției în procesul formării acoperirilor polimerice [35,109,155,161].

Cu mărirea grosimii peliculelor libere în ele apar tensiuni interioare în urma întăririi neuniforme, cauzate de viteza diferită de evaporare a solventului din diferite straturi ale peliculei polimerice sau de viteza diferită de polimerizare (figura 4.2.4). Valoarea tensiunilor interioare în mare măsură crește la formarea acoperirilor polimerice pe substraturi adezive și cu atât mai mult cu cât este mai mare aderența lor la suport. Cauza acestui fenomen este ne finalizarea proceselor de relaxare.

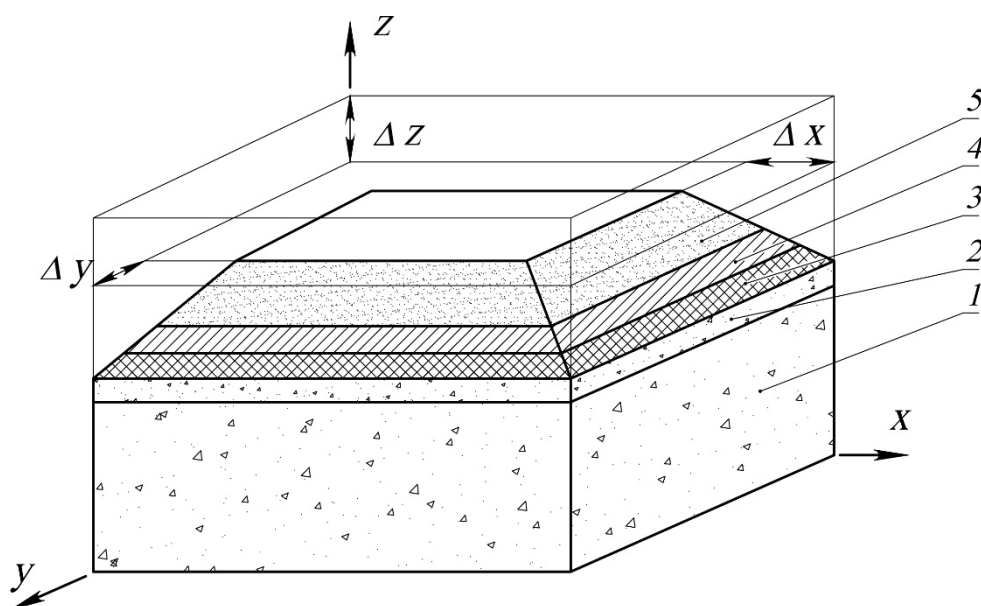


Fig. 4.2.4. Epruvetă de beton cu acoperire polimerică complexă și contracția acoperirii în urma întăririi.

- 1 – epruvetă de beton, 2 – strat superficial de beton îmbibat cu grund, 3 – substrat elastic, 4 – strat polimer intermediar, 5 – strat de email.

Astfel sunt create premisele pierderii de apă potabilă și tehnică cât și a soluțiilor lichide alimentare și, în rezultatul filtrării lichidelor prin fisurile create, a distrugerii construcției, condiționată de coroziunea pietrei de ciment.

În acest caz este recomandată utilizarea acoperirilor de lacuri și vopsele rezistente la fisurare pentru protecția anticorosivă a construcțiilor hidrotehnice de acest tip. Pentru elaborarea acoperirilor corespunzătoare a fost studiată posibilitatea combinării substraturilor din material rezistent la fisurare cu straturile de acoperire care posedă proprietăți de protecție anticorosivă înaltă și corespund cerințelor igienice la acțiunea lichidelor alimentare, inclusiv a apei potabile, având, de altfel, și o rezistență corespunzătoare la fisurare.

Cu mărirea grosimii peliculei polimerice dependența vitezei de creștere a tensiunilor interioare de concentrația soluției inițiale devine mai pronunțată din cauza neomogenității structurii peliculei,

la care de la strat la strat se schimbă concentrația substanței nevolatile și viscozitatea [63,86]. În același timp aderența peliculei la substrat se micșorează. Neomogenitatea peliculei pe toată grosimea stratului și prezența gradientului de umiditate contribuie la apariția în sistem a tensiunilor interioare suplimentare și acest fenomen este cu atât mai pronunțat, cu cât conținutul de solvent este mai mare. În peliculele cu grosimea sub 100 μm în urma uscării mai uniforme diferența dintre valorile tensiunilor interioare ale peliculelor multistrat este mai mică.

În general, 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 care depășesc limita alungirilor relative ale acoperirilor polimerice în condițiile date (figurile 4.2.5 și 4.2.6).

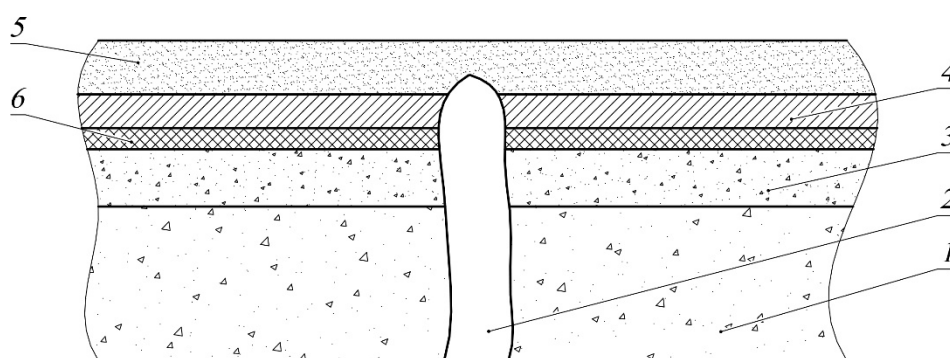


Fig. 4.2.5. Epruvetă de beton cu acoperire polimerică în procesul apariției și dezvoltării fisurii în beton și în acoperire

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

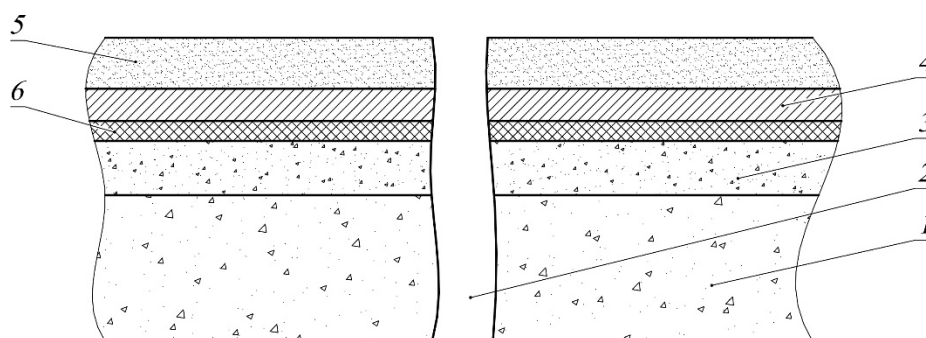


Fig. 4.2.6. Epruvetă de beton cu acoperire polimerică în cazul în care limita de deschidere a fisurii depășește rezistența la fisurare a acoperirii polimerice.

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

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.

În calitate de material pentru substrat s-a folosit lacul de polietilenă clorsulfurată, iar pentru straturile superioare au fost folosite emailuri pe baza rășinilor epoxidice, vinilice și fluoropjastice, depuse în două straturi cu grosimea totală de (100...120) fim.

După cum rezultă din grafic (figura 4.2.7) rezistență mai mare la fisurare o posedă acoperirea de email pe bază de fluoroplast (curba 2). Rezistența la fisurarea a acestei acoperiri practic nu se deosebește de cea a acoperirii pe baza lacului de polietilenă clorsulfurată fără straturi superioare (curba 1). Pentru aceste acoperiri rezistența la fisurare mai mare de 0,3 mm poate fi obținută dacă substratul elastic are grosimea mai mare de 70 μm .

Acoperirile cu straturi superioare de emailuri pe baza rășinilor vinilice (curba 3) și epoxidice (curba 4) posedă rezistență la fisurare mai mici (la aceeași grosime a substratului elastic). Aceste acoperiri pot avea rezistențe la fisurare mai mari de 0,3 mm, dacă grosimea substraturilor elastice este mai mare de 100 și respectiv 120 μm .

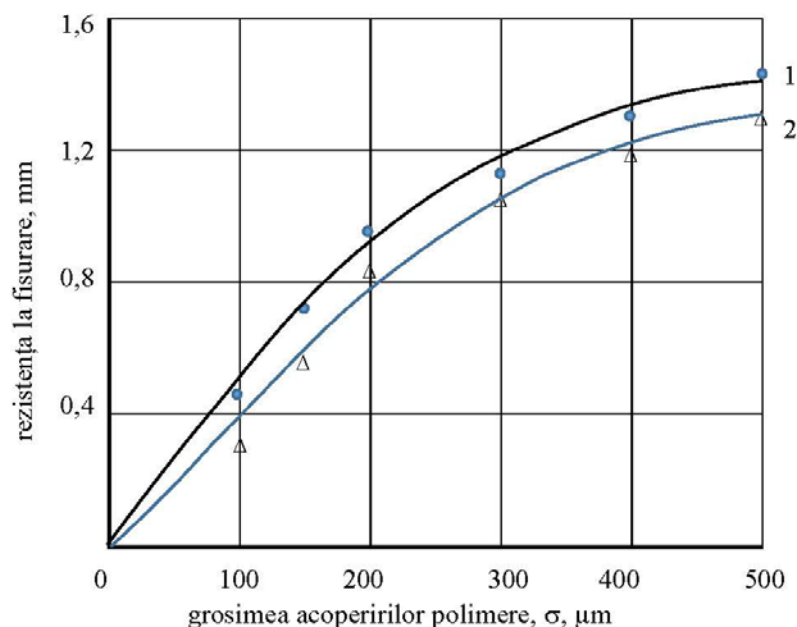


Fig. 4.2.7. Rezistența la fisurare a acoperirilor polimerice.

1 – acoperire pe bază de lac PC – 734; 2 – acoperire pe bază de email PC-799.

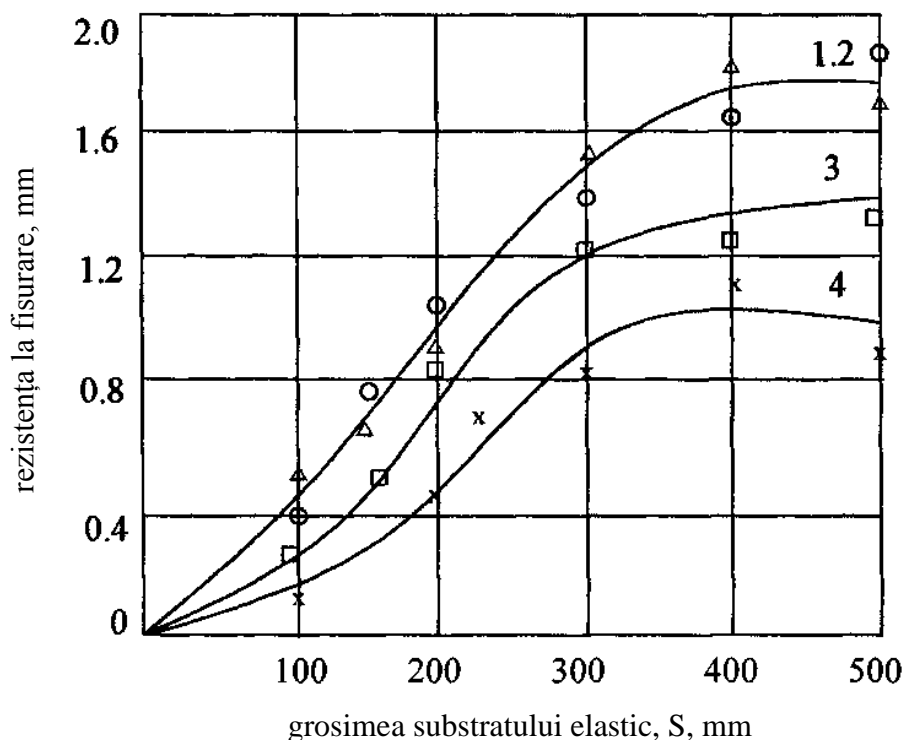


Fig. 4.2.8. Dependența rezistenței la fisurare de grosimea substratului elastic.

1 – substrat elastic pe bază de lac PC-734 fără straturi finale de acoperire; 2 – cu straturi finale de acoperire pe bază de lac LFE – 32 lhn; 3 – cu straturi finale de acoperire pe bază de poliuretan UR-293; 4 – cu straturi finale de acoperire pe bază de copolimer A-15-0; 5 – cu straturi finale de acoperire pe bază de rășină epoxidică de marca ED – 20.

Modelele de beton protejate cu aceste acoperiri au fost păstrate în mediile agresive lichide care imită diferite produse (tabelul 4.2.2)

Tabelul 4.2.2. Procesul de coroziune a mortarului protejat cu acoperiri

| Acoperire | Termenele de începere a procesului de coroziune a mortarului (în luni) protejat cu acoperiri 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 sulfuric 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.

4.3 Studiarea rezistenței la coroziune a betonului protejat de acoperirea polimerică elaborată

Filtrarea apei prin pereții construcțiilor hidrotehnice și fundații este nedorită. La dimensiuni mari apare pericolul distrugerii, în general când se mărește fluxul infiltrat posedă agresivitate chimică. Se știe, că aproape întotdeauna, jumătate din accidentele construcțiilor hidrotehnice s-au petrecut din cauza acțiunii filtrării apei.

Acoperirile de lacuri și vopsele utilizate ca material anticorosiv pentru construcțiile hidrotehnice posedă un șir de avantaje. Impermeabilitatea și stabilitatea înaltă a acoperirilor de lacuri și vopsele la acțiunea agresivă a agenților chimici mai răspândiți, a predispus perspectiva utilizării în formă de ecrane, diafragme și fațade de protecție. Utilizarea pe larg este favorizată de asemenea de posibilitatea deformativă elastică, consumul mic de material și tehnologitatea înaltă de folosire. Un avantaj al acoperirilor de lacuri și vopsele îl constituie și faptul că formarea articolelor stabile la apă depinde și de condițiile locale ale construcției.

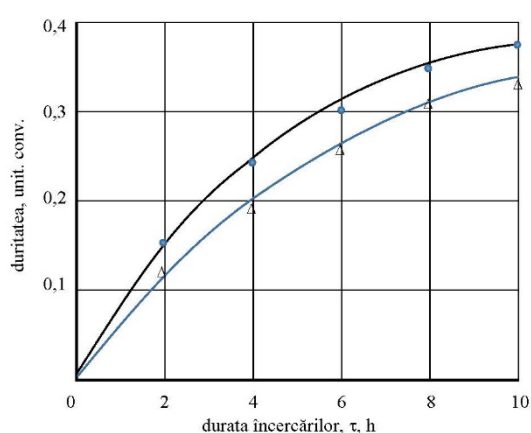
Acoperirile anticorosive trebuie să fie sigure în exploatare pe parcursul întregii perioade de exploatare se determină în primul rând, de caracteristicile acoperirii de lacuri și vopsele. La diferite acțiuni - tensiuni mecanice, acțiunea apei, diferența temperaturilor, etc., caracteristicile acoperirii trebuie să asigure exploatarea în perioada de construcție, să nu admită apariția schimbărilor în betonul protejat cât și în lichidele păstrate sau alterarea lor, ne admisibil din punct de vedere exploatare. Pentru construcțiile hidrotehnice, spre exemplu, unde nu sunt admise pierderile de apă - rezervoare de beton și beton armat destinate păstrării apelor potabile și tehnică cât și a lichidelor alimentare, în acoperirile anticorosive nu sunt admise atât tăieturile, găurile, cusăturile cât și schimbările care conduc la pierderea omogenității peliculelor și a impermeabilității la apă în timp mai rapid decât perioada de deservire.

Dacă pentru construcția dată sunt admise filtrări determinate de lichid, atunci cerințele impuse acoperirilor de lacuri și vopsele sunt mai puțin elastice. Dar trebuie de luat în considerație, că acest fapt poate condiționa majorarea cerințelor față de construcția în întregime sau către elementele sale constructive. Iar deformațiile difuzionale ale straturilor de prundiș și de așternut pot conduce, la rândul său la distrugerea acoperirii anticorosive și, în final, la accidentarea construcției.

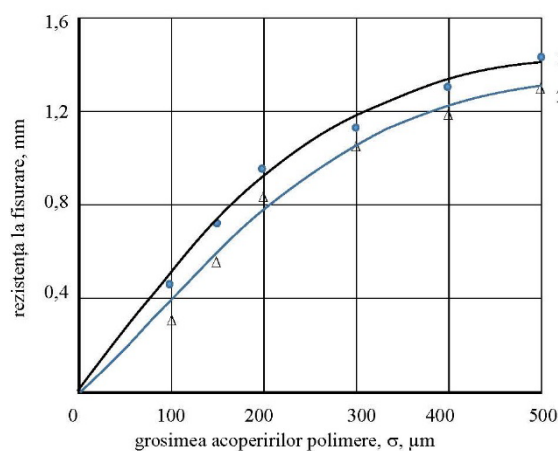
În lipsa defectelor mecanice ale acoperirii, datorită microporozității, infiltrarea apei prin peliculă este posibilă sub formă de difuzie ale moleculelor de apă și ale substanțelor dizolvate în ea.

Astfel, pentru asigurarea viabilității în componența sistemului antifiltrațional acoperirea de lacuri și vopsele trebuie să posede caracteristici mecanice determinate la acțiunea de lungă durată (figura 4.3.1). Deoarece asupra caracteristicilor mecanice ale acoperirii acționează temperatura și acțiunile atmosferice posibile, pelicula trebuie să fie stabilă la apă, uneori - stabilă chimic, stabilă la îngheț-dezghet și la mediul înconjurător.

Pentru determinarea rezistenței chimice a acoperirii polimerice și a capacității de protecție 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.



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



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

Fig. 4.3.1. Modificarea durității acoperirilor polimerice în timp
1 – acoperire pe bază de lac PC – 734; 2 – acoperire pe bază de email PC-799.

4.4 Studiarea proprietăților organoleptice și igienico-sanitare ale acoperirii polimerice elaborate.

Datele privind caracteristicile tehnologice și fizico-mecanice ale compozițiilor materialelor de lacuri și vopsele și acoperirilor elaborate pe baza lor oferă viziunea despre calitatea lor în starea uscată, concomitent condițiile de exploatare reale necesită evidența stabilității caracteristicilor lor la acțiunea îndelungată a mediilor agresive, de asemenea corespunderea acestor acoperiri cerințelor sanitaro-igienice.

În literatura de specialitate [25,26,87,105,107] este dată caracteristica calitativă a stabilității materialelor polimerice, care facilitează doar alegerea inițială a polimerului la elaborarea acoperirilor de protecție, însă nu permite alegerea sistemii sale și evaluarea viabilității în condiții date. De aceea, pentru o evaluare mai obiectivă și determinarea cauzelor generale de modificare a

caracteristicilor acoperirii este foarte important cunoașterea proceselor care se petrec în ele în timpul exploatarei.

Caracteristicile de protecție ale sistemului acoperirii de lacuri și vopsele se determină cu permeabilitatea și stabilitatea sa chimică în condițiile agresive date. Criteriul de bază al evaluării caracteristicilor de protecție ale acoperirii perioada de timp în decursul căreia se menține posibilitatea de a izola de la acțiunea distructivă a mediului înconjurător materialul protejat [158,159,165].

Pe baza datelor experimentale, obținute la prima etapă ale încercărilor, este demonstrat (tabelul 4.4.1), că majorarea durabilității și majorarea temperaturii uscării acoperirii conduce la îmbunătățirea proprietăților organoleptice. Dar pentru acoperiri cu straturile de acoperire pe copolimerului A-15-0 și lacului LFĂ-32 lnh nu s-a atins valori normate.

Tabelul 4.4.1 Indicii organoleptici ale extracțiilor apoase din pelicule libere

| Regimul de uscare al peliculei | | Indicii organoleptici, puncte | |
|--|-----------|--|-----------------------|
| temperatura, °C | durata, h | miros (valoarea admisă maximum 1 pct.) | gustul (nu se admite) |
| Grunduire și substrat elastic pe baza lacului HP-734 | | | |
| 100 | 2 | 3 | 2 |
| 100 | 4 | 2 | 1 |
| 100 | 6 | 1 | 0 |
| Email și strat intermediar pe baza copolimerului A- 15-0 | | | |
| 50 | 5 | 3 | 2 |
| 50 | 12 | 2 | 1 |
| 50 | 16 | 2 | 1 |
| Email și strat intermediar pe baza lacului LFĂ -32 lnh | | | |
| 50 | 5 | 4 | 3 |
| 100 | 10 | 3 | 3 |
| 100 | 20 | 2 | 2 |
| Email și strat intermediar pe baza rășinii AIS-1 | | | |
| 4 ore la 50°C; apoi 6 ore la 80°C | | 2 | 1 |
| 2 ore la 50°C; apoi 4 ore la 100°C | | 2 | 1 |
| 2 ore la 50°C; apoi 6 ore la 100°C | | 0 | 0 |

Conform rezultatelor primei etape ale încercărilor, caracteristici organoleptice mai bune posedă acoperirea pe baza lacului HP-734 de polietilenă clor-sulfatată și rășinii epoxidice alchidice, întărite după regimul următor: 2 ore la temperatura de 50°C, apoi 4 ore la 100°C. La un astfel de regim de uscare, mirosul care era oferit acoperirii de soluții-model, constituie 1 pct., dar aceasta se află în limita valorilor admisibile.

La etapa a doua încercărilor sanitaro-chimice, care consta în determinarea masei de substanțe care migrează din acoperire în soluții-model, s-a studiat numai acoperirea cu straturile de acoperire pe baza rășinii AIS-1. Controlul vizual al stării acoperirii după contactul de zece zile cu soluțiile-model a determinat că indicele de distrugere, destratificare, umflare și schimbare a culorii nu s-au determinat.

În carotele din soluțiile model nu s-au determinat de asemenea mirosuri și gusturi suplimentare.

Indicii integrali (oxidare și bromare) sunt de orientare generală, dar valoarea majorată a oxidării (16, în general 8-10) a necesitat cercetarea ulterioară a migrării componentelor acoperirii în soluțiile-model.

Analiza rezultatelor încercărilor sanitaro-chimice a determinat (tabelul 4.4.1) că migrarea componentelor din acoperire în soluțiile-model este infimă. Supravaloare limită nici unul din componentii acoperirii nu migrează în soluțiile-model. Conform rezultatelor încercărilor sanitaro-chimice s-a obținut avizul Ministerului Sănătății (Anexa 5) pentru efectuarea încercărilor de producție a rezervoarelor din beton armat, protejate cu acoperirea elaborată și destinată pentru depozitarea produselor apoase.

Pe baza încercărilor sanitaro-chimice și de producție Ministerul Sănătății a emis autorizarea constantă de utilizare a acestei acoperiri pentru protecția anticorosivă a suprafeței rezervoarelor de beton armat destinate pentru depozitarea apei potabile și tehnice.

4.5 Elaborarea tehnologiei îndeplinirii hidroizolării și protecției de coroziune a rezervoarelor, rezultatele încercărilor în condiții practice

Materialele din lacuri și vopsele sunt compoziții lichide sau în formă de paste utilizate pentru acoperiri. Componentul principal este substanța generatoare de peliculă.

În afară de aceasta, materialele din lacuri și vopsele conțin diluanți, pigment, umplutură, diferite adaosuri care conferă caracteristicile necesare atât materialelor inițiale cât și acoperirilor formate. Astfel de adaosuri sunt: plastifianți, modificatori, stabilizatori, substanțe active de suprafață, antioxidanți, adaosuri tixotrope.

Pigmenții sunt substanțe măcinate fine care conferă acoperirii culoare, ce asigură o posibilitate de acoperire corespunzătoare, majorează stabilitatea la factorii atmosferici, stabilitatea la acțiunea razelor solare, reduc umflarea exercitată de la umiditate, etc.

