



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Sporirea durabilității construcțiilor rutiere din beton armat  
parțial degradate**

**Student:**

**Odoenco Petru**

**Conducător:**

**Rusu Ion  
doctor habilitat  
profesor universitar**

**Chișinău, 2023**

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Urbanism și Arhitectură**  
**Departamentul „Ingineria Infrastructurii Transporturilor”**

**Admis la susținere**  
**Șef departament IIT:**  
**Eduard Proaspăt**  
**Conf.univ., doctor în științe tehnice**

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023

# **Sporirea durabilității construcțiilor rutiere din beton armat parțial degradate**

**Teză de master**

**Student:**

**Odovenco Petru**  
**St.gr.DMMC-211M**

**Îndrumător:**

**Rusu Ion**  
**doctor habilitat,**  
**profesor universitar**

**Chișinău, 2023**

## Rezumat

Durabilitatea este definită prin intervalul de timp în care construcția își păstrează toate caracteristicile funcționării ei normale. Această noțiune este strâns legată de alți termeni, cum ar fi siguranța și calitatea, termeni care cuprind aspecte foarte importante în practica construcțiilor. Astfel siguranța reprezintă ansamblul condițiilor necesare a fi îndeplinite la proiectarea și execuția unei construcții pentru ca aceasta să nu sufere avarii datorită diverselor acțiuni, iar calitatea reprezintă gradul de perfecțiune sau ceea ce se dorește să fie inclus în proiecte și să se realizeze prin construcție. Înțelegerea mecanismelor și a multor procese de degradare a betonului a stat la baza prevederilor cantitative de durată a vieții structurilor și componentelor din beton. Pe lângă real sau potențialul colaps structural, mulți alți factori pot governa durata de viață a unei structuri din beton armat. Durabilitatea este capacitatea de a menține funcționalitatea unui produs, componente, ansamblu sau construcție peste un timp specificat. Capacitatea de funcționare este privită ca capacitatea de cele de mai sus pentru a îndeplini funcția (funcțiile) pentru care sunt proiectate și construite.

Măsuri de protecție luate prin execuție există în prezent, sunt un număr mare de opțiuni pentru îmbunătățirea performanțelor de durabilitate, opțiuni care pot fi folosite singure sau în combinații. Adoptarea lor în diferite situații particulare depinde de câțiva factori care includ: ușurința de aplicare, eficiența în relație cu riscul de deteriorare care apare pe durata de viață a construcției, dacă sistemul poate fi aplicat retroactiv și de asemenea costul și ușurința realizării întreținerilor viitoare. În capitolul 3 sunt prezentate acoperirile și căptușirile de protecție a suprafeței betonului, soluție care poate fi aplicată de la început în execuția construcțiilor noi sau în timp pentru realizarea lucrărilor de întreținere la construcțiile existente și remediere a construcțiilor deteriorate datorită posibilelor probleme de durabilitate. O largă gamă de tipuri de căptușiri sunt disponibile la ora actuală pentru a furniza protecție împotriva pătrunderii clorurilor și sulfatilor, carbonatarea acidă și alte atacuri chimice agresive, îngheț-dezgheț și abraziune.

Durata de viață utilă efectivă a unui strat bun aplicat corespunzător betonului exterior este probabil să fie de aproximativ 15 ani. Acoperirile ar trebui întotdeauna să fie aplicat în minim două straturi, iar materialul trebuie să aibă un anumit grad de flexibilitate (adică ar trebui să fie elastomer). Asta pentru a reduce riscul de fisurare din cauza schimbărilor de temperatură și inevitabil mișcări care au loc în toate structurile. În ceea ce privește planificarea ulterioară a reparației, în general ar trebui să se facă distincția între defecte ale betonului și defecte cauzate de coroziunea armăturii. Scopul și obiectivele lucrării date de este de a studia factorii care sporesc și influențează durabilitatea betonului armat. Argumentarea teoretică și determinarea sistemurilor de acoperiri polimerice/hidrofobe de protecție a betonului, care să posede aderență la beton, rezistență chimică, rezistență înaltă la fisurare, capacitate de absorbție și permeabilitate reduse la lichide. Determinarea și argumentarea sistemurilor de acoperiri a structurilor rutiere din beton armat exploatate în diferite condiții de utilizare și expunere la condiții de mediu inclusiv.