Diluanții sunt utilizați pentru prepararea materialului din lacuri și vopsele și micșorarea viscozității până la consistența necesară conform metodei de aplicare. Introducerea diluanților încetinește procesul de formare a peliculei, surplusul lor poate, de asemenea, conduce la reducerea rezistenței mecanice și a densității materialului acoperirii, se majorează tasarea și fluiditatea.

Umplutura este material fin mărunțit care se utilizează, în general pentru prepararea grundurii și a chitului. Scopul introducerii umpluturii constă în reducerea tensiunilor interne în peliculă la formarea și exploatarea lor, reducerea tasării și fluidității, majorarea altor caracteristici fizico-mecanice, de asemenea reducerea costului de preț al materialului. Umpluturile permit a majora stabilitatea atmosferică și termică, majorarea adeziunii către suprafața protejată, întârzierea tasării pigmentului în timpul păstrării materialului de lacuri și vopsele.

Întăritorii asigură întărirea materialului de lacuri și vopsele inițial care nu poate independent să formeze pelicula sau accelerează acest proces. Se utilizează de asemenea catalizatori, inițiatori și acceleratori care se determină de mecanismul de acțiune la procesul de formare a peliculei. Catalizatorii participă în etapele intermediare de întărire și intră în compoziția polimerului. Inițiatorii interacționează cu monomerul și majorează gradul de polimerizare al produsului finit. Acceleratorii servesc pentru amplificarea activității inițiatorilor.

Plastifiatorii servesc pentru obținerea elasticității și rezistenței majorate la sarcinile de șoc.

Modificatorii sunt destinați pentru modificarea materialelor din lacuri și vopsele, adică pentru conferirea de caracteristici fizico-mecanice noi, îmbunătățite, stabilitate chimică și durabilitate majorate.

Stabilizatorii se introduc pentru reducerea oxidării (așa numita „îmbătrânire”) peliculei materialelor din lacuri și vopsele. Substanțele active de suprafață servesc pentru reducerea vitezei de tasare a pigmentului, preîntâmpină lipirea particulelor de pigment una de alta și facilitează malaxarea sedimentului format. Mecanismul acțiunii substanțelor active de suprafață se bazează pe adsorbția lor la suprafața pigmentului, reducerea forțelor de atracție reciprocă.

Adaosurile tixotrope conferă materialelor din lacuri și vopsele tixotropicitate: imediat după aplicare se formează structura primară, care apără materialul de la alunecare (la aplicarea pe suprafețe verticale sau cu înclinație). Majorează considerabil grosimea stratului aplicat și se reduce numărul de straturi aplicate.

Formarea acoperirii este condiționată de generarea peliculei materialelor organice din lacuri și vopsele la baza cărora este procesul de formare a polimerilor, adică a substanțelor care se atârână la clasa compușilor înalt-moleculari moleculele cărora constau din o mulțime grupuri asemănătoare de atomi de aceeași construcție sau diferită. Polimerizarea prezintă procesul de unire al moleculelor monomerului în rezultat materialul obține articulație, rezistență mecanică și duritate.

Materialele din lacuri și vopsele, utilizate pentru protecția anticorrosivă, se împart în grund, chit, email, vopsea și lac.

Grunduirea prezintă dispersie de pigmenți minerali în soluție de polimer sau ulei fiert natural sau sintetic. Poate conține umpluturi minerale, plastifiați, acceleratori de uscare, substanțe active de suprafață și alte adaosuri speciale. Grunduirea se aplică direct pe suprafața protejată, umple porii și asperitățile, asigură adeziunea materialului protejat cu toată acoperirea. Are funcția de protecție contra coroziunii.

Se aplică grunduirea într-un strat fin (se poate și prin pulverizare) după care este uscată bine. Pe grunduirea uscată nu deplin se permite aplicarea materialelor clorvinilice și epoxidice.

Chitul prezintă dispersie de pigmenți minerali în soluție de polimer și ulei fiert cu conținut de umpluturi minerale. Poate conține plastifiați, întăritori, acceleratori de uscare, substanțe active de suprafață și alte adaosuri speciale. Comparativ cu grunduirea chitul are conținut mai înalt de pigment. De obicei chitul prezintă masă vâscoasă densă destinată pentru umplerea asperităților și înlăturarea defectelor suprafeței vopsite, inclusiv a porilor și fisurilor mici. Pe suprafața de beton chitul se aplică pentru majorarea gradului de siguranță al acoperirii de protecție la exploatarea în medii agresive.

Chitul se aplică cu spatula sau, la diluarea corespunzătoare, prin pulverizare pe suprafața bine uscată.

Emailurile prezintă dispersia pigmentilor minerali sau organici sau amestecul lor cu umplutură minerală în soluție de polimer natural sau sintetic. Pot conține plastifiați, întăritori, stabilizatori, antiseptici, substanțe active de suprafață și alte adaosuri speciale.

Se aplică emailurile pe suprafața grunduită. Emailurile protejează suprafețele construcțiilor de acțiunea mediului în care se exploatează, și, în afară de aceasta, conferă acoperirii aspect exterior corespunzător și unele caracteristici speciale.

Vopselele prezintă dispersie de pigmenți minerali sau amestecul lor cu umpluturi minerale în soluția generatorului de peliculă. Pot conține plastifiați, substanțe active de suprafață și alte adaosuri speciale. Comparativ cu emailurile, vopselele conțin o cantitate mai mare de umplutură, luciul este mai puțin evidențiat după uscare și aspectul este mai puțin decorativ. Destinația vopselelor, cât și a emailurilor, este protecția acoperirii de acțiunea mediului în care se exploatează.

Lacurile prezintă soluție din generator de peliculă natural sau sintetic în diluanți organici. Lacurile, de obicei, se aplică pe stratul de email pentru a-i conferi acoperirii aspect decorativ mai evidențiat (luciu).

Dacă acoperirea se aplică pe suprafața materialelor poroase, cu posibilitate de absorbție, cum ar fi betonul, grunduirea trebuie executată în 2-3 straturi.

Independent de compoziția acoperirii trebuie de respectat condiția foarte importantă: acoperirea să fie unitară (monolită) și să posede adeziune înaltă la suprafața protejată. Aceasta se

asigură prin alegerea componentelor acoperirii, de asemenea și prin regimul corespunzător de aplicare a acoperirii.

1 - Lac; 2 - Email (vopsea);
3 - Chit; 4 - Grunduire;
5 - Beton sau beton armat.
Sistemul-tip include următoarele componente:
Grunduirea - 1 strat (2-3);
Chitul - 1 strat sau mai multe straturi;
Emailul - Câteva straturi;
Lacul - 1 strat.

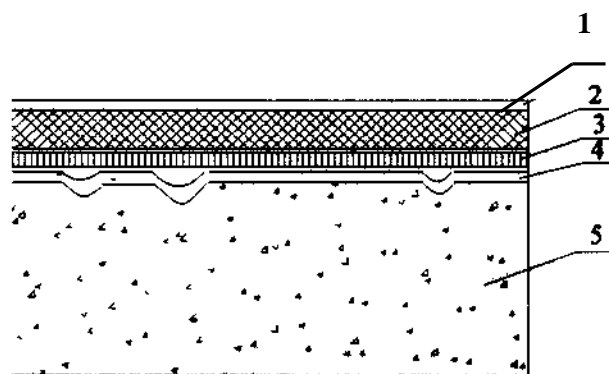


Fig. 4.5.1 Sistemul-tip al acoperirii din lacuri și vopsele

Metoda de aplicare a materialelor, de regulă, este aceeași, iar unele componente aparte pot fi excluse. Spre exemplu, nu este necesitate tot timpul în utilizarea chitului în cazul când suprafața supusă vopsirii este netedă și nu sunt admise cerințe majorate (figura 4.5.1).

Metodele principale de aplicare a acoperirilor din lacuri și vopsele pe suprafețele din beton și beton armat sunt: pulverizarea pneumatică și fără aer (cu încălzire și fără încălzire), pulverizarea în câmp electro-static și manual.

Lucrările în aer se permite a fi executate la temperatura mediului minimum de 8°C. Vopsirea construcțiilor de beton și beton armat în timpul căderii precipitațiilor atmosferice nu este admisă, în încăperi aplicarea acoperirii anticorosive din lacuri și vopsele trebuie de executat la temperatura minimum 8°C și umiditatea relativă a aerului maximum 70% [115]. Unele tipuri de acoperiri pot fi aplicate și la temperaturi mai jos de 0°C cum ar fi cele silicate organice. Pentru fiecare caz individual se ia în considerație caracterul și proprietățile materialelor utilizate.

Aerul comprimat utilizat pentru aplicarea acoperirilor din lacuri și vopsele trebuie să fie curățat de ulei și umiditate care pot conduce la reducerea considerabilă a calității acoperirii din lacuri și vopsele.

Metoda aplicării pneumatice constă în pulverizarea și aplicarea materialului din lacuri și vopsele pe suprafața protejată cu getul de aer comprimat. Această metodă este de productivitate înaltă și des utilizată în practica protecției anticorosivă. Permite vopsirea construcțiilor de diferită configurație. Neajunsurile acestei metode constau în pierderile considerabile de materialele din lacuri și vopsele, impurificarea mediului ambiant cu abur de diluanți, aplicarea compozițiilor numai de viscozitate mică.

Utilizarea metodei de pulverizare pneumatică cu încălzirea materialelor din lacuri și vopsele permite a reduce viscozitatea și a folosi materialul aplicat cu conținut înalt de rest uscat. Astfel se

majorează productivitatea și se reduce gradul de impurificare al mediului cu abur de diluanți. Presiunea aerului la pulverizare pneumatică trebuie să fie de 0,3-0,4 MPa. În același timp se recomandă [115]:

- a se menține aceeași distanță de la capul pulverizatorului până la suprafața vopsită, distanța trebuie să fie 250-300 mm;
- poziția pulverizatorului trebuie să fie perpendicular pe suprafața vopsită;
- a se mișca pulverizatorul cu aceeași viteză circa 14-18 m/mm.

Metoda pulverizării fără aer constă în pulverizarea materialelor din lacuri și vopsele admis la presiune înaltă la ieșirea din duză în rezultatul căderii rapide de presiune, vitezei înalte de ieșire a getului și rezistenței mediului de aer înconjurător. Presiunea aerului comprimat care se admite în pulverizator trebuie să constituie 0,5-0,7 MPa. Metoda permite utilizarea materialelor din lacuri și vopsele mai vâscoase ca în cazul precedent. La ieșirea din duză se formează un get mai organizat, astfel în rezultat, se reduce gradul de impurificare a mediului ambiant și se majorează productivitatea,

Aplicarea materialelor din lacuri și vopsele cu metoda pulverizării fără aer cu încălzirea materialelor din lacuri și vopsele permite a majora productivitatea și îmbunătățirea condițiilor sanitaro-igienice, folosind materiale cu conținut înalt de rest uscat permite reducerea numărului de straturi aplicat.

În procesul de exploatare trebuie de respectat [115]:

- a se menține aceeași distanță de la capul pulverizatorului până la suprafața vopsită, distanța trebuie să fie 350-400 mm;
- poziția pulverizatorului trebuie să fie perpendicular pe suprafața vopsită; a se mișca pulverizatorul cu aceeași viteză de circa 20-25 m/min;
- aplicarea acoperirii în dungii paralele.

Metoda pulverizării în câmp electric de tensiune înaltă se deosebește prin faptul că pulverizarea sau dispersarea materialului din lacuri și vopsele se execută în câmp electric de curent permanent. Particulele încărcate se mișcă în partea suprafeței și se precipită pe aceasta sub acțiunea atragerii electro-statică. Se reduc la minim pierderile de materiale din lacuri și vopsele, se asigură productivitate înaltă, continuitatea acoperirii și condițiile sanitaro-igienice.

Aplicarea acoperirii din lacuri și vopsele cu pensula este metoda cea mai veche, cea mai simplă și accesibilă, care nu necesită utilaj complicat. La vopsire cu pensula sunt comparativ mici pierderile de materiale și impurificarea mediului ambiant este minimă. Regula generală care trebuie respectată la aplicarea acoperirii din lacuri și vopsele cu pensula este așezarea continuu a

pensulei sub unghiul de 50-60° față de suprafața protejată, astfel materialele din lacuri și vopsele se aplică uniform.

Vopsirea cu ruloul de vopsit este tot o metodă manuală are un avantaj față de pensulă prin faptul că se majorează considerabil productivitatea aplicării acoperirii din lacuri și vopsele.

Aplicarea acoperirii cu spatula este metodă mecanică pentru amestecurile cu viscozitate înaltă, consistența cărora nu permite utilizarea altor metode. Chitul este utilizat, în general pentru netezirea suprafețelor, fisurilor și asperităților.

În procesul de aplicare a acoperirii din lacuri și vopsele cu oricare metodă trebuie de verificat: culoarea materialului pentru respectarea cerințelor privind aspectul, viscozitatea conform metodei de aplicare și posibilitatea de a deveni consistent, timpul și gradul de uscare pentru asigurarea gradului necesar de uscare între straturi, aspectul exterior al acoperirii din lacuri și vopsele pentru determinarea și lichidarea cauzelor defectelor formate.

La executarea lucrărilor trebuie de luat în considerație temperatura aerului, umiditatea sa relativă, timpul necesar pentru aplicarea materialului din lacuri și vopsele. Aplicarea acoperirii pe suprafață este însoțită de uscarea sa, inițial de uscarea între straturi - după aplicarea fiecărui strat, final - de uscarea completă. Uscarea poate fi naturală și artificială: convectivă, radioactivo-termică și radioactivo-termică convectivă. Metoda de uscare se alege conform caracteristicilor materialului aplicat, dimensiunile elementului și ale construcției, locul construcției și eficiența economică.

Uscarea naturală este metoda cea mai des utilizată pentru întărirea materialelor din lacuri și vopsele care se aplică pe construcțiile din beton și beton armat și nu necesită folosirea utilajului special. Uscării normale sunt supuse elementele și articolele de diferite configurații și dimensiuni. Pentru asigurarea decurgerii normale a procesului umiditatea aerului nu trebuie să fie majorată, temperatura să fie mai mică ca valorile critice conform tipului de materiale din lacuri și vopsele. Este necesitate, de asemenea, în mișcarea aerului în dependență de suprafața vopsită pentru eliminarea diluanților evaporați.

Această metodă, care este numită și metoda uscării la rece și se îndeplinește la temperatură normală, nu este recomandată la utilizarea materialelor din lacuri și vopsele care, pentru uscarea lor, necesită temperaturi ridicate, deoarece pentru finalizarea procesului de uscare este necesitate de un timp comparativ mare.

Uscarea prin convecție este metoda de uscare fierbinte și constă în utilizarea aerului încălzit – pentru încălzirea căruia folosesc abur și încălzitoare electrice.

Această metodă permite reducerea procesului tehnologic de uscare a acoperirii aplicată pe elemente și construcții. Un neajuns al acestei metode este formarea în procesul uscării pe suprafață, în general a acoperirii din multe straturi, a unei pelicule care face dificil evaporarea diluanților din

masa acoperirii din lacuri și vopsele. Aceasta încetinește uscarea și poate să influențeze negativ la caracteristicile acoperirii care se formează.

Uscarea prin radiație termică prezintă radierea acoperirii cu raze ultraviolete. Astfel, are loc nu numai încălzirea acoperirii pe toată grosimea sa, ci și petrecerea proceselor chimice în rezultatul cărora întărirea materialului din lacuri și vopsele se intensifică.

Pentru uscarea artificială a acoperirilor din lacuri și vopsele aplicate pe suprafețele construcțiilor din beton și beton armat se recomandă a utiliza camere tunel de uscare prin radiație termică combinată cu convecția, camere de uscare prin convecție, instalații mobile de uscare [116].

După aplicarea numărului necesar de straturi, acoperirea din lacuri și vopsele trebuie să fie supusă uscării finale și menținută la temperatura 18-23°C, respectiv 24 ore pentru compozițiile silicate organice (cu tratarea termică ulterioară timp de 2 h la 150°C); 5 zile - compozițiile de poliuretan, copolimer clorvinilice și perclorvinilice; 7 zile - compozițiile epoxidice; 10 zile - compozițiile din cauciuc clorat, polietilenă clorsulfurată, bituminoase-latex și epoxidice cu dizolvanți.

Timpul necesar de menținere pentru uscare, pe lângă proprietățile și caracteristicile materialelor utilizate, se determină de condițiile de uscare - temperatura aerului, umiditatea sa relativă, de asemenea de condițiile ulterioare de exploatare și destinația construcției din beton și beton armat acoperite. Scopul menținerii acoperirii este asigurarea petrecerii mai depline a reacțiilor chimice în materialul acoperirii din lacuri și vopsele, finalizarea polimerizării, de asemenea evaporării aburului toxic al dizolvanților.

În timpul executării lucrărilor anticorrosive trebuie de efectuat certificarea și recepția cu perfectarea actelor de recepție intermediară a lucrărilor aparte și a acoperirii. Finalizarea tuturor lucrărilor privind executarea acoperirii de protecție după certificarea sa trebuie să fie perfectată în act.

După uscarea sau polimerizarea materialului din lacuri și vopsele și formarea peliculei acoperirea trebuie supusă verificării pentru stabilirea existenței sau inexistenței defectelor, de asemenea pentru determinarea calității acoperirii cu considerarea destinației sale și tipurilor de materialele din lacuri și vopsele utilizate.

Se supun încercărilor și se determină, în general, următoarele caracteristici ale peliculei: adeziunea (GOST 15140-78 valabilitate 08.08.2017), duritatea (GOST 5233-89 valabilitate 17.09.2013), rezistența la șoc (GOST 4765-73), încovoiere (GOST 4765-73). Se verifică de asemenea, și următorii indicatori: impurificarea, stabilitatea convențională la lumină, porozitatea, absorbția de apă, permeabilitatea la abur, rezistența termică, grosimea, uzura, întinderea relativă, rezistența la rupere, stabilitatea la diferiți agenți, stabilitatea la condițiile atmosferice [115].

Acoperirile din lacuri și vopsele pot avea diferite defecte.

Cauza „strângerii” straturilor inferioare a acoperirii din lacuri și vopsele în multe straturi la aplicarea cu pensula a stratului superior este gradul de uscare insuficient a straturilor inferioare, uneori din cauza folosirii dizolvanților cu putere de activitate mare. Pentru preîntâmpinarea și înlăturarea defectelor trebuie de majorat termenul de uscare de aplicare între straturi, de majorat temperatura uscării (în limitele admisibile), de înlocuit dizolvanțul.

Grosimea foarte mică a acoperirii poate fi observată la utilizarea materialului din lacuri și vopsele cu viscozitatea mică și conținut redus de rest uscat sau destratificarea cu pigmentul precipitat. Pentru înlăturarea acestor defecte, materialele pigmentate trebuie intens malaxate, de reglat viscozitatea (în direcția majorării sale), de a folosi metode corespunzătoare de aplicare sau utilajul corespunzător - care ar permite folosirea amestecurilor mai vâscoase.

Încetinirea procesului de uscare (întărire) a materialului din lacuri și vopsele poate fi provocată de următoarele cauze:

- temperatura foarte joasă a mediului înconjurător;
- umiditatea aerului este caracterizată de valori mari;
- insuficient de intensiv se volatilizează aburul dizolvanților care se precipită în încăperea insuficient aerisită;
- acoperirea nu are oxigen din aer suficient pentru oxidare, aceasta fiind baza procesului de formare a peliculei;
- suprafața vopsită nu este suficient iluminată.

Uscarea încetinită a materialelor din lacuri și vopsele poate fi cauza deteriorărilor mecanice sau distrugerii fizico-chimice a acoperirii fiind dată în exploatare până la atingerea proprietăților necesare. Pentru intensificarea proceselor de uscare a acoperirilor din lacuri și vopsele trebuie de respectat parametrii tehnici ai uscării, în special menținerea unei temperaturi relativ înalte și umidității reduse a aerului, executarea ventilației de aspirare efective.

Ridurile și cutele se formează în cazul când acoperirea se aplică într-un strat foarte gros. Aceasta, de altfel este și cauza formării scurgerilor, în special, a construcțiilor care se află în poziție verticală, spre exemplu, pereții rezervoarelor din beton și beton armat.

Destratificarea peliculei materialului din lacuri și vopsele de la suprafața protejată, după uscare, poate fi din diferite cauze:

- curățarea necalitativă a suprafeței vopsite de praf, pete uleioase;
- existența impurificărilor – apă, ulei, în aerul utilizat pentru pulverizator;
- insuficiența uscării stratului de chit;
- aplicarea straturilor următoare a acoperirii pe stratul anterior foarte uscat;

- temperatura de uscare sau prelucrare a acoperirii este foarte mare.

Fisurarea sau distrugerea acoperirii după uscare și în procesul de întărire este condiționată în general de temperatura foarte înaltă a uscării. Majorarea temperaturii și intensificarea uscării condiționează volatilizarea intensivă a dizolvanților și majorarea foarte rapidă a viscozității materialului din lacuri și vopsele, rezultatul fiind dezvoltarea tensiunilor interne cu caracter de tasare. Tensiunile interne pot depăși caracteristicile de rezistență ale materialului din lacuri și vopsele care se polimerizează sau valoarea adeziunii către suprafața protejată. În primul caz se va petrece fisurarea peliculei, în al doilea - destratificarea sa. Aceste tipuri de distrugere pot avea loc și concomitent.

Defectele date pot apărea și în timp, în procesul exploatării, când cu tensiunea internă a materialului din lacuri și vopsele apărută în rezultatul uscării, se combină, spre exemplu, tensiunile termice cauzate de diferența coeficienților deformațiilor de temperatură a acoperirii și materialul protejat. Pentru preîntâmpinarea acestor defecte trebuie de încetinit procesul de uscare a acoperirii, de asemenea de folosit plastifcatori care contribuie la relaxarea și amortizarea tensiunilor apărute în timpul întăririi materialului din lacuri și vopsele. Trebuie de luat în vedere, că în procesul de exploatare plastifcatorii se pot dizolva și volatiliza, după care pelicula devine casabilă și în ea apar tensiuni interne.

Adeziunea insuficientă a materialului din lacuri și vopsele către suprafața protejată se manifestă sub forma exfolierii peliculei la răcire, este secundată de formarea sub peliculă a bulelor la umezirea sau la dezlipiri locale de suprafața protejată. Cauza generală de apariție a defectelor este pregătirea necalitativă a suprafeței, existența impurităților, petelor uleioase și umiditatea depășește limitele admise.

Adeziunea insuficientă între straturi a acoperirilor din lacuri și vopsele și destratificarea acestora se manifestă sub formă de stratificări ale acoperirii după întărirea acesteia sau în procesul de exploatare. Este posibilă formarea bulelor între straturile de protecție la umezire.

Cauzele acestor defecte sunt:

- compoziția incorectă a acoperirii, care constă din straturi de materiale incompatibile;
- stratul de chit a fost uscat insuficient;
- termenele de uscare dintre straturi au fost depășite, adică materialele stratului aplicat anterior au pierdut posibilitatea de a se dizolva în dizolvanțul stratului aplicat recent.

Pentru preîntâmpinarea defectelor compoziția acoperirii trebuie să corespundă prescripțiilor, trebuie să se ia în considerație și să se asigure termenul de uscare între straturi, să fie aplicat un strat intermediar care asigură adeziunea între straturi incompatibile.

La aplicarea acoperirii pe aceeași bază, pentru majorarea adeziunii dintre straturi trebuie să se reducă termenul de uscare al stratului de așternut. Ultimul poate fi supus prelucrării pentru formarea asperităților.

Sectoarele acoperirii din lacuri și vopsele care s-au exfoliat și fisurat, trebuie să fie înlăturate, iar suprafața materialului protejat să fie pregătită în mod corespunzător și apoi revopsită cu respectarea parametrilor tehnologici ai procesului. Pentru reparația unui sector mic este oportun folosirea metodei de aplicare cu pensula.

Dacă s-a produs stratificarea doar a straturilor superioare ale acoperirii din lacuri și vopsele sau în procesul de distrugere grunduirea a rămas intactă, straturile intacte pot fi păstrate și materialul din lacuri și vopsele nou poate fi aplicat nemijlocit pe acestea.

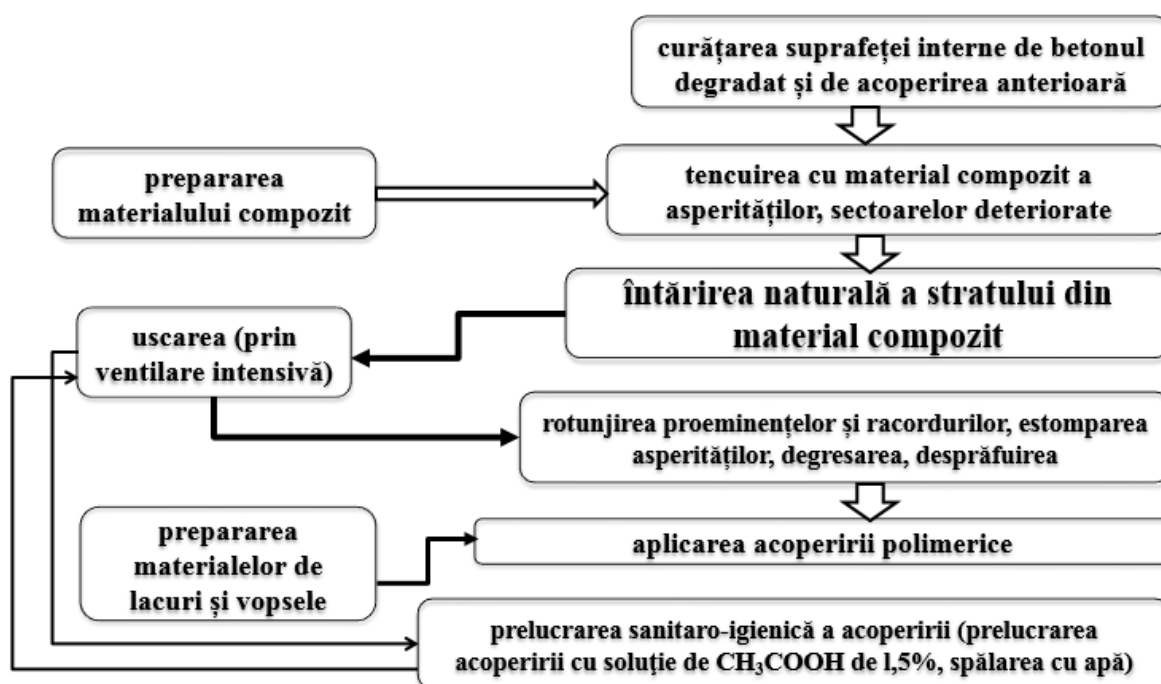


Fig. 4.5.2. Schema tehnologică de hidroizolare și protecție suplimentară a betonului rezervoarelor

Tehnologia de îndeplinire a lucrărilor anticorrosive. Luând în considerație cerințele privind starea suprafeței supuse vopsirii a rezervoarelor din beton armat și aplicarea acoperirii de protecție, succesiunea tehnologică de executare a lucrărilor anticorrosive este prezentată pe schema din figura 4.5.2 și include următoarele operațiuni principale:

- pregătirea suprafeței rezervoarelor de beton armat pentru aplicarea acoperirii protectoare;
- pregătirea materialelor de lacuri și vopsele;
- aplicarea acoperirii protectoare;
- prelucrarea termică a acoperirii obținute;
- pregătirea acoperirii pentru exploatare (spălarea, sterilizarea).

Sistemul acoperirii, determinat în procesul cercetării, include în sine un strat de grunduire HP-0241, cinci straturi de lac HP-734, un strat intermediar de lac ĂP-737 și două straturi de email ĂP-7116.

Conform duratei de uscare a acestor materiale de lacuri și vopsele aplicarea grunduirii HP-0241 și lacului HP-734 s-a efectuat cu intervalul de uscare între straturi minim 2 ore, iar a stratului intermediar de lac ĂP-737 și emailului ĂP-7116 cu intervalul de uscare între straturi minim de 16 ore.

Sarcinile încercărilor au fost următoarele:

- verificarea industrială a posibilității preparării materialelor de lacuri și vopsele conform cerințelor documentației tehnico-normative;
- determinarea proprietăților de exploatare ale acoperirii;
- acumularea materialelor pentru corectarea documentației tehnico-materiale în caz de necesitate;
- eliberarea recomandărilor corespunzătoare privind acoperirea supusă încercărilor.

Încercările au fost efectuate conform cu cerințele regulamentului tehnologic pentru materiale de lacuri și vopsele și vopsirea conform cerințelor regulilor de pregătire și aplicare pe suprafețele interioare ale rezervoarelor de beton armat a acoperirii de protecție pe trei rezervoare cu suprafața de 200 m², destinate pentru depozitarea produselor.

După îndeplinirea lucrărilor menționate anterior, rezervoarele, pregătite pentru exploatare au fost umplute cu produs. Paralel, conform programului și metodicii de încercări, au fost pregătite și puse la păstrare epruvete de beton pentru efectuarea încercărilor fizico-mecanice a acoperirii după contactul cu produsele păstrate. După deversarea din rezervoare a produsului, s-a studiat starea acoperirii. Epruvetele din beton vopsite cu acoperire, introduse în rezervoare pentru contactul cu produsul, de asemenea au fost studiate și supuse încercărilor fizico-mecanice. Rezultatele încercărilor au demonstrat că proprietățile fizico-mecanice ale acoperirii practic nu s-au modificat. Studiul vizual al rezervoarelor vopsite nu a depistat indicii ai distrugerilor, stratificării, sfrijiri, umflări, fisuri și schimbări de culoare.

Degustația produsului din rezervorul de control (epruveta 1) și rezervorul cu acoperirea studiată (epruveta 2) a demonstrat că în modelul 2 mirosuri și gusturi străine nu s-au depistat.

Indicii organoleptici ai acoperirii corespund cerințelor standarde.

Exploatarea de mai mult de zece ani a rezervoarelor cu acoperirea complexă pe bază de lacuri și vopsele supusă încercării de asemenea a demonstrat că indicii ai distrugerii, stratificării, umflări, fisuri și schimbări de culoare nu s-au determinat.

Acoperirile pe bază de lacuri și vopsele sunt implementate la un șir de întreprinderi din industria alimentară din R. Moldova și Ucraina, unde a fost utilizată pentru protecția anticorrosivă a rezervoarelor de beton armat destinat pentru păstrarea murăturilor, produselor sulfite, materialelor vinicole, vinurilor de masă și sucurilor, conservate cu acid sorbinic.

4.6 Concluzii.

1 Acoperirea polimerică alcătuită din grund și substrat elastic pe bază de lac PC-734 și straturi finale pe bază de rășină epoxidică de marca ED-20 prezintă rezistență înaltă la microorganismele.

2 Acoperirea complexă pe bază de lacuri și vopsele elaborată asigură, comparativ cu acoperirile existente o protecție anticorrosivă, fiabilitate considerabilă a rezervoarelor și după mai mult de șase cicluri de exploatare modificări nu s-au determinat.

3 Cheltuielile curente pentru restabilirea anuală a acoperirii brusc s-au micșorat.

4 La utilizarea acoperirii date calitatea produselor s-a îmbunătățit foarte mult.

5 CONCLUZII GENERALE

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.

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

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.

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

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

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

INVENȚII

1 Brevet de invenție. 1671 F1, MD, C 04 B. Amestec de beton/ Ion Rusu, Eduard Proaspăt (MD). Cererea depusă 09.06.2000, BOPI nr. 5/2001.

DOCUMENTE NORMATIVE ELABORATE

1 RUSU I., PROASPĂT E., ARNĂUT P. CP E.04.04-2005 Executarea lucrărilor de izolare, protecție și finisare a construcțiilor. Chișinău: 2005. 57 p.

2 RUSU I., PROASPĂT E., TVERDOHLEB A. CP E.04.03-2005 Protecția anticorosivă a construcțiilor și instalațiilor. Chișinău: 2005, 28 p.

3 RUSU I., PROASPĂT E. CP E.04.01-2001 Instrucțiuni privind executarea hidroizolării și protecției anticorosive cu lacuri și vopsele a betonului suprafețelor interioare a rezervoarelor de ape potabilă și tehnică. Chișinău: 2001. 57 p.

6 BIBLIOGRAFIE

- 1 Agenția Construcții și Dezvoltare a Teritoriului a Republicii Moldova. NCM E.01.03-2005. Instrucțiuni privind identificarea localităților afectate de procese geologice periculoase. Aprobate: 27.11.2007..
- 2 Colthup N.B. ș.a. Introduction to infrared and roman spectroscopy. London: Academic Press, 1964. 511p.
- 3 Croitoru Gh. Studiul structurii betonului ca mediu de protecție a armăturilor împotriva coroziunii, In: INCD URBAN-INCERC „Urbanism, Arhitectură, Construcții”, București, România, Vol. 2, nr. 3/2011. p. 27-34. ISSN 2069-0509.
- 4 Departamentul Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova. CP E.04.04-2005. Executarea lucrărilor de izolare, protecție și finisare în construcții. Aprobate: 06.01.2005.
- 5 Departamentul Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova. CP E 04.03-2005. Protecția anticorosivă a construcțiilor și instalațiilor. Aprobate: 06.01.2005.
- 6 Desdevides A. La Durabilité et l'organisation de la Qualité, Paris: Presses Ponts et Chaussées, 1992.
- 7 Design manual for concrete pipes outfall sewers / United States: Concrete manufacturers association, 2009. 56p.
- 8 Dundee E., Spon F.N. Protection of Concrete, London: Sept. 1990.
- 9 Gabriela Gh. Studii și cercetări privind soluții de consolidare a construcțiilor avariate și urmărirea în timp a acestora. Rezumatul tezei de doctorat. Brașov, România, 2011.
- 10 Georgescu D. Îndrumător de proiectare a durabilității betonului în conformitate cu anexa națională de aplicare a SR EN 206-1. Clase de durabilitate. București: Tipografia Everest, 2001.
- 11 Georgescu D., Păun M. Noi principii privind elaborarea și armonizarea reglementărilor de execuție a lucrărilor din beton armat cu cele europene. În: Revista Construcții, București, 2008 Nr.2.
- 12 Gonzalez A., Algaba S., Andrade C. Corrosion of reinforcing bars in carbonated concrete. Br. Corros. J.,15, 2008, p. 135-139.
- 13 Ilinoiu G. Durabilitatea betoanelor. In: Construcții Civile și Industriale. 2001, Nr. 24/X.
- 14 Oniță Gh. ș.a. Bazele ingineriei și tehnologiei materialelor, București: Editura Didactică și Pedagogică, 1995.
- 15 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. SM SR EN 1992-1-1:2011. Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Aprobate: 01.12.2011.
- 16 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. SM SR EN 197-1:2014. Ciment. Partea 1: Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor uzuale. Aprobate: 05.05.2014.
- 17 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 19007-73 Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания. Aprobate: 01.01.1992.
- 18 Institutul Național de Standardizare și Metrologie. SM GOST 31384:2010 Protecția construcțiilor de beton și beton armat contra coroziunii. Cerințe tehnice generale. Aprobate: 30.09.2010.
- 19 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 9.048-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. Aprobate: 01.01.1992.

- 20 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. Aprobat: 01.01.1992.
- 21 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 14243-78 Материалы лакокрасочные. Методы получения свободных пленок. Aprobat: 01.01.1992.
- 22 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. SM GOST 24211:2010 Adaosuri pentru betoane și mortare. Condiții tehnice generale. Aprobat: 30.12.2010- 03.01.2014.
- 23 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. SM EN 934-2+A1:2014 Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 2: Aditivi pentru beton. Definiții, condiții, conformitate, marcarea și etichetare. Aprobat: 14.11.2014.
- 24 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия. Aprobat: 01.07.1997.
- 25 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 6589-74 Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира прибором "Клин" (гриндометром) Aprobat: 01.01.1992.
- 26 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 17537-72 Материалы лакокрасочные. Методы определения массовой доли летучих и нелетучих, твердых и пленкообразующих веществ. Aprobat: 01.01.1992.
- 27 Institutului Național de Standardizare și Metrologie. GOST 450-77 Кальций хлористый технический. Технические условия Aprobat: 01.01.1992.
- 28 Institutul de Stat de Proiectări IPROCOM. NCM A.09.02-2005 Deservirea tehnică, reparația și reconstrucția clădirilor de locuit, comunale și social-culturale. Aprobat: 23.05.2005.
- 29 Ministerul Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova. NCM F 02.04-2007. Elemente prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat. Executarea, controlul calității și recepția. Aprobat: 01.08.2008.
- 30 Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova. CP D.01.05-2012. Determinarea condițiilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Aprobat: 26.02.2013.
- 31 Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova. CP A.01.03.003:2013 Estimarea termenului de exploatare a produselor pentru construcții. Aprobat: 21.08.2013.
- 32 JSCE Proposed Recommendation on Durability Design for Concrete Structures, aug.1988 (Translated from Japanese)
- 33 Proaspăt E. Material compozit pentru protecția anticorozivă a betonului construcțiilor. In: Culegere de materiale științifice ale colaboratorilor FUA. Chișinău, 2002. p. 206-207;
- 34 Proaspăt E. Specificul tehnologiei construcției rezervoarelor de beton armat pentru păstrarea apei potabile și tehnice. In: Culegere de materiale științifice ale colaboratorilor FUA. Chișinău, 2004. p.227-229.
- 35 Rostam S. Service Life Design in Practice Today and Tomorrow, In: International Conference, Concrete across Borders. Copenhagen: 2008.
- 36 Rusu I. Acoperire polimerică pentru protecția și finisarea betoanelor expuse mediului corosiv din industria alimentară. In: Materialele seminarului științific anual "Alexandru Steopoe", ediția II-a. București, 2002, p. 105-110.
- 37 Rusu I. ș.a. Procesele de coroziune a armăturilor în medii gazoase. In: Meridian ingineresc. Chișinău, 2011, nr. 1. p. 11-13. ISSN 1683-853X.

- 38 Rusu I., Proaspăt E. Acoperiri din lacuri și vopsele rezistente la fisurare pentru protecție anticorozivă ale rezervoarelor de beton armat din industria alimentară. In: *Lucrările conferinței naționale "Realizări și perspective în metalurgie"*. Analele Universității Dunărea de Jos" din Galați, Fascicula IX, 1998. ISSN 1453-083X.
- 39 Rusu I., Proaspăt E. Material compozit autonivelant pentru realizarea straturilor orizontale ale construcțiilor de beton. In: *Meridian ingineresc*. Chișinău, 2006, nr. 3. p. 41-44. ISSN 1683-853X. Categoria C.
- 40 Rusu I., Proaspăt E. Optimizarea compozițiilor lacurilor și vopselelor pentru protecția betonului construcțiilor. In: *Meridian ingineresc*, Chișinău, 2007, nr. 1. p. 55-58. ISSN 1683-853X. Categoria C.
- 41 Rusu I., Proaspăt E. Composite Material for Waterproofing and Corrosion Protection of Reinforced Concrete Tanks for the Storage of Drinking and Industrial Water. In: *HBE 2014, International Symposium*, Iași, România, 2014. p. 104-108. ISSN 1842-628X.
- 42 Rusu I., Proaspăt E. Acoperiri polimerice rezistente la fisurare pentru protecția anticorozivă a construcțiilor de beton armat din industria alimentară. In: *Rezumatel lucrărilor Conferinței Tehnico-Științifice jubiliare "Tehnologii moderne în construcții"*, Chișinău, 24-26 mai, 2000. p. 236-238;
- 43 Rusu I., Tverdohleb A., Proaspăt E. Acoperire polimerică pentru protecția și finisarea betoanelor expuse mediului coroziv din industria alimentară. In: *Culegere de articole, Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*, Chișinău, 2004. p. 192-197;
- 44 Rusu I., Proaspăt E. Coroziunea armăturii din fisurile construcțiilor din beton armat la interacțiunea cu mediul lichid. In: *Culegere de articole, Conferința tehnico-științifică internațională "Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului"*, Volumul III, Chișinău. 2014. p. 153-158.
- 45 Rusu I., Proaspăt E. Sporirea impermeabilității betonului la lichide. In: *Conferința tehnico-științifică internațională "Problemele actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului"*, 17-19.11.2016 Volumul III, Chișinău, 2016. p. 154-158.
- 46 SNiP 2.03.II-85. Защита строительных конструкций от коррозии. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 48с.
- 47 SNiP 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. Москва: ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1987. 122с.
- 48 Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova. NCM A.08.02:2014 Securitatea și sănătatea muncii în construcții. Aprobate: 2014.
- 49 Алексеев С.И., Бабицкий В.В., Батыновский Э.И., Дрозд А.А. Коррозионная стойкость и защитные свойства бетона сухого формования. In: *Бетон и железобетон*. 1987, №1.
- 50 Алексеев С.Н., Ратинов В.Б., Розенталь П.К., КАШУРНИКОВА Н.М. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях. Москва: Стройиздат, 1985.
- 51 Ахвердов И.П., Станнишевский Н.В. Механизм разрушения пористых материалов при насыщении их солями. In: *Доклад АН СССР*. Т.2, №4. –с. 320-323.
- 52 Алексеев К.Н., Иванов Ф. М. и др. Долговечность газобетона в агрессивных средах. Москва: Стройиздат, 1990.
- 53 Антонюк Н.Р. Сухие строительные смеси с целлюлозным волокном. Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, Одеса: ОДАБА, 2004. 159с.
- 54 Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня. Цемент. 1988, №3.

- 55 Баранник В.П., Сорокина М.И. Покрытия для железобетонных резервуаров. Виноделие и виноградарство СССР. Москва: 1971, № 4. pp. 57-58.
- 56 Баранник В.П., Хорошева М. И. Выбор оптимального содержания компонентов ППП методом математического планирования. In: Лакокрасочные материалы и их применение. 1975, №3. p. 55-56.
- 57 Бартон Д. Общая органическая химия. Том 4. Карбоновые кислоты и их производные. Соединения фосфора. Д. Бартон, У. Д. Олиис. Москва: Химия, 1983. 728 с.
- 58 Баженов Ю.М. Бетонополимеры. Москва: Стройиздат, 1983. 472 с.
- 59 Баженов Ю.М. и др. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Москва: АСВ, 2004.
- 60 Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва: АСВ, 2007. 526с.
- 61 Базоев О.К., Водонепроницаемый бетон – надежная гидроизоляция. In: Журнал Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №2, 2001. с.18-19.
- 62 Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Москва: Стройиздат, 1990. 400 с. ISBN 5-274-00733-3.
- 63 Белецкий Б.Ф. Монтаж сборных конструкций очистных сооружений. Москва: Стройиздат, 1975. 222 с.
- 64 Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. Москва: Химия, 1969, 320 с.
- 65 Бучкин А.В., Степанова В.Ф. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном. In: Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 1. с. 47-49. ISSN 0869-7019.
- 66 Валишина Л.Н. Стойкость бетона и железобетона в емкостных сооружениях водоочистки. Диссертация д-ра техн. наук, Уфа, 2003. с. 27.
- 67 Вальцифер И.В. и др. Разработка гидроизоляционного состава проникающего действия для бетонных конструкций. In: Промышленное и гражданское строительство, 2010, № 12. с. 46-48. ISSN 0869-7019.
- 68 Волик Д. В. Сейсмическая надежность оснований и фундаментов крупных резервуаров. Автореферат дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, Волгоград, 2006. 24 с.
- 69 Волженский А.В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетонов. In: Бетон и железобетон, 1990, № 10.
- 70 Голубоовская Э.К. Биологические основы очистки воды. Москва: В. школа, 1978, 268с.
- 71 Гарин В.Н., Долгополов И.Н. Полимерные защитные и декоративные покрытия строительных материалов. Москва: Стройиздат, 1975, 191с.
- 72 Гончаров В.В., Рожанская А.М. Влияние добавок на коррозионную стойкость строительных растворов в техногенных среда. In: Бетон и железобетон. 1992, №5.
- 73 Гончаров В.В., Рожанская А.М., Теплицкая Т.В. Проницаемость цементных растворов для бактерий. In: Бетон и железобетон. 1989, №1.
- 74 Гольдберг М. Сырье и полупродукты для лакокрасочных материалов. Под ред. М. Гольдберга, Москва: Химия, 1978. 512 с.
- 75 Гусев Б.В. и др. Свойства мелкозернистых бетонов при различных способах уплотнения. In: Промышленное и гражданское строительство, 2009, № 5. с. 48-50.

- 76 Денисова А.П., Емельянова Т.А. Тенденция развития и перспективы применения метода торкретирования. In: Промышленное и гражданское строительство, 2007, № 12, с. 48-49.
- 77 Добавки в бетон: Справ, пособие. В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Колленарди и др.; Под ред. В.С. Рамачандрана; Пер. с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева; Под ред. С.А. Болдырева и В.Б. Ратинова. Москва: Стройиздат, 1988. 575 с. ил. ISBN 5-274-00208-0.
- 78 Жеребятьева Т.В. Разработка составов биостойких бетонов для ремонта и защиты строительных конструкций: Автореферат канд. дисс. канд. тех. наук, Волгоград, 2010. 24с.
- 79 Заиков Г. Е., Иорданский А. Л., Маркин В. С. Диффузия электролитов в полимерах. Москва: Химия, 1984, 236 с.
- 80 Землянский А. А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров. Дис. доктора технических наук, Балаково, 2006. 416 с.
- 81 Иткис А.Г. Резервуары для агрессивных веществ с защитным покрытием. In: Антикоррозионные работы в строительстве. Москва, 1987, вып. 3. pp. 25-27.
- 82 Иванов Ф.М., Дрозд Г.Я. Долговечность бетонных и железобетонных коллекторов. In: Бетон и железобетон, 1989, №12.
- 83 Карпов А.В. Гидроизоляционные составы для строительных конструкций, работающих в суровых климатических условиях и испытывающих техногенное воздействие. In: Журнал Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №11, 2000. с14-15.
- 84 Комохов П.Г. и др. Долговечность бетона и железобетона. Приложения методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы. Уфа: Белая река, 1998, 216с.
- 85 Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Вагапов Р.Ф. Долговечность бетона и железобетона. Приложения методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы. Уфа: Белая река, 1998. 216 с.
- 86 Кузнецова М.Н. и др. Торкретирование. Современное состояние. In: Механизация строительства, 2001, № 5.
- 87 Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика. Под ред. Ланбурна. Ленинград: Химия, 1991, 501 с.
- 88 Латыпов В.М. Долговечность бетона и железобетона в природных эксплуатационных средах. Дис. д-ра тех.наук. С. Петербург: ПГУПС, 1998.
- 89 Латынов В.М. и др. Прогнозирование скорости сероводородной коррозии водоотводящих железобетонных коллекторов с учетом плотности бетона. In: Промышленное и гражданское строительство, 2012, № 1. с. 44-47. ISSN 0869-7019.
- 90 Лисицин и др. Защита от коррозии железобетонных конструкций консервных заводов. Москва: Пищевая промышленность, 1975. 125 с.
- 91 Лупанов Д.Н. Защита и гидроизоляция бетона: правильный выбор материалов – основная формула успеха. In: Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в., 2009, № 5. С. 18-19.
- 92 Лутфиева Л. Пенетрон на объектах водоснабжения. In: Журнал Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №12, 2006, с.35.
- 93 МДС 13-14.2000. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений.