## Summary

Durability is defined by the time interval in which the construction retains all the characteristics of its normal operation. This notion is closely related to other terms, such as safety and quality, terms that include very important aspects in construction practice. Thus, safety represents the set of conditions that must be met during the design and execution of a construction so that it does not suffer damage due to various actions, and quality represents the degree of perfection or what is desired to be included in the projects and to be realized through construction. The understanding mechanisms and many processes of concrete degradation was the basis of the quantitative provisions of the life span of concrete structures and components. In addition to actual or potential structural collapse, many other factors can govern the life of a reinforced concrete structure. Durability is the ability to maintain the functionality of a product, component, assembly or construction over a specified time. Serviceability is regarded as the ability of the above to perform the function(s) for which they are designed and constructed.

Safeguards taken by execution currently exist, there are a large number of options for improving durability performance, options that can be used alone or in combination. Their adoption in different particular situations depends on several factors that include: ease of application, efficiency in relation to the risk of damage occurring during the life of the construction, whether the system can be applied retroactively and also the cost and ease of carrying out future maintenance. In chapter 3, the coverings and linings for the protection of the concrete surface are presented, a solution that can be applied from the beginning in the execution of new constructions or over time to carry out maintenance work on existing constructions and remediation of damaged constructions due to possible durability problems. A wide range of liner types are available today to provide protection against chloride and sulfate ingress, acid carbonation and other aggressive chemical attack, freeze-thaw and abrasion.

The effective useful life of a properly applied exterior concrete coating is likely to be approximately 15 years. Coatings should always be applied in a minimum of two layers, and the material should have some degree of flexibility (ie it should be elastomeric). This is to reduce the risk of cracking due to temperature changes and inevitable movements that occur in all structures. In terms of subsequent repair planning, a distinction should generally be made between concrete defects and defects caused by reinforcement corrosion. The purpose and objectives of the work given by is to study the factors that increase and influence the durability of reinforced concrete. Theoretical reasoning and determination of polymeric/hydrophobic coating systems for concrete protection, possessing adhesion to concrete, chemical resistance, high resistance to cracking, absorption capacity and reduced permeability to liquids. Determination and argumentation of the covering systems of reinforced concrete road structures operated under different conditions of use and exposure to environmental conditions including.

**Cuvinte-cheie:** Durabilitate, beton armat, proiectare, întreținere, coroziune, carbonatare, acoperiri, material hidrofob, vopsele, hidroizolare, silani, rășini, impermeabilitate, bituminos, hidroizolare cristalină.

**Keywords:** Durability, reinforced concrete, design, maintenance, corrosion, carbonation, coatings, hydrophobic material, paints, waterproofing, silanes, resins, impermeability, bituminous, crystalline waterproofing.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	4
<b>1. FACTORII CARE INFLUENTEAZA DURABILITATEA BETONULUI</b> .....	5
1.1 Proiectarea structurii.....	7
1.2 Proprietatile materialelor.....	10
1.3 Calitatea construcției realizată .....	12
1.4 Management și intretinere.....	13
1.5 Condițiile mediului extern.....	14
<b>Scopul și obiectivele cercetării</b> .....	16
<b>2. FACTORII CARE AFECTEAZĂ DURABILITATEA BETONULUI ARMAT</b> .....	17
2.1 Carbonatarea.....	17
2.2 Patrunderea ionilor de clorura.....	19
2.3 Reacțiile chimice.....	21
2.4 Cicluri de îngheț-dezghet.....	24
<b>3. METODELE ACTUALE DE ASIGURARE A DURABILITĂȚII STRUCTURILOR RUTIERE DIN BETON ARMAT</b> .....	26
3.1 Izolarea suprafeței betonului cu vopsele.....	27
3.2 Izolarea suprafețelor cu pelicule polimerice.....	36
3.3 Restaurarea structurilor din beton armat.....	43
3.4 Sporirea densității stratului superficial al betonului prin imbibarea cu material hidrofob.....	47
3.5 Sporirea densității .....	51
<b>4. METODE DE PROTECȚIE PENTRU SPORIREA DURABILITĂȚII STRUCTURILOR RUTIERE DIN BETON ARMAT</b> .....	54
4.1 Pentru construcțiile exploatate în condițiile acțiunilor lichide.....	58
4.2 Pentru construcțiile exploatate în condițiile ciclurilor repetate de îngheț-dezghet.....	60
4.3 Pentru construcțiile supuse uzurii.....	61
4.5 Pentru construcțiile supuse forțelor dinamice.....	62
<b>CONCLUZII</b> .....	64
<b>RECOMANDARI</b> .....	64
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	65

## INTRODUCERE

Durabilitatea este definită prin intervalul de timp în care construcția își păstrează toate caracteristicile funcționării ei normale. Această noțiune este strâns legată de alți termeni, cum ar fi siguranța și calitatea, termeni care cuprind aspecte foarte importante în practica construcțiilor. Astfel siguranța reprezintă ansamblul condițiilor necesare a fi îndeplinite la proiectarea și execuția unei construcții pentru ca aceasta să nu sufere avarii datorită diverselor acțiuni, iar calitatea reprezintă gradul de perfecțiune sau ceea ce se dorește să fie inclus în proiecte și să se realizeze prin construcție. Siguranța construcțiilor este indisolubil legată de conceptul de calitate și se exprimă cantitativ prin probabilitatea de supraviețuire fără apariția de avarii. Durabilitatea care face să intervină factorul timp în aprecierea construcțiilor reprezintă o componentă principală a noțiunii de calitate. Durabilitatea se poate defini și prin durata de serviciu a construcțiilor. [1]

Înțelegerea mecanismelor și a multor procese de degradare a betonului a stat la baza prevederilor cantitative de durata a vieții structurilor și componentelor din beton. Pe lângă real sau potențialul colaps structural, mulți alți factori pot governa durata de viață a unei structuri din beton armat. Durabilitatea este capacitatea de a menține funcționalitatea unui produs, componente, ansamblu sau construcție peste un timp specificat. Capacitatea de funcționare este privită ca capacitatea de cele de mai sus pentru a îndeplini funcția (funcțiile) pentru care sunt proiectate și construite. Cu toate acestea, aceste structuri au funcționat timp de mai multe decenii, apar treptat probleme de durabilitate a betonului din cauza mediului de exploatare sever sau a poluării aerului cu o concentrație tot mai mare de CO<sub>2</sub>. Durabilitatea structurilor din beton armat depinde în principal de optimizarea a cinci factori. Aceștia sunt proiectarea structurii, operațiunea de construcție, gestionarea și întreținerea, proprietățile materialelor și condițiile de mediu externe. Acești cinci factori sunt strâns corelați între ei, astfel încât durabilitatea va fi redusă semnificativ dacă unul dintre ei este deficitar. Fără o durabilitate adecvată, structura din beton armat se poate deteriora fie din cauza deteriorării betonului, fie din cauza coroziunii armăturilor. Principalele motive sunt carbonarea betonului, pătrunderea ionilor de clorură, reacțiile alcaline-agregate și ciclurile de îngheț-dezghet.

În prezent, există o „criză a durabilității betonului”. Acest lucru are mai multe consecințe: pentru infrastructură, proprietarii care au nevoie din ce în ce mai mult de o durată de viață mai lungă; pentru imperativul administrării corespunzătoare a finanțării infrastructurii publice și pentru dezvoltarea de soluții de inginerie care stabilesc o bază de încredere în furnizarea viitoare a infrastructurii. Aceste consecințe sunt grave și necesită continuu atenție urgentă din partea comunității. [2]