- 94 Мишутин А.В. Исследование влияния добавки жидкого стекла на некоторые свойства бетонов. Повышение долговечности конструкций водохозяйственного назначения. In: Тезисы докладов ВМНТК, Ростов-на-Дону, 1981, с. 137-139.
- 95 Мишутин А. В. Бетон повышенной коррозионной стойкости в продуктах переработки винограда и плодов, Автореф. дис. канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1987. 23 с.
- 96 Мойсеенко Д.Г., Головкин Н.А. Полимерные покрытия для железобетонных емкостей, предназначенных для хранения вина и засолки сыра. In: Сборник статей Ростовского-на-Дону инженерно-строительного института, 1974. pp. 14-17.
- 97 Москвин В.М. Методы исследования коррозии бетона. Коррозия бетона в агрессивных средах. Москва: Стройиздат, 1971. С.3-10.
- 98 Москвин В. М., Иванов Ф. М. и др. Коррозия бетона и газобетона, методы их защиты. Москва: Стройиздат, 1980.
- 99 Москвин В. М. и др. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. Москва: Стройиздат, 1980, 536 с.
- 100 Москвин В. М. И др. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 159 с.
- 101 Мухамеджанов Г.К., Мухамеджанова О.Г. Тенденции и перспективы развития производства и потребления геосинтетических материалов в России и странах Таможенного союза. In: Журнал Строительные материалы оборудование, технологии XXI века, №6 (185), 2014.
- 102 Орлов А.М. и др. Под ред. А.М. Орлова, Защита строительных конструкций и технологического оборудования от коррозии. Москва: Стройиздат, 1991, 304с.
- 103 Павлов В.И., Соколова И. В. Применение полимерсиликатбетона в производствах электролиза меди. In: Анतिकоррозионные работы в строительстве. Москва, 1987, вып. 1. С. 12-14.
- 104 Патуроев В.В. и др. Полимербетоны, получаемые пропиткой смесей заполнителей мономерами. In: Анतिकоррозионные работы в строительстве. Москва, 1987, вып. 1. С. 6-8.
- 105 Перечень новых материалов и реагентов, разрешенных для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. Москва, 1972. 30 с.
- 106 Полак А.Ф. и др. Коррозия железобетонных конструкций зданий нефтехимической промышленности. Москва: Стройиздат, 1971. 173 с.
- 107 Поповский В.Г. Применение полимерных материалов в консервной промышленности. Пищевая промышленность. Москва, 1971. 230с.
- 108 Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций: (к СНиП 2.03.11-85). НИИЖБ Госстроя СССР. Москва: Стройиздат, 1989. 175 с. Р. 160.
- 109 Пирадов К.А., Гузеев Е.А., Пирадова О.А. Ресурс прочности и долговечности эксплуатируемых зданий и сооружений. In: Бетон и железобетон, 1998, №2.
- 110 Протасов В. Н. Эффективность применения противокоррозионных покрытий нефтегазопромыслового оборудования. Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности, Москва: ВНИИОНГ, 1984, вып. 2(39). 75 с.
- 111 Проаспэт Е. Оптимизация состава композита для противотрещинообразующей и противокоррозионной защиты бетона гидротехнических сооружений. Моделирование в материаловедении. In: Материалы к 41-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, МОК'41, Одесса, 25-26 апреля, 2002.

- 112 Пустовойтова О.М. Физические свойства покрытий, обеспечивающих гидроизоляцию строительных конструкций. In: Материалы к 39-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, Одесса, 2000, С. 113.
- 113 Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. Москва: Стройиздат, 1989. 188с.
- 114 Рейтлингер С.А. Проницаемость полимерных материалов. Москва: Химия, 1974, 269 с.
- 115 Рейбман А. И. Защитные лакокрасочные покрытия. Ленинград: Химия, 1978. 296 с.
- 116 Руководство по защите от стальных и железобетонных строительных конструкций лакокрасочными покрытиями. Москва: Стройиздат, 1973, 223 с.
- 117 Руководство по защите от коррозии лакокрасочными покрытиями строительных бетонных и железобетонных конструкций, работающих в газо-влажных средах. Москва: Стройиздат, 1978.
- 118 Розенфельд И.Л. и др. Асимметрия электроосмотического переноса через полимерные пленки. In: Лакокрасочные материалы и их применение, 1974, № 4. с. 58-59.
- 119 Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов. Москва: Metallurgy, 1970. 448с
- 120 Розенфельд И.Л. и др. Электроосмотическая активность и защитные свойства покрытий на основе алкидных, эпоксидных и перхлорвиниловых материалов. In: Лакокрасочные материалы и их применение, 1974, № 3. с. 30-31.
- 121 Розенталь Н.К. и др. Цементные бетоны с повышенной коррозионной стойкостью. Долговечность и защита конструкций от коррозии. In: Материалы международной конференции, Москва, 1999. С. 196-205.
- 122 Розенталь Н.К. и др. Эффективный отечественный материал для предотвращения протечек и защиты от коррозии. In: Журнал Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №6, 2000. с. 36.
- 123 Розенталь Н. Проницаемость и коррозионная стойкость бетона. In: Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 1.
- 124 Розенталь Н.К. Коррозия и защита бетонных конструкций сооружений очистки сточных вод. Бетон и железобетон. Оборудование. In: Материалы. Технологии, 2011. с. 78-85.
- 125 Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. Москва: ФГУП ЦПП, 2007. 144с.
- 126 Розенталь Н. Коррозионная стойкость модифицированных бетонов. In: Технология бетона, 2009, № 1. С. 6-8.
- 127 Розенталь Н.К. Проницаемость и коррозионная стойкость бетона. In: Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 1. с. 35-37. ISSN 0869-7019.
- 128 Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении. Харьковский Промстройниипроект. Москва: Стройиздат, 1990. 176 с.
- 129 Руководство по защите от коррозии лакокрасочными покрытиями строительных бетонных и железобетонных конструкций, работающих в газувлажных средах. Москва: Стройиздат, 1978. 223 с.
- 130 Руководство по проектированию защиты от коррозии резервуаров очистных сооружений. Москва: Стройиздат, 1981. 27 с.

- 131 Руководство по обеспечению долговечности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции и восстановлении. Харьковский Промстройниипроект. Москва: Стройиздат, 1982. 112 с.
- 132 Руссу И.В., Зобов Е.В. Основы создания противокоррозионных покрытий с повышенным ресурсом защитного действия для железобетонных резервуаров пищевой промышленности. In: Применение антикоррозионной защиты на предприятиях Молдавии, Кишинев, 1983, с. 4-11.
- 133 Руссу И.В. и др. Изучение влияния дисперсного армирования на прочностные характеристики бетона. In: Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, випуск, № 43, Одеса 2011, с. 192-199.
- 134 Руссу И.В., Ника Е.Я.. Свойства железобетонных конструкций, армированных полимерными фибрами. In: Вісник національного технічного університету «ХПИ», 59'2012, Харків. с. 86-91, ISSN 2079-0821.
- 135 Руссу И.В. Композиционный кладочный материал. In: Вісник національного технічного університету «ХПИ», 57'2013, Харків. с. 110-114. ISSN 2079-0821.
- 136 Руссу И. В., Шмигальский В. Н. Состояние железобетонных резервуаров, эксплуатируемых в пищевой промышленности. In: Противокоррозионные работы в строительстве, Москва, 1980, вып. 8. с. 3-5. ISSN 0208 – 0443.
- 137 Руссу И.В. О выборе системы лакокрасочного покрытия для защиты бетона конструкций от воздействия сильноагрессивных сред. In: Материалы к 44-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов. Одесса, 2005. с. 138-139.
- 138 Руссу И. В. и др. Трещиностойкое покрытие для антикоррозионной защиты железобетонных резервуаров пищевой промышленности. In: Противокоррозионные работы в строительстве, Москва, 1983, вып. 4, с. 30-33. ISSN 0208 – 0443.
- 139 Руссу И., Проаспэт Е. Моделирование и оптимизация состава композита для замоноличивания стыков железобетонных элементов водохранилищ. In: Материалы международного семинара «Компьютерное моделирование и обеспечение качества», Одесса, 1997, с.137.
- 140 Руссу И., Проаспэт Е. Оптимизация состава бетона для строительства биогазовых установок. In: Моделирование в материаловедении. Материалы к 37-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, МОК'37, Одесса, 5-6 мая, 1998. с. 129.
- 141 Руссу И., Проаспэт Е. Гидроизоляция и противокоррозионная защита нано композициями материалов памятников искусства, истории и архитектуры. In: Материалы к 46-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов, Odesa, 2007, с. 117-118. ISBN 978-966-318-720-4.
- 142 Руссу И., Проаспэт Е. Обоснование норм деформаций лакокрасочных покрытий для крупногабаритных железобетонных резервуаров. In: Вісник ODABA, Nr. 53, Odessa, 2014. с. 328-331.
- 143 Саввина Ю.А., Курбатова И.И. Структура и стойкость цементного камня с добавками сульфата натрия. In: Бетон и железобетон, 1975, №10.
- 144 Селяев В.П. и др. Сухие строительные смеси Мордовии. Саранск: Изд. Мордовского университета, 2007. 144с.

- 145 Соколова Е. М. Влияние ионогенных групп в покрытии на электрохимические свойства железа в электролитах. In: Лакокрасочные материалы и их применение, 1973, № 1. С. 34-36.
- 146 Соколова С. А., Сычев А. А., Кирсанов И. В. Применение защитных покрытий на основе хлорсульфированного полиэтилена. In: Противокоррозионные работы в строительстве. Москва, 1979, вып. 1 (128). с. 4-6.
- 147 Соломатов В.И. и др. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: Будивэльнык, 1991. 144 с.
- 148 Степанова В.Ф. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений. In: Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 1. с. 13-16. ISSN 0869-7019.
- 149 Степанова В.Ф., Соколова С.Е., Полушкин С.Е. Долговечные защитно-декоративные покрытия на основе красок ВД-АК-1Ф, ВД- КЧ 1Ф. In: Журнал Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №5, 2007, с.27
- 150 Скороходов В.Д. Защита неметаллических строительных материалов от биокоррозии. Учеб. пособие, Москва: Высшая школа, 2004. 204 с.
- 151 Соломитов В.И., Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Типография Мордовского университета, 2001. 172 с.
- 152 Строганов В. Ф., Куколева Д. А., Бараева Л. Р. Метод испытания минеральных строительных материалов на биостойкость в модельных агрессивных средах. In: Вестник Казанского технологического университета, 2011, № 17. с. 117-121.
- 153 Семашкин Д.А. Деградационные процессы в бетоне сборных железобетонных резервуаров для нефти. Диссертация д-ра техн. наук, Самара, 2000. 118 с.
- 154 Султанянц Ф.К. и др. Антикоррозионное покрытие для резервуаров. In: Виноделие и виноградарство СССР, 1970, № 6. С. 50-52.
- 155 Тарасенко М. А. Разработка методики восстановления несущей способности резервуара с коррозионными повреждениями. Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, Тюмень, 2012. 155 с.
- 156 Тищенко Г.П., и др. Комплексная оценка химической стойкости полимерных покрытий пищевого оборудования. In: Лакокрасочные материалы и их применение. 1982, №6. pp. 57-59.
- 157 Тищенко Г. П., Зинченко М. В. Антикоррозионная защита сборников и трубопроводов для питьевой воды. In: Ферментная и спиртовая промышленность, Москва, 1980, № 5. с. 35-37.
- 158 Тюрин С.Т. и др. Герметические резервуары и защитные покрытия в виноделии. Москва: Стройиздат, 1971. 144 с.
- 159 Шапочник С.Ш. и др. О миграции органических растворителей из покрытий в спиртовые воды. In: Виноделие и виноградарство СССР, Москва, 1971, № 8. С. 52-55.
- 160 Шапошник С. Ш. и др. Защитное покрытие железобетонных емкостей, применяемых в пищевой промышленности. In: Лакокрасочные материалы и их применение. 1975, №4. р. 40-42.
- 161 Швачко С. Н. Математическое моделирование несущих конструкций осесимметричных емкостных сооружений для хранения жидкостей. Дис. кандидата технических наук, Брянск, 2007. 226 с

- 162 Шефтель В.О. Полимерные материалы. Токсичные свойства. Справочник, Ленинград: Химия, 1982. 240с.
- 163 Шнейдерова В.В. Антикоррозионные лакокрасочные покрытия в строительстве. Москва: Стройиздат, 1980. 180 с.
- 164 Шнейдерова В.В. и др. О трещиностойкости лакокрасочных защитных покрытий на бетоне. Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред. Москва: Стройиздат, 1975. С. 59-63.
- 165 Шибаев С.Ю. Новые возможности инъекционных технологий. In: Журнал Строительные материалы оборудование, технологии XXI века №1 (180), 2014.
- 166 Шнейдерова В.В., Ларионова Э. М, Минаева Г. С. О химической стойкости лакокрасочных покрытий на бетоне. Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред. Москва: Стройиздат, 1975, С. 59-63.
- 167 Шнейдерова В.В. Антикоррозионные лакокрасочные покрытия в строительстве. Москва, Стройиздат, 1980, 180 с.
- 168 Хорошева М. И. Разработка и исследование защитного покрытия для железобетонных резервуаров в виноделии. Авт. дис. канд. техн. наук (05.23.05), ВЗИПП, Москва, 1974. 24 с.
- 169 Чумаков Ю.М. и др. Влияние суперпластификаторов на свойства бетонов. In: Бетон и железобетон, 1980, № 10.
- 170 Черников Г. П. и др. Опыт применения трещиностойких защитных покрытий на основе хлорсульфированного полиэтилена. Противокоррозионные работы в строительстве, Москва, 1982, вып. 4. С. 2-4.
- 171 Чехов А.П., Ковалев С.К. Коррозионная стойкость конструкций пивоваренных заводов. In: Промышленное строительство и инженерные сооружения, Москва, 1974, № 3. С. 21-22.
- 172 Чехов А.П., Ковалев С.К. Коррозионная стойкость конструкций пивоваренных заводов. In: Промышленное строительство и инженерные сооружения, Москва, 1974, № 3. С. 21-22.
- 173 Читаишвили Т.Г., Гуджеджиани Э.Н. Тионовые бактерии как фактор коррозии бетонных сооружений, омываемых сероводородными минерализованными водами. Под редакцией Иванова Ф.М., Горшина С.Н. Москва: Стройиздат, 1984. 320 с.
- 174 Юнг В.Н. Основы технологии вяжущих веществ. Москва: Промстройиздат. 1951. 548с.
- 175 <http://silabetona.ru/stroitelnye-raboty/remont-i-usilenie-zh-b-konstruktsij/usilenie-zb-konstruktsij> (vizitat 06.2014)
- 176 <http://www.allco.co.nz/products/tanking/tanking/volclay-voltex/> (vizitat 04.2013).
- 177 <http://www.cetco.com/en-us/Products/Building-Materials/Waterproofing/>(vizitat 04.2013).
- 178 <http://www.itmo.by/ru/institute/structure/departments/opt/setp/his/> (vizitat 09.2013).
- 179 <http://www.akvatron-bhk.ru/tehdoc.html> (vizitat 10.2014).
- 180 http://www.sovtehnostroy.ru/viewart.php?arts_id_=119 (vizitat 10.2014).
- 181 <http://nts-t.ru/catalog/emaco/> (vizitat 10.2014).
- 182 <http://giscosa.com/es/> (vizitat 10.2014).
- 183 <http://www.pigment.ru/> (vizitat 05.2015).
- 184 <http://ruscable.blogspot.md/2010/09/hydrotex-techni-glide.html> (vizitat 09.2015).

- 185 <http://www.mapei.com/IT-EN/architectural-solutions.asp> (vizitat 09.2015).
- 186 http://zp.vgorode.ua/reference/industrial_equipment/85363-ooo-budyndustryia-ltd (vizitat 09.2015).
- 187 <http://www.kema-on.net/en/vsebina/produkti/po-produktnih-skupinah/vodotesne-mase-in-hitrovezne-malte/18504> (vizitat 05.2015).
- 188 CEB – FIP. Model Code 1990. Bulletin d'Information, 1990.

7 ANEXE

Anexa 1. Caracteristica materialelor noi și tradiționale folosite pentru protecție anticorozivă și hidroizolare

În timpul de față pe piața materialelor de construcții sunt o mulțime de materiale noi și tradiționale propuse în calitate de protecție primară și secundară a construcțiilor din beton armat. În tabelul A.1 este dată caracteristica succintă a mijloacelor de protecție care prezintă caracteristicile tehnice cele mai bune după indicatorii complecși de exploatare (conform analizei datelor corespunzătoare din fișele tehnice pentru produse).

Tabelul A.1. Materiale noi și tradiționale folosite pentru protecție anticorozivă și hidroizolare

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|----------|--|-------------------------------------|--|---------------------------------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 1 | Penetron | Amestec uscat: Ciment special, nisip de cuarț (calitate specială), adaosuri de activare | | Fundații, tuneluri, încăperi subterane. Preîntâmpină pătrunderea apelor agresive subterane, inclusiv a sulfatilor și clorizilor. Conferă impermeabilitate la apă betonului monolit și construcțiilor prefabricate datorită pătrunderii în adâncimea betonului și compactează structura betonului. S-a observat o majorare a cristalelor hidroizolante până la 90 cm de la suprafață. | De folosit împreună cu Penecrit |
| 2 | Penecrit | Amestec uscat: Ciment special, nisip de cuarț (calitate specială), adaosuri de activare | | Pentru umplerea fisurilor, găurilor, colțurilor. | De folosit împreună cu Penetron |
| 3 | КБ-0.5С | Mastic – bicomponent de tiocol (polisulfidic) ermetic care se solidifică (TY 2513-029- 32478306-99). Durata de exploatare 15...20 ani. | | Pentru protecția părții subterane a clădirii și construcției. Rezistent la acțiunea soluțiilor slabe de acizi, baze, săruri. | |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|----------------------------|---|--|---|--|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 4 | ScanFloor Pro Epox 300 | Soluție epoxidică pentru pardoseli. Grosimea stratului 2...100 mm. | | Acoperire epoxidică care posedă stabilitate la acțiunea mediilor agresive chimice. | |
| 5. | Xypex - Concentrat | Amestec uscat: Ciment, nisip de cuarț, adaosuri speciale | | Protejează suprafețele de beton de mediile chimice agresive inclusiv sulfati și clorizi. Se aplică 1 strat imediat după decofrarea construcției (20...72 ore – vârsta betonului). | Același principiu de acțiune ca și pentru PENETRON |
| 6. | Xypex - Modified | Amestec uscat: Ciment, nisip de cuarț, adaosuri speciale | | Majorează acțiunea Xypex - Concentrat la acoperirea cu un strat de 2 mm | |
| 7. | Xypex - Almix | Adaos pentru beton: 2...5 % de la masa cimentului. | Adaos pentru beton pentru majorarea impermeabilității acestuia și a stabilității chimice. | | |
| 8. | Siliconat de natriu ГКЖ-11 | Lichid hidrofob silicat organic: $[\text{CH}_3\text{-Si-ONa}]_n$ O unde $n= 1 -2$ pH= 13-14 se livrează ca concentrat de 25-35 %. | Adaos pentru prepararea betoanelor și mortarelor. Permite amestecurilor de finisare să reducă adsorbția capilară, absorbția de apă, să majoreze impermeabilitatea la apă și rezistența la îngheț | | |
| 9. | 136-41 | Lichid hidrofob silicat organic | Adaos pentru prepararea betoanelor și mortarelor. Permite amestecurilor de finisare să reducă adsorbția capilară, absorbția de apă, să majoreze impermeabilitatea la apă și rezistența la îngheț | | |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|-------------------|---|--|---|------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 10. | 136-157 M | Lichid hidrofob silicat organic | Adaos pentru prepararea betoanelor și mortarelor. Permite amestecurilor de finisare să reducă adsorbția capilară, absorbția de apă, să majoreze impermeabilitatea la apă și rezistența la îngheț | | |
| 11. | HIDROSTOP ELASTIK | Material elastic de hidroizolare – bicomponent, compus din amestec de polimerchimic și emulsie de silicon lichidă în proporția de 2:1. Se aplică în 2 straturi. | | Pentru hidroizolarea subsolurilor. | |
| 12 | HIDROMENT | Amestec uscat în componență întră material hidrofob | | În calitate de finisare siccativă pentru exterior și interior. Usucă suprafața betonului – prin capilarele sale transmite surplusul de umiditate la suprafață. Nu se utilizează în locurile de curgere activă a apei. | |
| 13 | Alumanation 3UI | Acoperire elastică rezistentă la apă. Rezistentă chimică | | În calitate de protecție a armăturii în construcțiile din beton armat. | |
| 14. | Kemasol | Emulsie de silicon pe bază de metilsiliconat de kaliu. | | Se elimină tencuirea veche umedă până la înălțimea de apariție a umidității. Utilizată pentru preîntâmpinarea ridicării capilare a umidității în pereții și fundațiile clădirilor. | |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|---|--|--|---|------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 15. | Sistemul FASI: Kcma Armafix - FASI FM FAS RM | Materiale de polimerciment: 5 kg AU la 1,5-1,7l de apă. Amestecul se aplică pe armătură. - 2l FASI AC+4.5...5,5 l de apă = FASI FM 4,5 l de apă +2l FASI AS+25KG AU din FASI RM se aplică pe stratul FASI FM | | Protecția anticorozivă a armaturii. Hidroizolare armaturii. Restabilirea stratului de protecție a betonului. | |
| 16. | HIDROTES AN | Acoperire de hidroizolare multicomponentă compusă din ciment special cu adaosuri, acril uscat, nisip de cuarț fin măcinat | | Hidroizolarea suprafețelor de beton a subsolurilor, fundațiilor, tunelurilor aflate în medii agresive. | |
| 17. | KEMAMENT L10 | Superplastificator – lichid fără clorizi. pH=9,7. | Pentru prepararea amestecurilor de beton, mortarelor de ciment. Ridică impermeabilitatea, rezistența la substanțe chimice. | | |
| 18. | HIDROZAT | Amestec uscat pentru construcții. | | Material impermeabil la apă pentru lichidarea imediată a scurgerilor active prin fisuri și găuri în pereți. O barieră pentru hidroizolare. | |
| 19 | Hermolastic | Sistem de polimerciment elastic bicomponent | | Pentru executarea hidroizolației fără rosturi, neîntrerupte, hidrofugă prin lipire. Este hidrofob (W=8...10). Are o bună permeabilitate a aburului. Elasticitatea se păstrează în apă și la acțiunea mediilor agresive. | |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|----------------------------|---|--|--|------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 20. | Lac monocomponent BBM | Soluție de oligomeri de siliciu organic carcasa-bifurcație cu conținut de acril în amestec de diluanți organici TY 6-48-05785904- 95. | | Compoziție de impregnare, permite obținerea acoperire efectivă rezistentă la apă a suprafeței betonului. Preț mic, se usucă timp de 0,5h, stabilitate la acizi și săruri organice și neorganice. | |
| 21. | HYPERD-ESMO-D, ALCHIMCA SA | Membrană monocomponentă lichidă | | În calitate de strat superior la executarea pardoselilor turnate pentru hidroizolarea fundațiilor de mediile agresive (inclusiv de acizi și baze diluați). | |
| 22. | Sopro EFD | Mastic elastic hidroizolant | | Pentru formarea stratului hidroizolant pe suprafețele pereților și pardoselilor mediilor agresiv chimic x. | |
| 23. | Ceresit CO 84 | Adaos concentrat lichid | Adaos concentrat pentru fabricarea tencuielii poroase asanate pentru pereți umezi. Pentru modificarea tencuielii de ciment a pereților în condiții de conținut mărit a sărurilor în apele subterane. | | |
| 24. | Ceresit CO 81 | Soluție lichidă de protecție de umiditatea capilară. | | Grund hidrofob pentru aplicarea hidroizolației. Pentru stoparea deplasării capilare a apei în zidărie – injectare interioară. | |
| 25. | Ceresit CR 166/CR 66 | Masă elastică hidroizolatoare de ciment-polimer: 10 l de emulsie + 24 kg AU = 34 kg. | | Hidroizolarea construcțiilor mai jos de nivelul pământului sub tencuire. Elastică, impermeabilă la apă, rezistentă la îngheț, acoperă fisurile. | |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|---------------|---|-------------------------------------|---|------------------------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 26. | Ceresit CR 65 | Masă hidroizolantă de ciment – amestec uscat | | Hidroizolare de ape subterane. Permeabilă pentru abur, impermeabilă a apă. | |
| 27 | MAXSEAL | Amestec de cimenturi, adaosuri și umplutură | | Hidroizolare internă și externă a construcțiilor subterane din beton, cărămidă care sunt supuse presiunii apelor. | |
| 28. | Flexicoat | Compoziție gata de utilizare foarte elastic de acril pentru hidroizolare, cu adaosuri: stiril, copolimeri de acril | | Hidroizolarea fundațiilor, pereților. Impermeabilă la apă. | Nu se aplică pe ploaie |
| 29. | Vezercoat | Sistem bicomponent de hidroizolare: Vezercoat praf (pe bază de ciment) și Vezercoat (pe bază de acril) - 1:2 Ambalaj: 20 kg amestec uscat saci + 4 kg și 18 kg bidone. | | Hidroizolare foarte efektivă fără rost a fundațiilor, pereților. Înalt elastică hidroizolarea pe tencuire | Nu se aplică pe ploaie |
| 30. | Vezercoat SP | Sistem monocomponent de hidroizolare: amestec uscat: cimenturi speciale, polimeri, umpluturi de anumite fracții și adaosuri. La 20 kg amestec - 4,8...5,2 l de apă. | | Hidroizolare foarte efektivă fără rost a fundațiilor, pereților. Înalt elastică hidroizolarea pe tencuire | Nu se aplică pe ploaie |

| Nr. | Denumire | Componenta | Folosirea | | Notă |
|-----|------------------------|--|-------------------------------------|---|------|
| | | | în calitate de protecție permanentă | în calitate de protecție temporară | |
| 31 | Tenabits- M (Tenarufs) | TN LV 05799048- 40-98 Material bicomponent de bitum-poliuretan cu întărire rece. Termen de exploatare 12 ani. | | Hidroizolarea și protecția anticorozivă a suprafețelor fundațiilor, pereților subsolurilor. | |
| 32. | Mastic «Maghir» | Compoziție monocomponentă cu întărire rece din amestec de polimeri și umpluturi naturale. | | Protecție anticorozivă a construcțiilor de metal și din beton armat. Hidroizolare continuă rezistentă la apă a construcțiilor subterane și bazinelor de purificare a apelor. Ermetizarea și hidroizolarea rosturilor dintre panourile construcțiilor. | |

Anexa 2. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 14 zile

Pentru R_{comp} 14 zile:

Nivelul de risc = 0.200,

Criteriul lui Student= 1.282,

Incertitudinea experimentului (Ts)e = 3.559.