## BIBLIOGRAFIE

1. Durabilitatea construcțiilor. Disponibil:  
[https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/dan/Stabilirea\\_capacitatii\\_portante/1\\_Durabilitatea%20construcțiilor.pdf](https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/dan/Stabilirea_capacitatii_portante/1_Durabilitatea%20construcțiilor.pdf)
2. Alexander, M. G., *Service life design and modelling of concrete structures – background, developments, and implementation*, (2018). Revista ALCONPAT, p.224 – 245, ISSN 2007 - 6835.
3. Bob, C., *Verificarea calității, siguranța și durabilitatea construcțiilor*, Editura Facla, Timișoara, 1989.
4. Li, D. *Substructure Construction Technology of Jinan Yellow River Bridge in the Part of Beijing-Shanghai High-speed Railway*. Master Thesis. Chengdu, China: Southwest Jiaotong University Civil Engineering., Suedia 2014.
5. Baron J., Olivier J.P., *La Durabilité des Béton*, Presses Ponts et Chaussées, Paris 2002.
6. Lect. P. ARNĂUT, Lect.univ., A. BURAGA, Lect.univ., N. ANGHELICI *PROIECTAREA DURABILITĂȚII ELEMENTELOR DIN BETON ARMAT A CONSTRUCȚIILOR RUTIERE*, Chișinău (2016) p26-29.
7. Lulu, B., Joerg, K. & David, J.C., 2001. Assessment of the Durability of Concrete from Its Permeation Properties: A Review. *Construction and Building Materials 15*.
8. Г. Д. Ляхевич А. Г. Ляхевич А. В. Кулан ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ., Минск, (2021) ISBN 978-985-583-051-2.
9. „Durability of concrete structure” Articol disponibil:  
<https://www.researchgate.net/publication/240997328>
10. Wang, Z., 2006. *Ciclu de viață. Analiză de Construcție Proiect Bazat pe cel Durabilitate de Beton*. Shanghai, China: Universitatea Tongji.
11. Kwan, AKH & Wong, HHC, 2005. *Durabilitatea structurilor din beton armat, Teorie vs Practică*. Hong Kong, China: The Universitate din Hong Kong.
12. Popescu P. *DEGRADAREA CONSTRUCȚIILOR, Ediția II-a*, România, București 2010., ISBN 978-973-163-563-7.
13. Articol disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/277009433>
14. A.M. Neville –*Proprietățile betonului* –Ed. Tehnica Bucuresti, 1979;
15. Articol disponibil: [https://issuu.com/revistaconstrucțiilor/docs/revista\\_construcțiilor\\_nr\\_98\\_noiemb](https://issuu.com/revistaconstrucțiilor/docs/revista_construcțiilor_nr_98_noiemb)
16. Articol disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/222769127>
17. Ilinoiu G.- *Durabilitatea betoanelor.*, Construcții civile și industriale. Nr. 24/IX, 2001.
18. IABSE- *Durability of structures*, Sept. 2007 Lisbon.
19. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВТОРИЧНОЙ ЗАЩИТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ



КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ  
СОСТАВОВ, Москва, 2017.

20. U.S DEPARTMENT OF COMERCE, National Burea of Standarts, „*Organic Coating, Proprietes, Selection and Use*”. Octombie 1974.
21. Lech Czarnecki „*Polymer-Concrete Composites for the repair of concret structures*” January 2018  
MATEC Web of Conferences 199:01006.
22. Disponibil: [https://www.academia.edu/10875115/Imbr\\_rutiere\\_rigide](https://www.academia.edu/10875115/Imbr_rutiere_rigide)
23. Disponibil: [https://albatrossrestoration.ca/crystalline\\_waterproofing](https://albatrossrestoration.ca/crystalline_waterproofing)
24. Disponibil: <https://www.wrmeadows.com/blog/are-all-crystalline-waterproofing-systems-created-equal/>
25. Ibanescu C. „*Elementele de ingineria proceselor în industria lacurilor si vopselelor*”
26. СНиП 3.04.03-85 „ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ”, Moscova 2016.
27. Beatrix Kerkhoff. „*Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments*”.  
Disponibil: <http://cdnassets.hw.net/82/b4/b1089fe144b18b92fde29551f981/effects-of-substances-on-concrete-and-guide-to-protective-treatments-tcm77-2204808.pdf>
28. Balvac Whitley Moran Ltd Derby and J.D.N.SHAW “*The Repair of Concrete Structures*” ISBN 0 7514 0086 6 (Print Edition).
29. Anders Selander „*Impregnare hidrofobă a Structuri din beton*” Stockholm, Martie 2010, ISSN 1103-4270
30. BS EN 1504 –Standards for products and systems for the protection and repair of concrete structures.
31. EN 1504-9 - General principles for the use of products and systems for repair and protection of concrete and reinforced-concrete structures
32. Articol Influence of Hydrophobic Coating on Freeze-Thaw Cycle Resistance of Cement Mortar,  
Disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/337861058>
33. Ронкин Г. М. Хлорсульфированный полиэтилен. М., ЦНИИТЭ нефтехим, 1977
34. Корнев В. А. , Рыбаков Ю. Н. , Волков О. Е. , Асметков И. Д. Полимерное покрытие на основе хлорсульфированного полиэтилена системы IN CLAD.