Tabelul A2.1. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 27.725 | 71.745 | 8 b22 | 2.694 | 4.292 | 15 b15 | -1.233 | 4.933 |
| 2 b1 | 0.974 | 4.072 | 9 b33 | -0.542 | 0.829 | 16 b23 | -0.392 | 1.567 |
| 3 b2 | -0.874 | 3.708 | 10 b44 | -3.606 | 5.746 | 17 b24 | -0.167 | 0.667 |
| 4 b3 | 1.108 | 4.760 | 11 b55 | -1.806 | 2.878 | 18 b25 | -4.058 | 16.233 |
| 5 b4 | -0.041 | 0.172 | 12 b12 | 0.258 | 1.033 | 19 b34 | -3.342 | 13.368 |
| 6 b5 | 1.974 | 8.375 | 13 b13 | -2.496 | 10.129 | 20 b35 | -0.033 | 0.133 |
| 7 b11 | -0.333 | 0.453 | 14 b14 | 0.658 | 2.633 | 21 b45 | 1.542 | 6.168 |

Tabelul A.2.2. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 27.677 | 82.538 | 7 b34 | -3.342 | 13.368 |
| 2 b1 | 0.999 | 4.226 | 8 b25 | -4.058 | 16.233 |
| 3 b2 | -0.874 | 3.708 | 9 b15 | -1.233 | 4.933 |
| 4 b3 | 1.148 | 4.975 | 10 b44 | -3.547 | 8.654 |
| 5 b45 | 1.542 | 6.168 | 11 b13 | -2.541 | 10.415 |
| 6 b5 | 1.974 | 8.375 | | | |

Tabelul A.2.3. Calculele încercărilor la compresiune R_{comp}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 24.130 | 22.697 | 1.433 | 2.054 | 15 | 29.600 | 31.062 | -1.462 | 2.138 |
| 2 | 16.400 | 14.850 | 1.550 | 2.401 | 16 | 18.200 | 17.744 | 0.456 | 0.208 |
| 3 | 25.800 | 25.312 | 0.488 | 0.238 | 17 | 31.200 | 28.675 | 2.525 | 6.373 |
| 4 | 33.600 | 33.158 | 0.442 | 0.195 | 18 | 16.200 | 22.989 | -6.789 | 46.087 |
| 5 | 19.800 | 17.619 | 2.181 | 4.757 | 19 | 27.400 | 26.803 | 0.597 | 0.357 |
| 6 | 24.200 | 22.600 | 1.600 | 2.559 | 20 | 30.200 | 28.550 | 1.650 | 2.721 |
| 7 | 26.400 | 26.894 | -0.494 | 0.244 | 21 | 30.200 | 28.824 | 1.376 | 1.893 |
| 8 | 21.000 | 21.913 | -0.913 | 0.833 | 22 | 27.000 | 26.529 | 0.471 | 0.222 |
| 9 | 18.400 | 20.797 | -2.397 | 5.745 | 23 | 17.800 | 24.129 | -6.329 | 40.062 |
| 10 | 37.400 | 37.078 | 0.322 | 0.103 | 24 | 27.200 | 24.129 | 3.071 | 9.428 |
| 11 | 29.400 | 31.208 | -1.808 | 3.268 | 25 | 26.600 | 29.650 | -3.050 | 9.305 |
| 12 | 16.000 | 14.926 | 1.074 | 1.153 | 26 | 22.000 | 25.703 | -3.703 | 13.710 |
| 13 | 16.800 | 17.447 | -0.647 | 0.418 | 27 | 34.600 | 27.677 | 6.923 | 47.934 |
| 14 | 32.200 | 30.765 | 1.435 | 2.058 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 206.466 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 16.

Incertitudinea experimentului – 2,7764.

Dispersia nepotrivirii – 12,9041.

Incertitudinea nepotrivirii – 3,5922.

Criteriul lui Fisher = 1.6740.

Criteriul Fkr = 1.6740.

Kzm = 1.000 NSe = 2.776.

Ymin = 11.250 Ymax = 38.734

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | -1.000 | -1.000 |
| 2 | -1.000 | -1.000 |
| 3 | -1.000 | 1.000 |
| 4 | -1.000 | -0.253 |
| 5 | -1.000 | 1.000 |

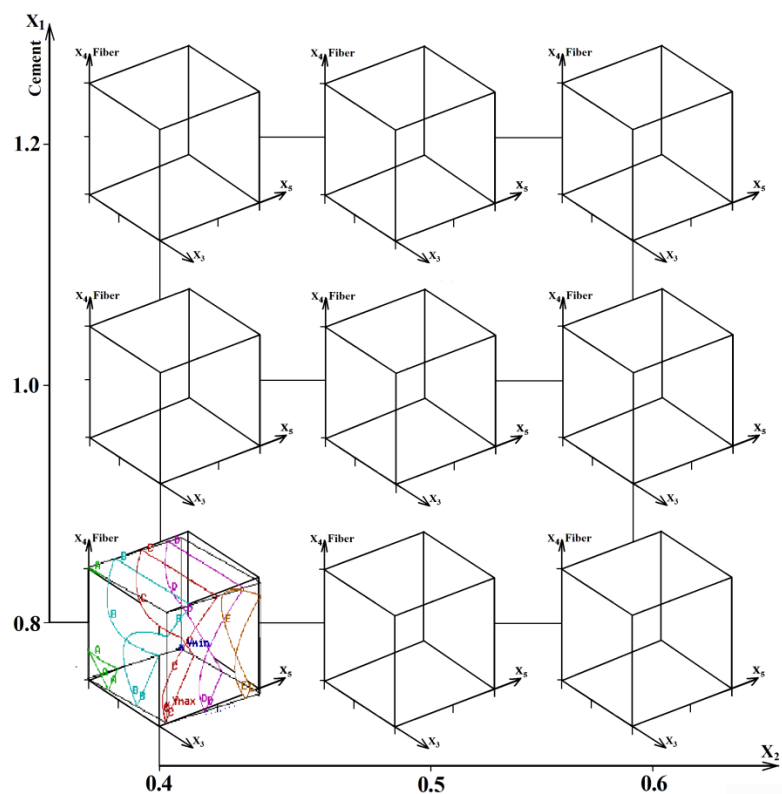


Figura A.2.1. Deplasarea cubului pe pătrat

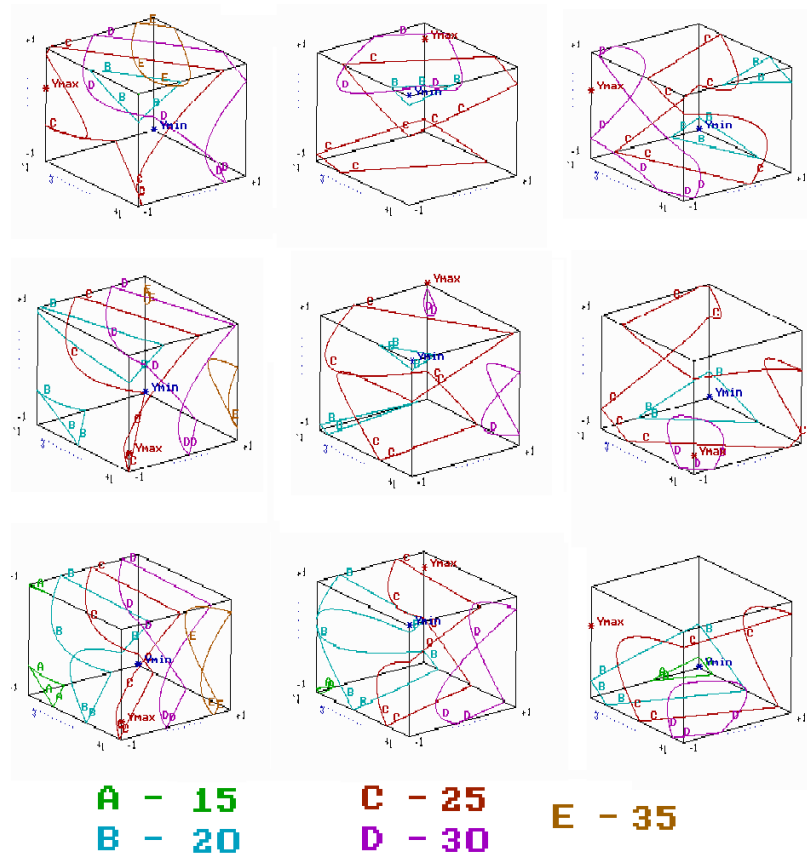


Figura A.2.2. Deplasarea cubului pe pătrat R_{comp} pentru 14 zile

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

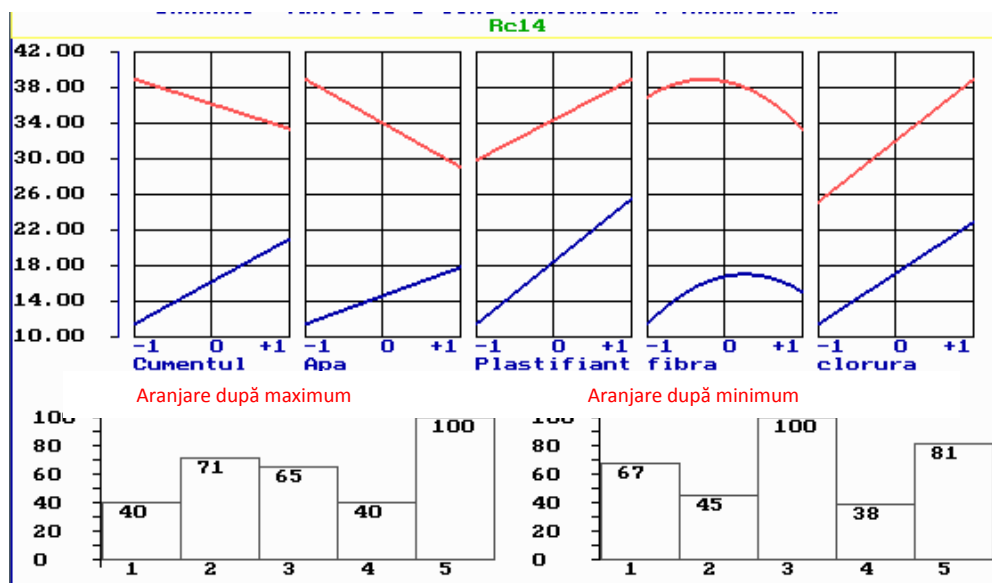


Figura A.2.3. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{comp} pentru 14 zile

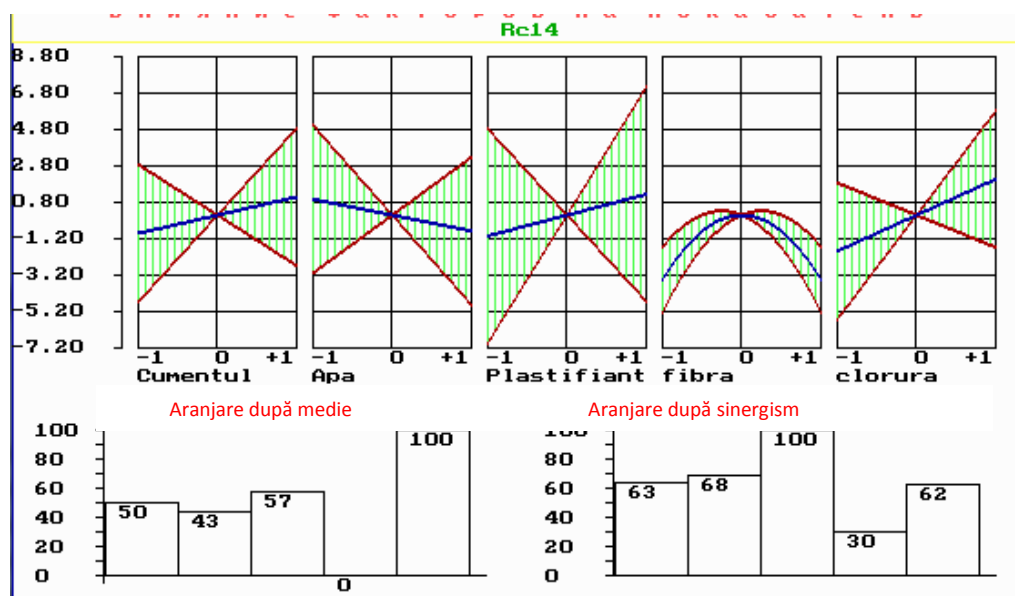


Figura A.2.4. Influența factorilor asupra R_{comp} pentru 14 zile

Pentru R_{inc} 14 zile:

Nivelul de risc = 0.200;

Criteriul Student = 1.282;

Incertitudinea experimentului (T_s)_e = 5.475.

Tabelul A.2.4. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | T_s | Nr. | Coeficienți | T_s | Nr. | Coeficienți | T_s |
|-------|-------------|---------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 72.680 | 188.078 | 8 b22 | -2.505 | 3.992 | 15 b15 | -1.750 | 7.000 |
| 2 b1 | 4.488 | 18.770 | 9 b33 | -6.043 | 9.246 | 16 b23 | -2.750 | 11.000 |
| 3 b2 | 3.444 | 14.614 | 10 b44 | -2.505 | 3.992 | 17 b24 | -0.750 | 3.000 |
| 4 b3 | -1.385 | 5.950 | 11 b55 | -8.005 | 12.755 | 18 b25 | -5.250 | 21.000 |
| 5 b4 | 1.889 | 8.014 | 12 b12 | 6.375 | 25.500 | 19 b34 | -3.125 | 12.500 |
| 6 b5 | 2.944 | 12.492 | 13 b13 | 4.433 | 17.987 | 20 b35 | 0.375 | 1.500 |
| 7 b11 | 1.107 | 1.507 | 14 b14 | 0.500 | 2.000 | 21 b45 | 0.625 | 2.500 |

Tabelul A.2.5. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | T_s | Nr. | Coeficienți | T_s |
|-------|-------------|---------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 72.086 | 191.765 | 8 b23 | -2.750 | 11.000 |
| 2 b1 | 4.452 | 18.710 | 9 b33 | -6.955 | 13.346 |
| 3 b2 | 3.444 | 14.614 | 10 b15 | -1.750 | 7.000 |
| 4 b3 | -1.513 | 6.542 | 11 b55 | -10.071 | 19.981 |
| 5 b4 | 1.889 | 8.014 | 12 b12 | 6.375 | 25.500 |
| 6 b5 | 2.944 | 12.492 | 13 b13 | 4.577 | 18.706 |
| 7 b25 | -5.250 | 21.000 | 14 b34 | -3.125 | 12.500 |

Tabelul A.2.6. Calculele încercărilor la compresiune R_{inc}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 62.000 | 61.810 | 0.190 | 0.036 | 15 | 73.000 | 74.938 | -1.938 | 3.755 |
| 2 | 52.000 | 51.948 | 0.052 | 0.003 | 16 | 66.000 | 64.354 | 1.646 | 2.708 |
| 3 | 39.000 | 41.491 | -2.491 | 6.205 | 17 | 81.000 | 76.538 | 4.462 | 19.909 |
| 4 | 61.000 | 58.908 | 2.092 | 4.378 | 18 | 64.000 | 6.769 | -2.769 | 7.667 |
| 5 | 54.000 | 52.060 | 1.940 | 3.766 | 19 | 70.000 | 75.531 | -5.531 | 30.587 |
| 6 | 63.000 | 60.976 | 2.024 | 4.096 | 20 | 68.000 | 68.642 | -0.642 | 0.412 |
| 7 | 41.000 | 39.519 | 1.481 | 2.194 | 21 | 70.000 | 63.618 | 6.382 | 40.726 |
| 8 | 35.000 | 38.158 | -3.158 | 9.971 | 22 | 66.000 | 66.644 | -0.644 | 0.415 |
| 9 | 30.000 | 32.421 | -2.421 | 5.859 | 23 | 67.000 | 73.975 | -6.975 | 48.651 |
| 10 | 58.000 | 55.337 | 2.663 | 7.090 | 24 | 71.000 | 70.197 | 0.803 | 0.644 |
| 11 | 61.000 | 63.188 | -2.188 | 4.786 | 25 | 57.000 | 64.960 | -7.960 | 63.362 |
| 12 | 46.000 | 47.827 | -1.827 | 3.336 | 26 | 70.000 | 59.071 | 10.929 | 119.440 |
| 13 | 60.000 | 59.948 | 0.052 | 0.003 | 27 | 77.000 | 72.086 | 4.914 | 24.146 |
| 14 | 77.000 | 78.087 | -1.087 | 1.182 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 415.328 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13.

Incertitudinea experimentului – 4.2703.

Dispersia nepotrivirii – 31.9483.

Incertitudinea nepotrivirii – 5.6523.

Criteriul lui Fisher = 1.7520.

Criteriul Fkr = 1.7520.

$K_{zm} = 1.000$ $N_{Se} = 4.270$.

$Y_{\text{min}} = 32.444$ $Y_{\text{max}} = 88.937$

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | 1.000 | 1.000 |
| 2 | -1.000 | -1.000 |
| 3 | -1.000 | -0.200 |
| 4 | -0.997 | 0.999 |
| 5 | -1.000 | -0.201 |

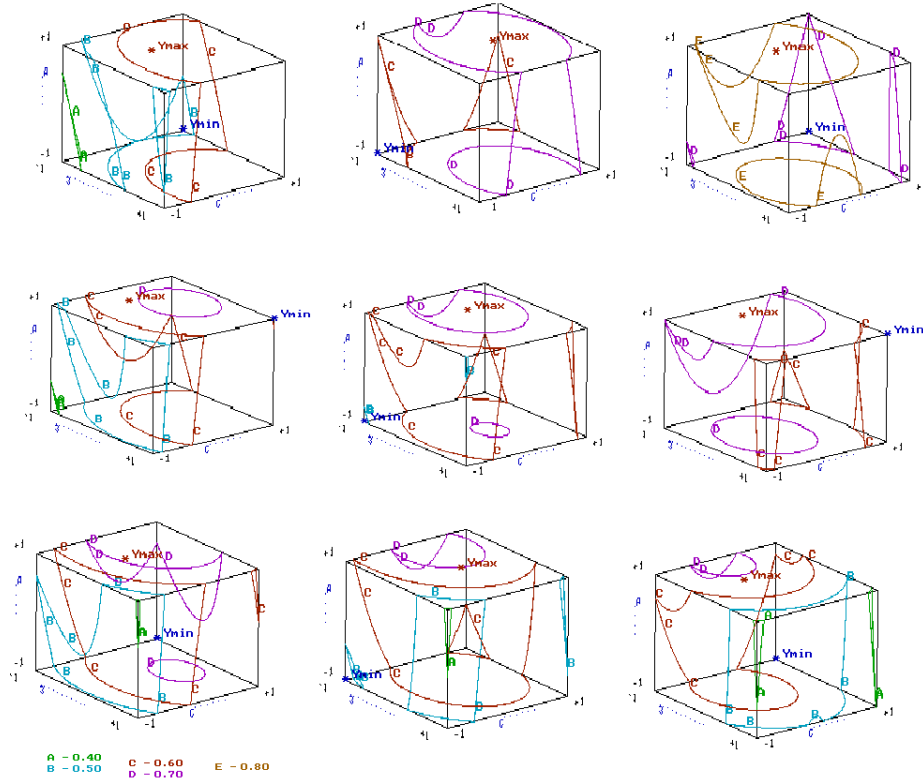


Figura A.2.5. Deplasarea cubului pe pătrat R_{inc} pentru 14 zile

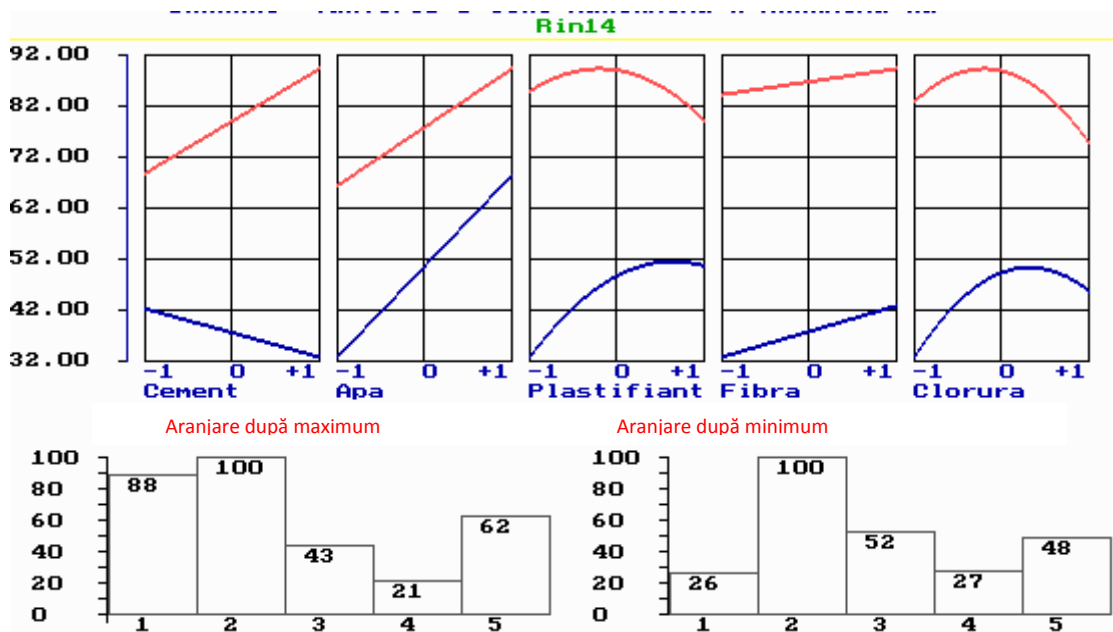


Figura A.2.6. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{inc} pentru 14 zile

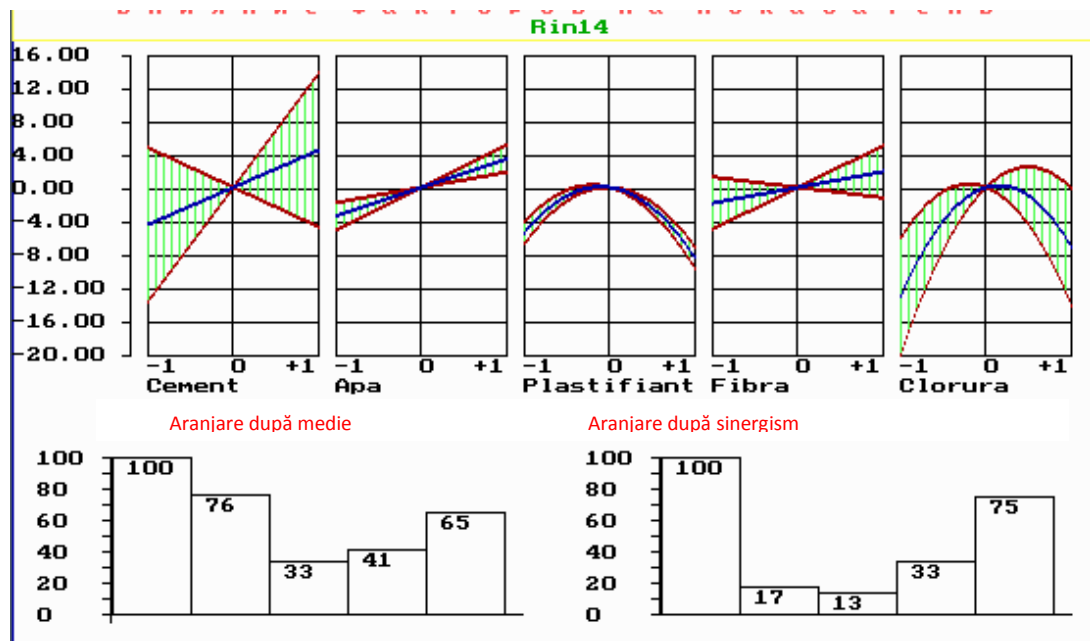


Figura A.2.7. Influența factorilor asupra R_{inc} pentru 14 zile

$$\begin{aligned}
 R_{inc.14} = & 0.721 + 0.045x_1 \pm 0x_1^2 + 0.064x_1x_2 + 0.046x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 0.018x_1x_5 \\
 & + 0.034x_2 \pm 0x_2^2 - 0.028x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 0.053x_2x_5 \\
 & - 0.015x_3 - 0.070x_3^2 - 0.031x_3x_4 \pm 0x_3x_5 \\
 & + 0.019x_4 \pm 0x_4^2 \pm 0x_4x_5 \\
 & + 0.029x_5 - 0.101x_5^2
 \end{aligned}$$

Anexa 3. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 21 zile

Pentru R_{comp} 21 zile:

Nivelul de risc = 0.200,

Criteriul lui Student = 1.282,

Incertitudinea experimentului (T_s)_e = 2.726.

Tabelul A.3.1. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|-------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 27.825 | 72.006 | 8 b22 | -0.744 | 1.185 | 15 b15 | -2.796 | 11.185 |
| 2 b1 | -0.353 | 1.475 | 9 b33 | -5.854 | 8.957 | 16 b23 | -0.921 | 3.685 |
| 3 b2 | 0.058 | 0.245 | 10 b44 | 0.171 | 0.273 | 17 b24 | -0.738 | 2.950 |
| 4 b3 | 0.886 | 3.805 | 11 b55 | -0.964 | 1.535 | 18 b25 | -3.921 | 15.685 |
| 5 b4 | 2.029 | 8.610 | 12 b12 | 0.521 | 2.085 | 19 b34 | -2.938 | 11.750 |
| 6 b5 | 2.451 | 10.399 | 13 b13 | -1.338 | 5.427 | 20 b35 | -0.371 | 1.485 |
| 7 b11 | 7.410 | 10.087 | 14 b14 | -0.730 | 2.920 | 21 b45 | 1.313 | 5.250 |

Tabelul A.3.2. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 27.514 | 76.058 | 8 b34 | -2.938 | 11.750 |
| 2 b25 | -3.921 | 15.685 | 9 b33 | -5.990 | 9.470 |
| 3 b45 | 1.313 | 5.250 | 10 b24 | -0.738 | 2.950 |
| 4 b3 | 0.799 | 3.474 | 11 b15 | -2.796 | 11.185 |
| 5 b4 | 2.029 | 8.610 | 12 b23 | -0.921 | 3.685 |
| 6 b5 | 2.451 | 10.399 | 13 b13 | -1.241 | 5.099 |
| 7 b11 | 6.474 | 10.566 | 14 b14 | -0.730 | 2.920 |

Tabelul A.3.3. Calculele încercărilor la compresiune R_{comp}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 28.660 | 26.459 | 2.201 | 4.843 | 15 | 34.400 | 34.591 | -0.191 | 0.036 |
| 2 | 22.460 | 20.991 | 1.469 | 2.158 | 16 | 20.860 | 21.307 | -0.447 | 0.200 |
| 3 | 23.800 | 22.545 | 1.255 | 1.576 | 17 | 39.060 | 33.989 | 5.071 | 25.716 |
| 4 | 43.000 | 42.001 | 0.999 | 0.999 | 18 | 21.530 | 25.959 | -4.429 | 19.616 |
| 5 | 22.060 | 21.907 | 0.153 | 0.023 | 19 | 26.800 | 27.514 | -0.714 | 0.510 |
| 6 | 35.860 | 34.478 | 1.382 | 1.909 | 20 | 25.560 | 27.514 | -1.954 | 3.820 |
| 7 | 29.730 | 30.047 | -0.317 | 0.100 | 21 | 23.260 | 22.324 | 0.936 | 0.876 |
| 8 | 26.000 | 25.563 | 0.437 | 0.191 | 22 | 24.860 | 20.725 | 4.135 | 17.098 |
| 9 | 17.930 | 20.281 | -2.351 | 5.526 | 23 | 28.130 | 29.544 | -1.414 | 1.999 |
| 10 | 36.260 | 37.382 | -1.122 | 1.259 | 24 | 26.060 | 25.485 | 0.575 | 0.331 |
| 11 | 29.930 | 31.643 | -1.713 | 2.935 | 25 | 27.460 | 29.966 | -2.506 | 6.278 |
| 12 | 21.730 | 22.690 | -0.960 | 0.921 | 26 | 24.460 | 25.063 | -0.603 | 0.364 |
| 13 | 19.930 | 20.283 | -0.353 | 0.125 | 27 | 29.060 | 27.514 | 1.546 | 2.389 |
| 14 | 34.730 | 35.815 | -1.085 | 1.176 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 102.974 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13.

Incertitudinea experimentului – 2.1263.

Dispersia nepotrivirii – 7.9210.

Incertitudinea nepotrivirii – 2.8144.

Criteriul lui Fisher = 1.7520.

Criteriaul Fkr = 1.7520.

Kzm = 1.000 NSe = 2.126.

Ymin = 8.163 Ymax = 47.967

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | -0.371 | -1.000 |
| 2 | -1.000 | -1.000 |
| 3 | -1.000 | 0.003 |
| 4 | -1.000 | 1.000 |
| 5 | -1.000 | 1.000 |

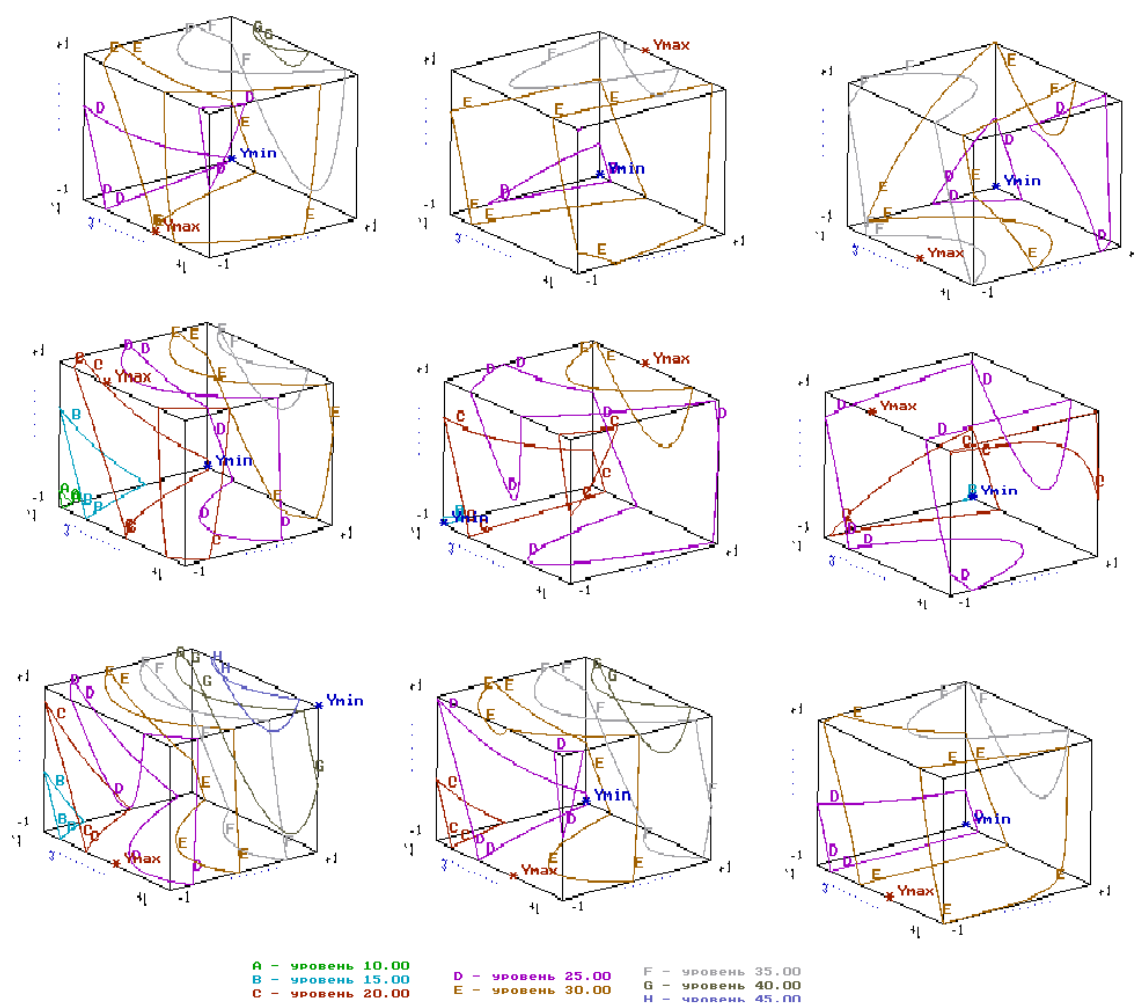


Figura A.3.1. Deplasarea cubului pe pătrat R_{comp} pentru 21 zile

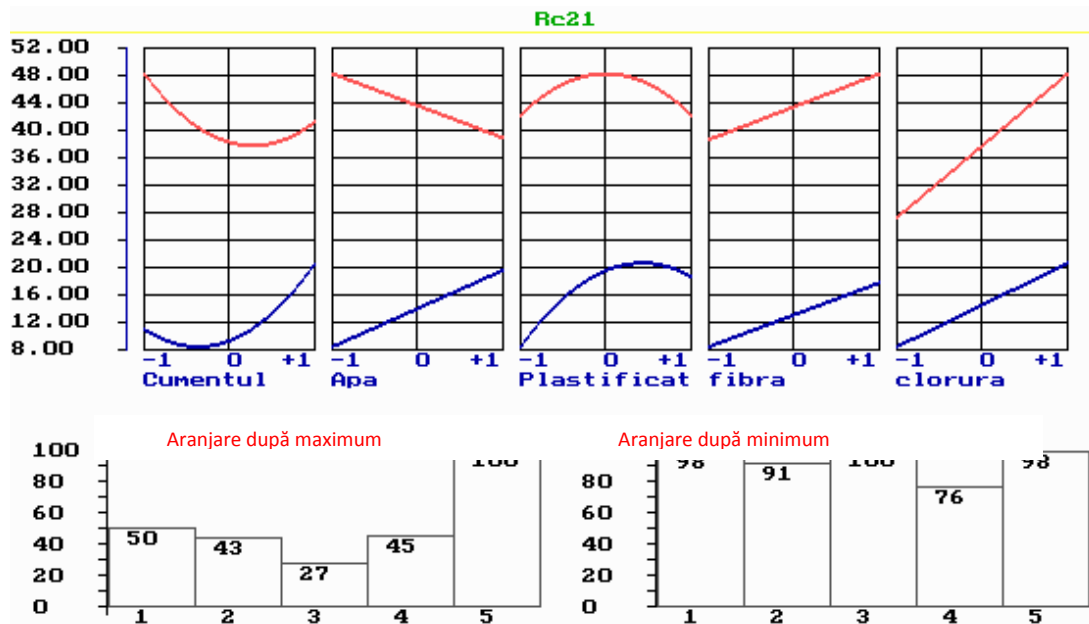


Figura A.3.2. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{comp} pentru 21 zile

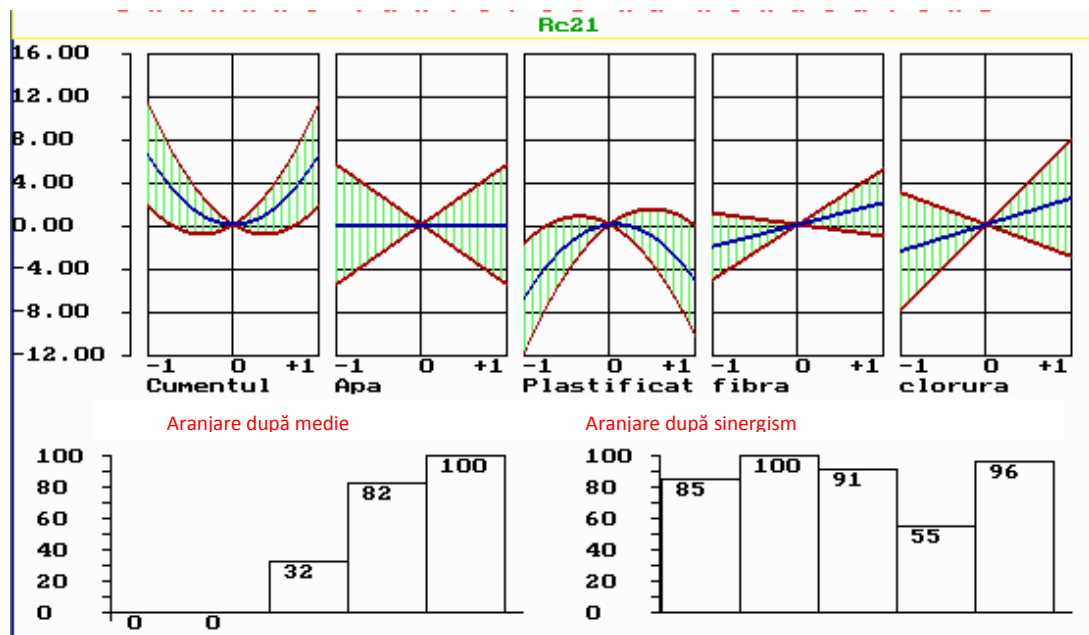


Figura A.3.3. Influența factorilor asupra R_{comp} pentru 21 zile

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

Pentru R_{inc} 21 zile:

Nivelul de risc = 0.200;

Criteriul Student= 1.282;

Incertitudinea experimentului (T_s)_e = 5.059.

Tabelul A.3.4. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|---------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 72.787 | 188.355 | 8 b22 | -4.201 | 6.694 | 15 b15 | -1.563 | 6.250 |
| 2 b1 | 1.548 | 6.475 | 9 b33 | 0.064 | 0.098 | 16 b23 | 0.813 | 3.250 |
| 3 b2 | 2.278 | 9.664 | 10 b44 | 3.799 | 6.053 | 17 b24 | -0.813 | 3.250 |
| 4 b3 | -0.641 | 2.753 | 11 b55 | -3.701 | 5.897 | 18 b25 | -3.688 | 14.750 |
| 5 b4 | 2.722 | 11.549 | 12 b12 | -2.813 | 11.250 | 19 b34 | -4.563 | 18.250 |
| 6 b5 | 3.000 | 12.728 | 13 b13 | 0.158 | 0.642 | 20 b35 | -0.188 | 0.750 |
| 7 b11 | 1.367 | 1.861 | 14 b14 | -0.688 | 2.750 | 21 b45 | 0.438 | 1.750 |

Tabelul A.3.5. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|---------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 73.037 | 200.819 | 7 b34 | -4.563 | 18.250 |
| 2 b1 | 1.500 | 6.364 | 8 b22 | -3.833 | 6.414 |
| 3 b2 | 2.278 | 9.664 | 9 b25 | -3.688 | 14.750 |
| 4 b15 | -1.563 | 6.250 | 10 b44 | 4.167 | 6.972 |
| 5 b4 | 2.722 | 11.549 | 11 b55 | -3.333 | 5.578 |
| 6 b5 | 3.000 | 12.728 | 12 b12 | -2.813 | 11.250 |

Tabelul A.3.6. Calculele încercărilor la compresiune R_{inc}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 67.000 | 64.412 | 2.588 | 6.698 | 15 | 76.000 | 75.093 | 0.907 | 0.823 |
| 2 | 66.000 | 62.481 | 3.519 | 12.380 | 16 | 67.000 | 66.912 | 0.088 | 0.008 |
| 3 | 53.000 | 57.037 | -4.037 | 16.298 | 17 | 81.000 | 74.537 | 6.463 | 41.770 |
| 4 | 71.000 | 69.856 | 1.144 | 1.308 | 18 | 65.000 | 71.537 | -6.537 | 42.733 |
| 5 | 67.000 | 65.468 | 1.532 | 2.348 | 19 | 67.000 | 71.481 | -4.481 | 20.084 |
| 6 | 86.000 | 81.787 | 4.213 | 17.749 | 20 | 67.000 | 66.926 | 0.074 | 0.005 |
| 7 | 77.000 | 76.343 | 0.657 | 0.432 | 21 | 75.000 | 73.037 | 1.963 | 3.853 |
| 8 | 70.000 | 70.912 | -0.912 | 0.832 | 22 | 76.000 | 73.037 | 2.963 | 8.779 |
| 9 | 59.000 | 59.662 | -0.662 | 0.438 | 23 | 76.000 | 79.926 | -3.926 | 15.413 |
| 10 | 87.000 | 84.481 | 2.519 | 6.343 | 24 | 74.000 | 74.481 | -0.481 | 0.232 |
| 11 | 77.000 | 79.037 | -2.037 | 4.150 | 25 | 62.000 | 72.704 | - | 114.569 |
| | | | | | | | | 10.704 | |
| 12 | 62.000 | 65.106 | -3.106 | 9.650 | 26 | 73.000 | 66.704 | 6.296 | 39.643 |
| 13 | 63.000 | 61.468 | 1.532 | 2.348 | 27 | 77.000 | 73.037 | 3.963 | 15.705 |
| 14 | 77.000 | 80.537 | -3.537 | 12.511 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 397.102 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 15.

Incertitudinea experimentului – 3.9462.

Dispersia nepotrivirii – 26.4735.

Incertitudinea nepotrivirii – 5.1452.

Criteriul lui Fisher = 1.7000.

Criteriul Fkr = 1.7000.

Kzm = 1.000 NSe = 3.946.

Ymin = 47.851 Ymax = 86.299

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | -1.000 | 1.000 |
| 2 | -1.000 | -0.235 |
| 3 | -1.000 | -1.000 |
| 4 | -0.874 | 1.000 |
| 5 | -1.000 | 0.348 |

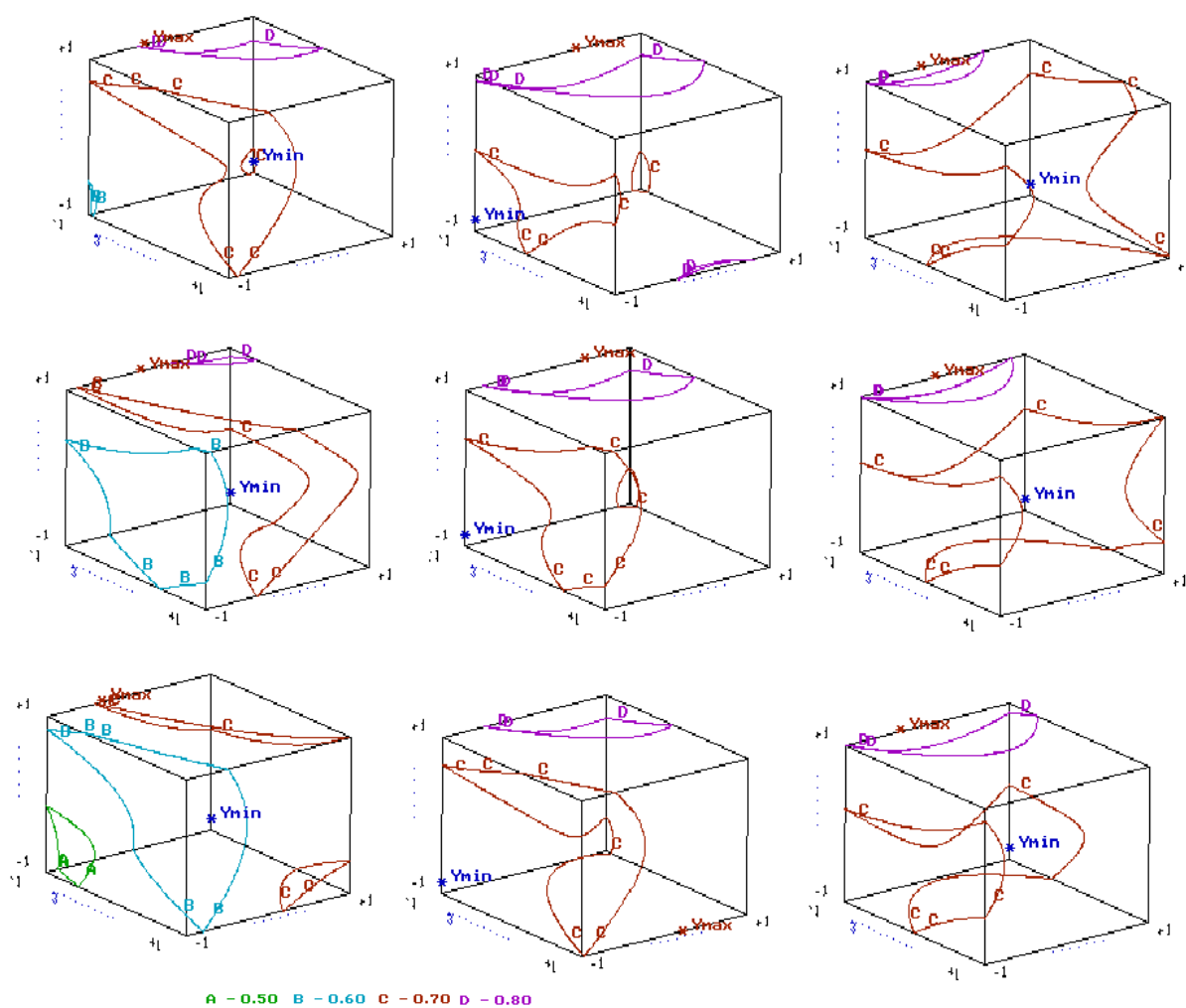


Figura A.3.4. Deplasarea cubului pe pătrat R_{inc} pentru 21 zile

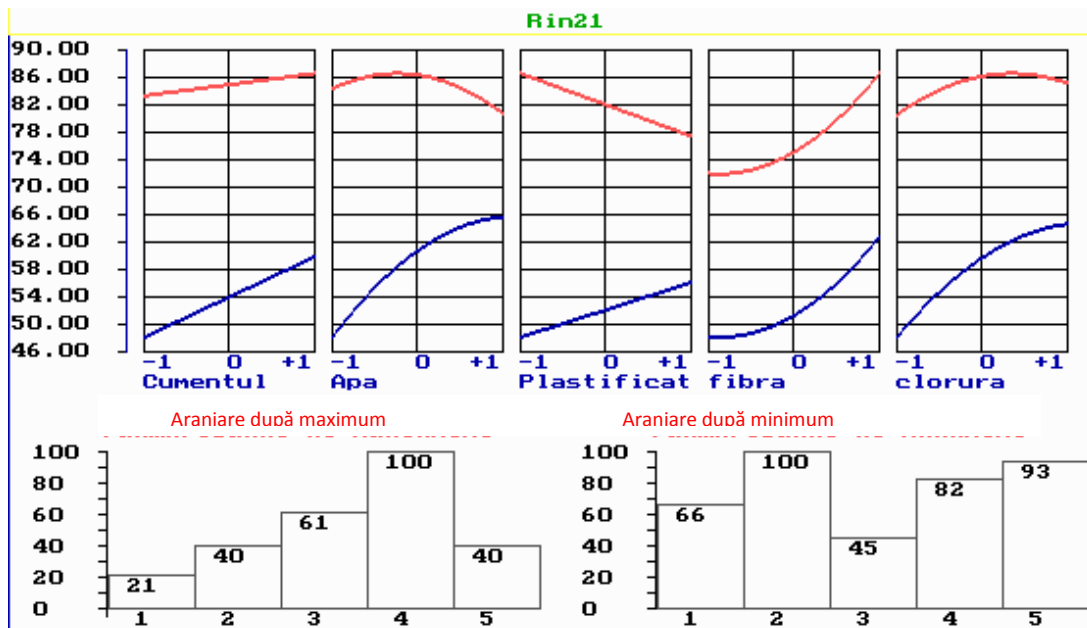


Figura A.3.5. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{inc} pentru 21 zile

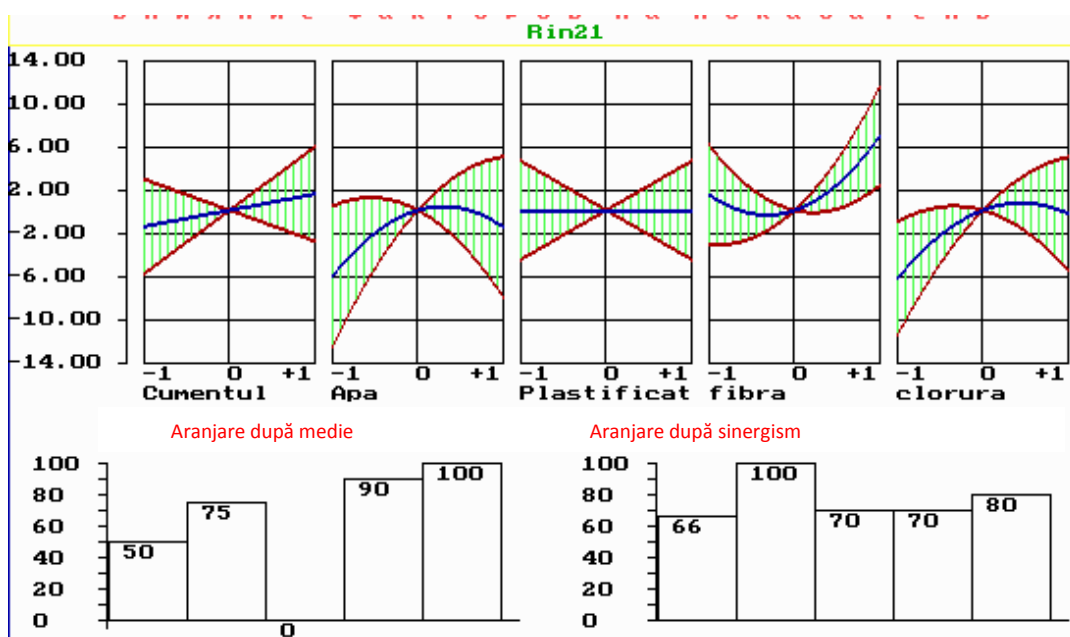


Figura A.3.6. Influența factorilor asupra R_{inc} pentru 21 zile

$$\begin{aligned}
 R_{inc.21} = & 0.730 + 0.015x_1 \pm 0x_1^2 - 0.028x_1x_2 \pm 0x_1x_3 \pm 0x_1x_4 - 0.016x_1x_5 \\
 & + 0.023x_2 - 0.038x_2^2 \pm 0x_2x_3 \pm 0x_2x_4 - 0.037x_2x_5 \\
 & \pm 0x_3 \pm 0x_3^2 - 0.046x_3x_4 \pm 0x_3x_5 \\
 & + 0.027x_4 + 0.042x_4^2 \pm 0x_4x_5 \\
 & + 0.030x_5 - 0.033x_5^2
 \end{aligned}$$

Anexa 4. Rezultatele încercărilor la compresiune R_{comp} și încovoiere R_{inc} pentru 28 zile

Pentru R_{comp} 28 zile:

Nivelul de risc = 0.200,

Criteriul lui Student = 1.282,

Incertitudinea experimentului (T_s)_e = 2.923.

Tabelul A.4.1. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|-------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 29.321 | 75.877 | 8 b22 | 1.162 | 1.852 | 15 b15 | -2.441 | 9.763 |
| 2 b1 | 0.736 | 3.078 | 9 b33 | -6.423 | 9.828 | 16 b23 | -0.901 | 3.603 |
| 3 b2 | -1.371 | 5.817 | 10 b44 | 1.827 | 2.912 | 17 b24 | 0.167 | 0.668 |
| 4 b3 | 0.651 | 2.796 | 11 b55 | 1.797 | 2.864 | 18 b25 | -3.892 | 15.568 |
| 5 b4 | 1.172 | 4.971 | 12 b12 | -0.141 | 0.563 | 19 b34 | -2.624 | 10.498 |
| 6 b5 | 1.656 | 7.026 | 13 b13 | -1.220 | 4.951 | 20 b35 | -0.301 | 1.203 |
| 7 b11 | 3.609 | 4.913 | 14 b14 | -0.199 | 0.798 | 21 b45 | 0.499 | 1.998 |

Tabelul A.4.2. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 29.372 | 76.791 | 8 b25 | -3.892 | 15.568 |
| 2 b1 | 0.772 | 3.233 | 9 b33 | -6.372 | 9.786 |
| 3 b2 | -1.371 | 5.817 | 10 b44 | 2.269 | 3.765 |
| 4 b15 | -2.441 | 9.763 | 11 b55 | 2.239 | 3.715 |
| 5 b4 | 1.172 | 4.971 | 12 b23 | -0.901 | 3.603 |
| 6 b5 | 1.656 | 7.026 | 13 b13 | -1.269 | 5.160 |
| 7 b11 | 3.725 | 5.208 | 14 b34 | -2.624 | 10.498 |

Tabelul A.4.3. Calculele încercărilor la compresiune R_{comp}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 34.530 | 33.855 | 0.675 | 0.456 | 15 | 34.460 | 34.594 | -0.134 | 0.018 |
| 2 | 25.530 | 25.470 | 0.060 | 0.004 | 16 | 23.000 | 22.335 | 0.665 | 0.442 |
| 3 | 28.000 | 27.466 | 0.534 | 0.286 | 17 | 37.260 | 33.869 | 3.391 | 11.498 |
| 4 | 42.000 | 40.537 | 1.463 | 2.139 | 18 | 19.330 | 24.683 | -5.353 | 28.659 |
| 5 | 24.660 | 24.720 | -0.060 | 0.004 | 19 | 29.860 | 28.001 | 1.859 | 3.456 |
| 6 | 35.460 | 32.722 | 2.738 | 7.495 | 20 | 30.130 | 30.743 | -0.613 | 0.376 |
| 7 | 30.460 | 31.116 | -0.656 | 0.430 | 21 | 27.060 | 23.000 | 4.060 | 16.487 |
| 8 | 28.400 | 27.800 | 0.600 | 0.359 | 22 | 22.330 | 23.000 | -0.670 | 0.448 |
| 9 | 26.060 | 26.841 | -0.781 | 0.610 | 23 | 29.060 | 32.813 | -3.753 | 14.084 |
| 10 | 41.200 | 40.648 | 0.552 | 0.305 | 24 | 32.260 | 30.470 | 1.790 | 3.206 |
| 11 | 37.530 | 37.568 | -0.038 | 0.001 | 25 | 29.200 | 33.267 | -4.067 | 16.543 |
| 12 | 28.200 | 28.448 | -0.248 | 0.061 | 26 | 32.060 | 29.955 | 2.105 | 4.431 |
| 13 | 23.000 | 24.331 | -1.331 | 1.772 | 27 | 28.660 | 29.372 | -0.712 | 0.507 |
| 14 | 39.200 | 41.276 | -2.076 | 4.310 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 118.387 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 13.

Incertitudinea experimentului – 2.2799.

Dispersia nepotrivirii – 9.1067.

Incertitudinea nepotrivirii – 3.0177.

Criteriul lui Fisher = 1.7520.

Criteriul Fkr = 1.7520.

Kzm = 1.000 NSe = 2.280.

Ymin = 17.226 Ymax = 47.366

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | -0.603 | -1.000 |
| 2 | -1.000 | -1.000 |
| 3 | -1.000 | -0.025 |
| 4 | -0.836 | 1.000 |
| 5 | -1.000 | 1.000 |

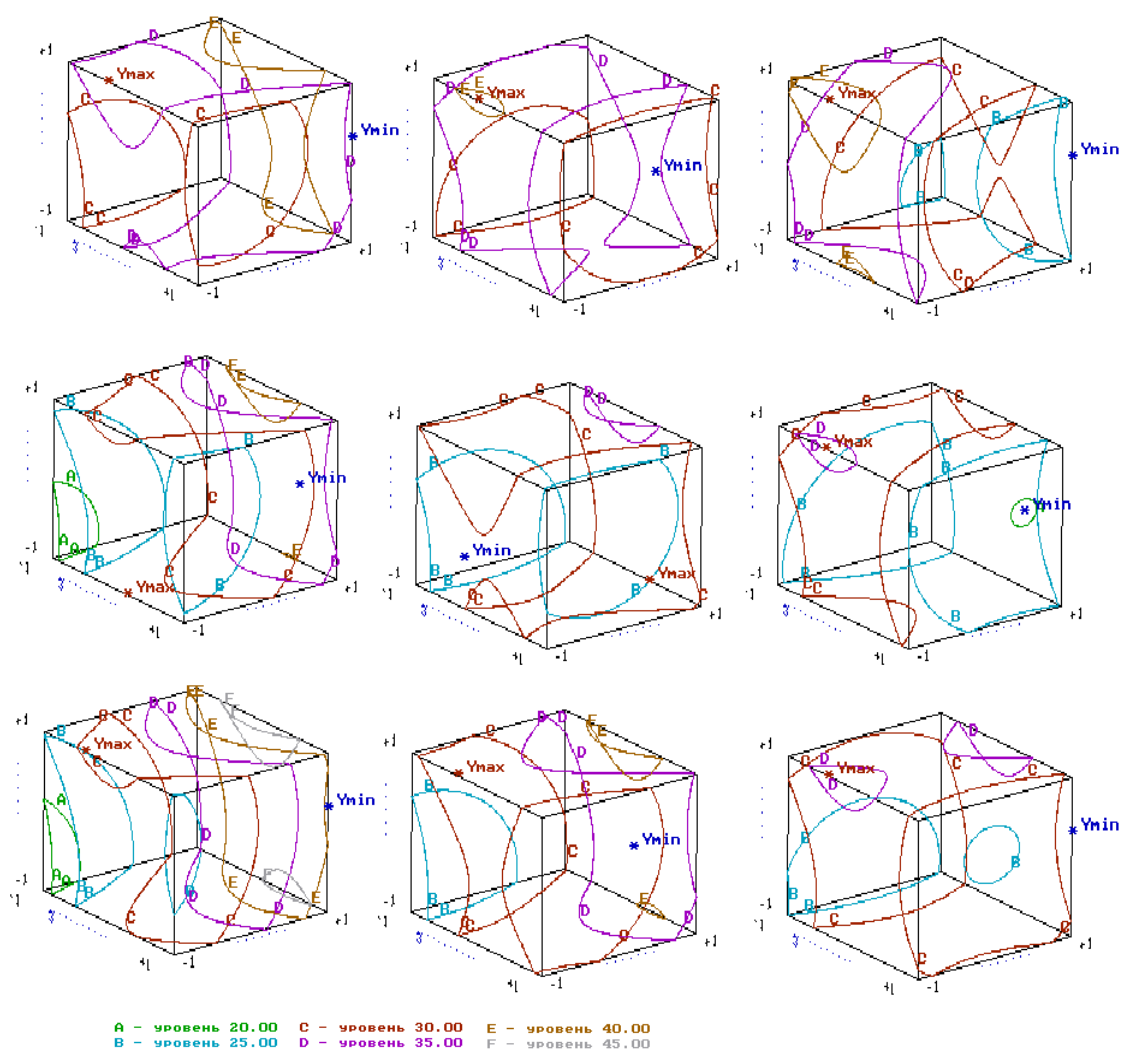


Figura A.4.1. Deplasarea cubului pe pătrat R_{comp} pentru 28 zile

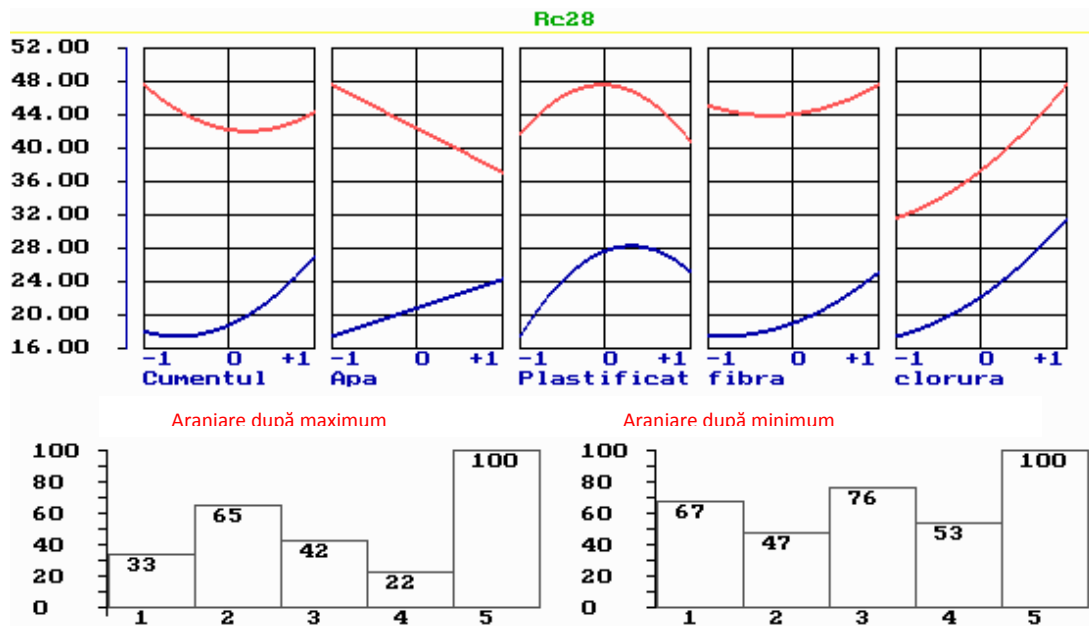


Figura A.4.2. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{comp} pentru 28 zile

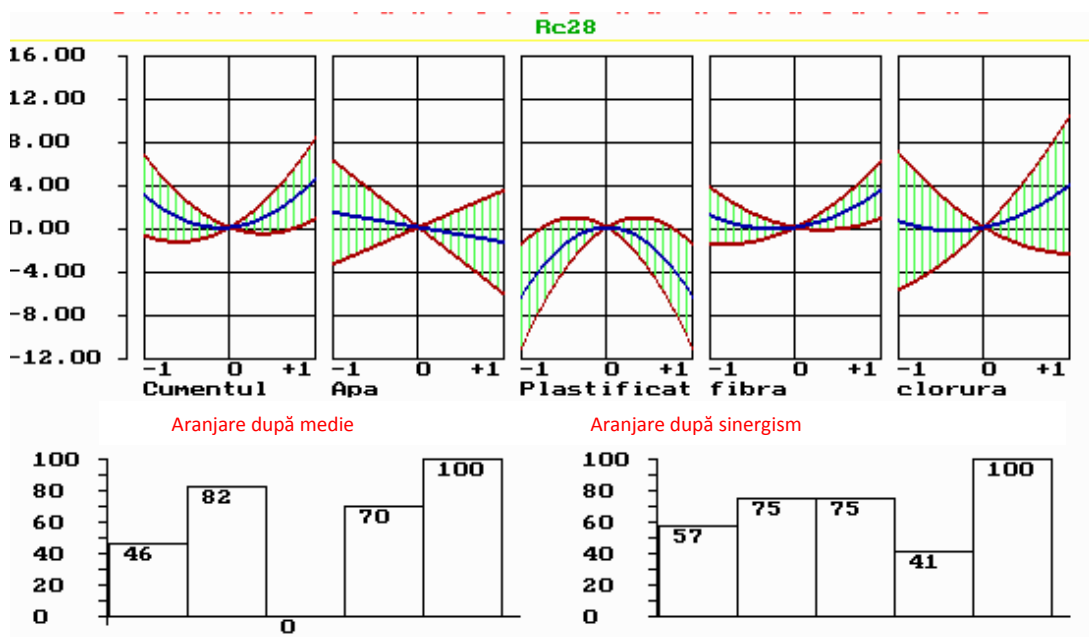


Figura A.4.3. Influența factorilor asupra R_{comp} pentru 28 zile

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

Pentru R_{inc} 28 zile:

Nivelul de risc = 0.200;

Criteriul Student= 1.282;

Incertitudinea experimentului (Ts)e = 5.338.

Tabelul A.4.4. Coeficienții de regresie

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|---------|--------|-------------|-------|--------|-------------|--------|
| 1 b0 | 73.878 | 191.179 | 8 b22 | -4.406 | 7.020 | 15 b15 | -3.375 | 13.500 |
| 2 b1 | 0.773 | 3.233 | 9 b33 | 0.267 | 0.408 | 16 b23 | -0.500 | 2.000 |
| 3 b2 | 0.222 | 0.943 | 10 b44 | -0.406 | 0.646 | 17 b24 | -1.250 | 5.000 |
| 4 b3 | -0.186 | 0.798 | 11 b55 | 1.094 | 1.744 | 18 b25 | -6.375 | 25.500 |
| 5 b4 | 4.556 | 19.328 | 12 b12 | -1.750 | 7.000 | 19 b34 | -3.000 | 12.000 |
| 6 b5 | 2.944 | 12.492 | 13 b13 | -0.541 | 2.195 | 20 b35 | -0.125 | 0.500 |
| 7 b11 | 0.638 | 0.869 | 14 b14 | -2.000 | 8.000 | 21 b45 | 0.125 | 0.500 |

Tabelul A.4.5. Coeficienții de regresie cu influență majoră asupra materialului compozit

| Nr. | Coeficienți | Ts | Nr. | Coeficienți | Ts |
|-------|-------------|---------|-------|-------------|--------|
| 1 b0 | 74.222 | 222.667 | 6 b5 | 2.944 | 12.492 |
| 2 b12 | -1.750 | 7.000 | 7 b15 | -3.375 | 13.500 |
| 3 b14 | -2.000 | 8.000 | 8 b22 | -3.333 | 8.165 |
| 4 b25 | -6.375 | 25.500 | 9 b34 | -3.000 | 12.000 |
| 5 b4 | 4.556 | 19.328 | | | |

Tabelul A.4.6. Calculele încercărilor la încovoiere R_{inc}

| Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 | Nr. | YE | Y | DELTA | DELTA**2 |
|------|--------|--------|--------|----------|-----|--------|--------|---------|----------|
| 1 | 72.000 | 72.278 | -0.278 | 0.077 | 15 | 76.000 | 76.389 | -0.389 | 0.151 |
| 2 | 66.000 | 66.000 | 0.000 | 0.000 | 16 | 62.000 | 61.889 | 0.111 | 0.012 |
| 3 | 50.000 | 52.889 | -2.889 | 8.346 | 17 | 81.000 | 74.222 | 6.778 | 45.938 |
| 4 | 88.000 | 85.389 | 2.611 | 6.818 | 18 | 65.000 | 74.222 | -9.222 | 85.049 |
| 5 | 65.000 | 63.139 | 1.861 | 3.464 | 19 | 65.000 | 70.889 | -5.889 | 34.679 |
| 6 | 85.000 | 82.139 | 2.861 | 8.186 | 20 | 71.000 | 70.889 | 0.111 | 0.012 |
| 7 | 71.000 | 69.028 | 1.972 | 3.890 | 21 | 76.000 | 74.222 | 1.778 | 3.160 |
| 8 | 74.000 | 76.250 | -2.250 | 5.062 | 22 | 78.000 | 74.222 | 3.778 | 14.272 |
| 9 | 58.000 | 61.139 | -3.139 | 9.853 | 23 | 74.000 | 78.778 | -4.778 | 22.827 |
| 10 | 87.000 | 84.139 | 2.861 | 8.186 | 24 | 70.000 | 69.667 | 0.333 | 0.111 |
| 11 | 78.000 | 79.028 | -1.028 | 1.056 | 25 | 66.000 | 77.167 | -11.167 | 124.694 |
| 12 | 66.000 | 66.250 | -0.250 | 0.062 | 26 | 81.000 | 71.278 | 9.722 | 94.522 |
| 13 | 61.000 | 56.778 | 4.222 | 17.827 | 27 | 77.000 | 74.222 | 2.778 | 7.716 |
| 14 | 81.000 | 81.500 | -0.500 | 0.250 | | | | | |
| Suma | | | | | | | | 0.000 | 506.222 |

Numărul de nivele de independență a experimentului – 18.

Incertitudinea experimentului – 4.1640.

Dispersia nepotrivirii – 28.1235.

Incertitudinea nepotrivirii – 5.3032.

Criteriul lui Fisher = 1.6220.

Criteriul Fkr = 1.6220.

Kzm = 1.000 NSe = 4.164.

Ymin = 46.905 Ymax = 91.697

| Nr. | Xmin | Xmax |
|-----|--------|--------|
| 1 | -1.000 | -1.000 |
| 2 | -1.000 | -0.697 |
| 3 | -1.000 | -1.000 |
| 4 | -1.000 | 1.000 |
| 5 | -1.000 | 1.000 |

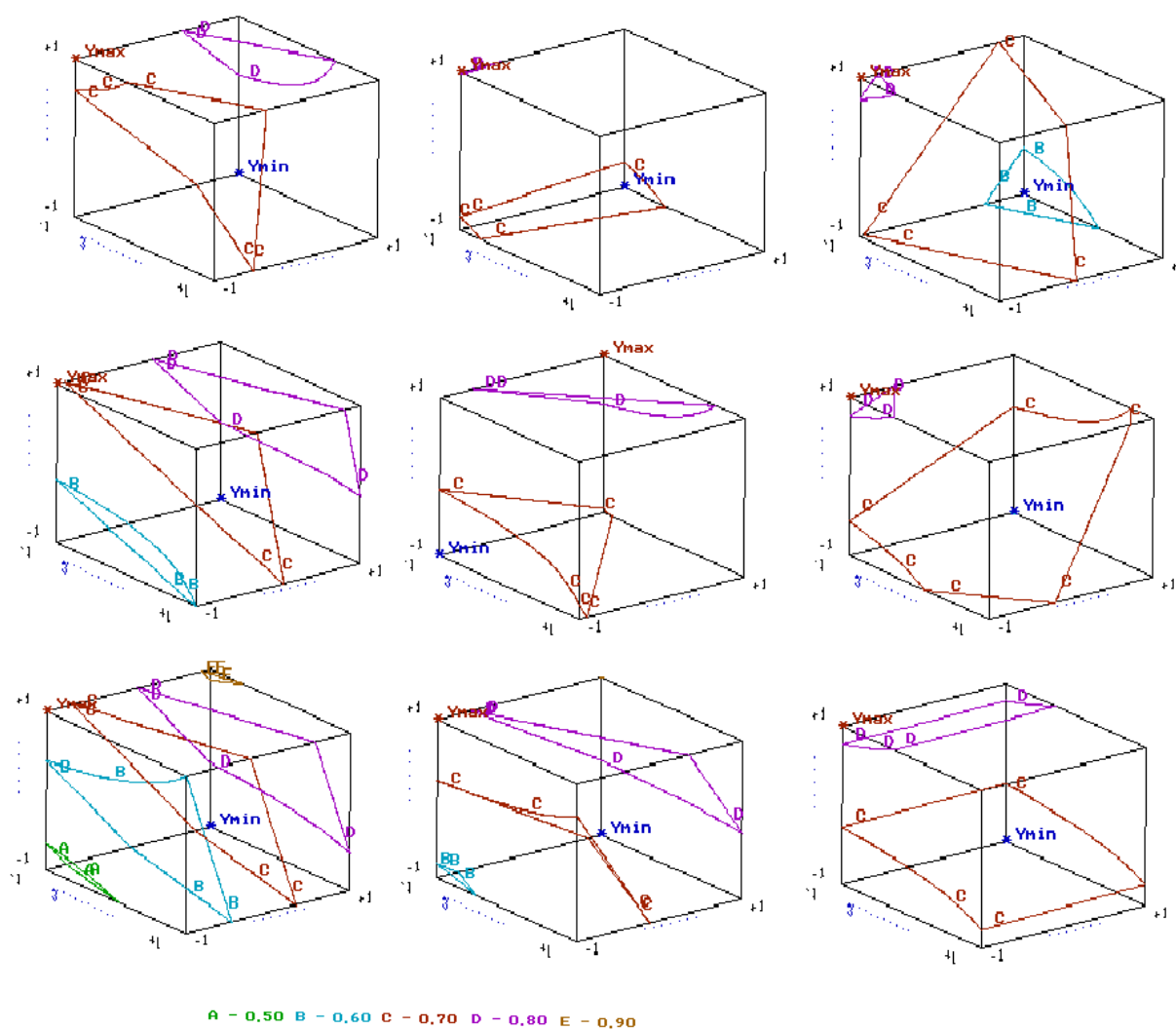


Figura A.4.4. Deplasarea cubului pe pătrat R_{inc} pentru 28 zile

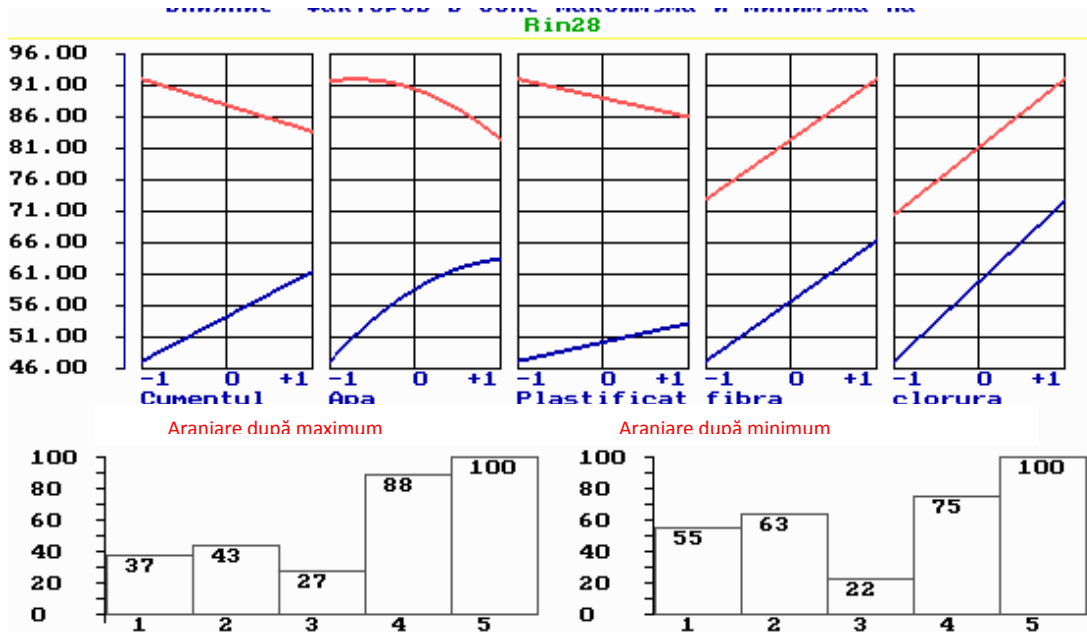


Figura A.4.5. Influența factorilor în zonele de maximum și de minimum asupra R_{inc} pentru 28 zile

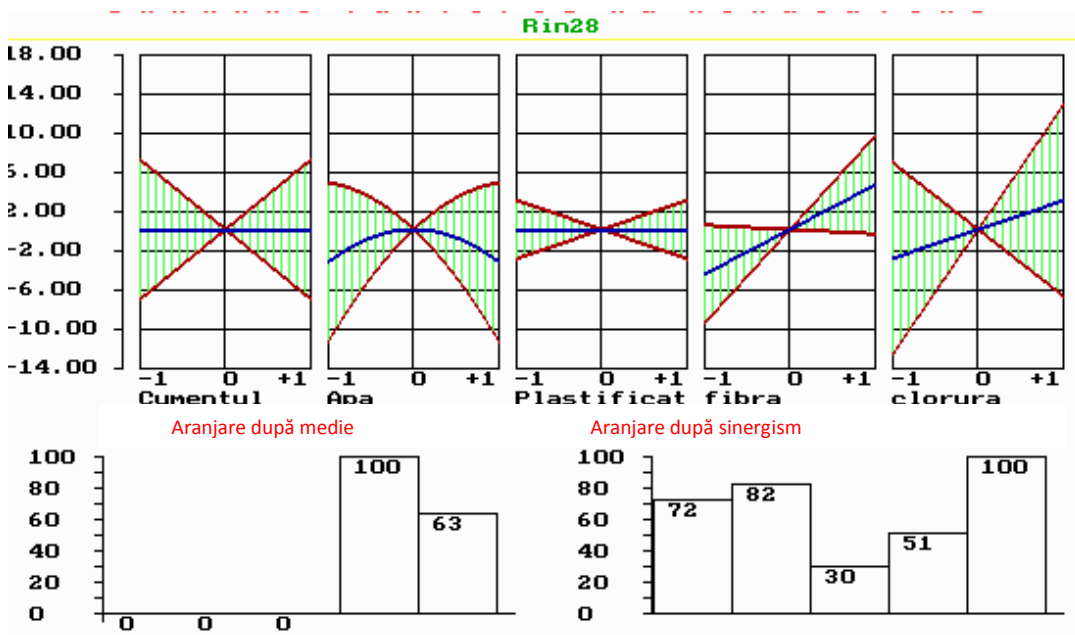



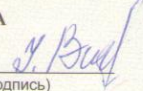


Figura A.4.6. Influența factorilor asupra R_{inc} pentru 28 zile

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

Anexa 5. Proprietățile organoleptice ale materialului compozit și acoperirii polimerice

A fost obținut avizul sanitar al CNȘP al Ministerului Sănătății Nr. 2864 din 25.09.2014 al materialului compozit pentru hidroizolare și reparații.

| | | |
|---|---|---|
| MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ SERVICIUL DE SUPRAVEGHERE DE STAT A SĂNĂTĂȚII PUBLICE СЛУЖБА ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА ЗА ОБЩЕСТВЕННЫМ ЗДОРОВЬЕМ CENTRUL NAȚIONAL DE SĂNĂTATE PUBLICĂ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ 2028, Chișinău, ул. Г. Асаки 67 а Тел. +373 22 574501, Факс +373 22 729725 IDNO 1007601001123 e-mail: cnsp@cnsp.md; anticamera@cnsp.md |  | DOCUMENTAȚIE MEDICALĂ / Медицинская документация FORMULAR / Форма Nr. 303-2/e APROBAT DE MSALRM / Утверждена МЗ РМ 31.10.11 Nr. 828 Centrul de încercări de laborator acreditat în Sistemul Național de Acreditare în Domeniul Evaluării Conformității Produselor Certificat nr. SNA MD CAECP L1 01 078 din 17.02.2010 Испытательный лабораторный Центр, аккредитованный в Национальной Системе Аккредитации в области оценки соответствия продукции Сертификат № SNA MD CAECP L1 01 078 от 17.02.2010 года |
| AVIZ SANITAR PENTRU PRODUSELE ALIMENTARE ȘI NEALIMENTARE Nr. 2864 <i>Санитарное заключение для пищевых и непищевых продуктов</i> din/om "25" septembrie 2014 | | |
| <p>Prin prezentul aviz sanitar se confirmă că producerea, importul, utilizarea și desfacerea produselor Настоящим санитарным заключением подтверждается, что производство, ввоз, использование и реализация продукции, <u>Material compozit pentru hidroizolarea și protecția suprafețelor interioare a rezervoarelor</u> <u>din beton armat, destinate depozitării apei potabile</u> sunt conforme Regulamentului (lor) sanitar (e) / соответствуют санитарному (ым) регламенту (ам) (se va indica denumirea completă a Regulamentului (lor) sanitar (e) / указать полное наименование санитарного (ых) регламента (ов)) <u>IM 2158-80, HG nr.226 din 29.02.08 „RT cu privire la produsele pentru construcții”</u>, <u>HG nr.308 din 29.04.2011</u></p> | | |
| <p>Organizația-producătoare/Importatoare, țara de origine / Организация произв./импортер, страна происхождения <u>Republica Moldova, UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI,</u> <u>catedra „Tehnologia Materialelor și Elementelor de Construcții”</u></p> | | |
| <p>Destinatarul avizului sanitar / Получатель санитарного заключения <u>UTM, catedra „Tehnologia Materialelor și Elementelor de Construcții”, Moldova, Chișinău, bd.Dacia 39</u></p> | | |
| <p>Ca temei pentru recunoașterea conformității produselor Regulamentului (lor) sanitar (e) menționat (e) au servit / Основанием для признания продукции указанному (ым) санитарному (ым) регламентом (ам) / послужило <u>Demers, compoziție, raport a încercărilor de laborator nr.4425 din 24.09.2014</u></p> | | |
| <p>(a enumera documentele de însoțire, buletinele de analiză/перечислить сопроводительные док., протоколы исслед.) Caracteristica sanitară a produselor / санитарная характеристика продукции: Parametrii (factorii) / показатели (факторы) Normativul sanitar / санитарный норматив <u>conform raportului încercărilor de laborator nr.4425 din 24.09.2014</u></p> | | |
| <p>Domeniul de utilizare / Область применения: <u>depozitarea apei potabile</u></p> | | |
| <p>Condițiile necesare de utilizare, depozitare, transportare, măsurile de securitate / Необходимые условия использования, хранения, транспортировки, меры безопасности: <u>importul, plasarea pe piață în condițiile respectării legislației în vigoare în Republica Moldova</u></p> | | |
| <p>AVIZUL SANITAR este valabil până la / Санитарное Заключение действительно до: <u>30 septembrie 2017</u></p> | | |
|  ADJUNCTUL MEDICULUI ȘEF SANITAR DE STAT AL REPUBLICII MOLDOVA ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО ВРАЧА РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА Ion BAHNAREL (numele, prenumele / Ф.И.О.) L.Ș. CNSP/ИЦОЗ SP 10XVI25 |  |  (semnătura / подпись) SSSSP /СГНОЗ 0035341 03 |

Anexa 6. Valoarea practică

Au fost elaborate:

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

REPUBLICA



MOLDOVA

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII

PROTECȚIA CONTRA ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT

**INSTRUCȚIUNI PRIVIND EXECUTAREA
HIDROIZOLĂRII ȘI PROTECȚIEI ANTICOROSIVE
CU LACURI ȘI VOPSELE A SUPRAFEȚELEOR
INTERIOARE DIN BETON ALE REZERVOARELOR
DE APE POTABILĂ ȘI INDUSTRIALĂ**

CP E.04.01 – 2001

EDIȚIE OFICIALĂ

**MINISTERUL ECOLOGIEI, CONSTRUCȚIILOR ȘI DEZVOLTĂRII
TERITORIULUI AL REPUBLICII MOLDOVA**

Действительность неизвестна

Digitally signed by Pantaz Gheorghe
Date: 2012.12.04 11:57:16 +02:00
Reason: validate document
Location: www.cts.md



CHIȘINĂU 2001

ICS 91.120.10

ELABORAT de Institutul de Cercetări Științifice în Construcții „**INCERCOM**” Î.S.

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** – colaborator științific superior
Ing. **E. Proaspăt** - specialist principal

ACCEPTAT de Comitetul Tehnic **CT-C E.04** „**PROTECȚIA CONTRA ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT**”

Președinte:

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** Universitatea Tehnică a Moldovei

Secretar:

Ing. **E. Proaspăt** „INMACOMPROIECT” S.A.

Membri:

Dr. ing. **R. Scamina** „INCERCOM” I.S.

Ing. **T. Danilenco** „MACON” S.A.

Ing. **P. Eremeev** Ministerul Ecologiei, Construcțiilor și
Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova

APROBAT

de Ministrul Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării
Teritoriului al Republicii Moldova prin ordinul nr. 146 din
10.12.2001, cu aplicare din

© MECDT 2007

Reproducerea sau utilizarea integrală sau parțială a prezentului normativ în orice publicații și prin orice procedeu (electronic, mecanic, fotocopiere, microfilmare etc.) este interzisă dacă nu există acordul scris al ONC.

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

REPUBLICA MOLDOVA

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII

PROTECȚIA CONTRA ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT

PROTECȚIA ANTICOROSIVĂ A CONSTRUCȚIILOR ȘI
INSTALAȚIILOR

CP E.04.03-2005

EDIȚIE OFICIALĂ

DEPARTAMENTUL CONSTRUCȚILOR ȘI DEZVOLTĂRII TERITORIULUI AL
REPUBLICII MOLDOVA

Действительность неизвестна

Digitally signed by Pantaz Gheorghe
Date: 2012.12.04 12:06:27 +02:00
Reason: validate document
Location: www.cts.md



2005

ELABORAT de Institutul de Cercetări Științifice în Construcții
"INCERCOM" Î.S.

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** - colaborator științific superior
Ing. **E. Proaspăt** - specialist principal
Ing. **A. Tverdohleb** - specialist principal

ACCEPTAT de Comitetul Tehnic **CT-C E.04** "PROTECȚIA CONTRA
ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT"

Președinte:

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** - Universitatea Tehnică a Moldovei

Secretar:

Ing. **E. Proaspăt** - "INMACOMPROIECT" S.A.

Membri:

Dr. ing. **R. Scamina** - "INCERCOM" Î.S.

Ing. **T. Danilenco** - "MACON" S.A.

Ing. **P. Eremeev** - Ministerul Ecologiei, Construcțiilor și
Dezvoltării Teritoriului al Republicii
Moldova

APROBAT de Ministrul ecologiei, construcțiilor și dezvoltării teritoriului al
Republicii Moldova prin ordinul nr. 7 din 6 ianuarie 2005, cu aplicare din 1
februarie 2005.

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

REPUBLICA MOLDOVA

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII

PROTECȚIA CONTRA ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT

**EXECUTAREA LUCRĂRILOR DE IZOLARE, PROTECȚIE
ȘI FINISARE ÎN CONSTRUCȚII**

CP E.04.04-2005

EDIȚIE OFICIALĂ

**DEPARTAMENTUL CONSTRUCȚIILOR ȘI DEZVOLTĂRII TERITORIULUI AL
REPUBLICII MOLDOVA**

CHIȘINĂU 2005

ELABORAT de Institutul de Cercetări Științifice în Construcții
"INCERCOM" Î.S.

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** - colaborator științific superior
Ing. **E. Proaspăt** - specialist principal
Ing. **P. Arnăut** - specialist principal

ACCEPTAT de Comitetul Tehnic **CT-C E.04** "PROTECȚIA CONTRA
ACȚIUNILOR MEDIULUI AMBIANT"

Președinte:

Conferențiar, dr. ing. **I. Rusu** - Universitatea Tehnică a Moldovei

Secretar:

Ing. **E. Proaspăt** - "INMACOMPROIECT" S.A.

Membri:

Dr. ing. **R. Scamina** - "INCERCOM" Î.S.

Ing. **T. Danilenco** - "MACON" S.A.

Ing. **P. Eremeev** - Ministerul Ecologiei, Construcțiilor și
Dezvoltării Teritoriului al Republicii
Moldova

APROBAT de Ministrul ecologiei, construcțiilor și dezvoltării teritoriului al
Republicii Moldova prin ordinul nr. 9 din 10 ianuarie 2005, cu aplicare din 1
februarie 2005.

A fost aprobat 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

MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI CONSTRUCȚIILOR
AL REPUBLICII MOLDOVA
COMISIA DE AGREMENT TEHNIC ÎN CONSTRUCȚII



Nr.14/2 din 22 octombrie 2014

Universitatea Tehnică a Moldovei,
mun. Chișinău

Urmare cererii Dvs. de acord tehnic nr.46 din 08.07.2014 pentru „**Material compozit pentru hidroizolare și reparații**”, Vă transmitem acordul Comisiei și, în original, Acordul tehnic **nr.02/04-046:2014, cu valabilitatea pînă la 30.09.2017**, elaborat de S.A. "INMACOMPROIECT".

Viceministru,
Președintele Comisiei



Anatolie ZOLOTCOV

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctor sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Proaspăt Eduard

Data: 27.04.2017



Curriculum vitae
Europass
Informații personale

| | |
|--|--|
| Nume / Prenume | Proaspăt Eduard Virgiliu |
| Adresă(e) | Str. Luceafărul, 12, com. Ciorescu, sector Rîșcani, Chișinău, cod poștal MD- 2089, Republica Moldova |
| Telefon(oane) | Mobil: (+373) 79510164 ; +373 22 522086 |
| Fax(uri) | +373 22 521130 |
| E-mail(uri) | eproaspat@gmail.com |
| Naționalitate(-tăți) | Moldovean |
| Data nașterii | 27.10.1969 |
| Sex | Masculin |
| Locul de muncă vizat / Domeniul ocupațional | Universitatea Tehnică a Moldovei |
| Experiența profesională | |
| Perioada | 01.08.1995 – prezent |
| Funcția sau postul ocupat | Lector universitar |
| Activități și responsabilități principale | Crearea și formarea tinerilor specialiști în domeniul Ingineria Materialelor și Articolelor de construcții, Tehnologia Produselor din ceramică și sticlă |
| Numele și adresa angajatorului | Universitatea Tehnică a Moldovei, Bd. Ștefan cel Mare, 168, MD-2004, Chișinău, Republica Moldova; Facultatea Urbanism și Arhitectură, Departamentul DMMC, bd. Dacia 39, sectorul Botanica. |
| Tipul activității sau sectorul de activitate | Educație |
| Perioada | 09.03.2001 – prezent (cumul) |
| Funcția sau postul ocupat | șef sector Laboratorul încercări construcții din b. armat și elaborări noi tehnologii |
| Activități și responsabilități principale | Încercări nedistructive, expertize materiale de construcții, Acorduri tehnice |
| Numele și adresa angajatorului | Institutul de Cercetări Științifice și Proiectare în domeniul materialelor de construcții „Inmacomproiect” S.R.L, str. Sarmizegetusa, 15, Chișinău, Republica Moldova |
| Tipul activității sau sectorul de activitate | Construcții |
| Perioada | 2011-prezent (cumul) |
| Funcția sau postul ocupat | Expert |
| Activități și responsabilități principale | Certificarea materialelor de construcții |
| Numele și adresa angajatorului | ”Certmatcon” S.R.L, str. Uzinelor, 9, Chișinău, Republica Moldova |
| Tipul activității sau sectorul de activitate | Certificare |
| Perioada | 2002-2011 (cumul) |
| Funcția sau postul ocupat | Expert |
| Activități și responsabilități principale | Certificarea materialelor de construcții |
| Numele și adresa angajatorului | Organismul Certificare produse din cadrul Institutului Național de Standardizare și metrologie, str. Coca, 28, Chișinău, Republica Moldova |
| Tipul activității sau sectorul de activitate | Certificare |
| Perioada | 1998-2009 (cumul) |
| Funcția sau postul ocupat | Profesor |
| Activități și responsabilități principale | Crearea și formarea tinerilor specialiști în domeniul Tehnologia materialelor și articolelor de construcții |
| Numele și adresa angajatorului | Colegiul de Construcții din Chișinău, sectorul Centru, Chișinău |
| Tipul activității sau sectorul de activitate | Educație |
| Educație și formare | |
| Perioada | octombrie 2013 |
| Calificarea / diploma obținută | Calificativul laborant atestat / legitimație |

| | |
|---|---|
| Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite | Legislația în construcții, tehnologii moderne în construcții |
| Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare | Institutul de Cercetări Științifice în Construcții "INCERCOM" Î.S. |
| Perioada | decembrie 2014 |
| Calificarea / diploma obținută | Calificativul de expert tehnic atestat / legitimație și ștampilă |
| Disciplinele principale studiate / competențe profesionale dobândite | |
| Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare | Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor |
| Perioada | 01.09.1990-30.06.1995 |
| Calificarea / diploma obținută | Inginer tehnolog-constructor |
| Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare | Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Urbanism și Arhitectură, bd-ul Dacia 39, sectorul Botanica, Chișinău |
| Aptitudini și competențe personale | |
| Limba(i) maternă(e) | Româna |
| Limba(i) străină(e) cunoscută(e) | Nivelul Stăpânire |
| Rusa | Nivelul Avansat |
| Franceza | Nivel de bază |
| Engleza | |
| Competențe și abilități sociale | Sociabil, spirit de echipă, comunicabil, sîrguincios, punctual |
| Competențe și aptitudini organizatorice | Experiență bună în conducerea și dirijarea echipei laboratorului |
| Competențe și aptitudini tehnice | Efectuarea expertizelor tehnice, inclusiv la nivel internațional |
| Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului | - cunoștințe soft: sisteme de operare (instalare, configurare, instalare drivere & soft, utilizare) - cunoștințe avansate MS Office (Word, Excel, Powerpoint) |
| Permis(e) de conducere | Categoria: B |
| Informații suplimentare | Serviciul militar, perioada 11.1987-11.1989 |
| Lucrări științifice | Articole în reviste de circulație internațională – 4 Articole în culegeri internaționale – 6 Articole în culegeri naționale – 7 |
| Alte lucrări publicate | Brevete de invenție – 1 Lucrări metodico-didactice – 9 Cod Practic – 3, Standard Moldovean – 4, Standard de firmă – 7, Agrement Tehnic – 45, Evaluări Tehnice - 14 |