



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**TEMA: Studiul și analiza structurilor din beton de  
ciment rutier rezultate din agregate produse în  
condițiile Republicii Moldova**

**Student: MOROI Nicolae**

**Conducător: BEJAN Sergiu  
conf.univ., dr.**

**Chișinău – 2021**

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea de Urbanism și Arhitectură**  
**Departamentul Ingineria Infrastructurii Transporturilor**

Admis la susținere

Șef departament:  
dr., lect. univ., BORDOS Ruslan

\_\_\_\_\_

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021

# **Studiul și analiza structurilor din beton de ciment rutier rezultate din agregate produse în condițiile Republicii Moldova**

## **Teză de master**

**Student:** \_\_\_\_\_ **MOROI Nicolae**  
**DMMC 201M**

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **BEJAN Sergiu**  
**conf. univ., dr.**

**Consultant:** \_\_\_\_\_ **BURAGA Andrei**  
**lector univ., drd.**

## Rezumat

Problematica care a stat la baza elaborării tezei a fost reducerea costului de realizare a betoanelor rutiere. Drumurile realizate cu îmbrăcăminți rutiere rigide prezintă o rezistență sporită la uzură și au o comportare foarte bună în regiuni cu climat umed. Totodată betoanele rutiere sunt rezistente la acțiunea carburanților și lubrifianților utilizați la combustia motoarelor autovehiculelor.

Sub acțiunea traficului rutier, a condițiilor climaterice și hidrogeologice, pe parcursul exploatării, straturile și implicit structurile rutiere oboresc, se degradează și își diminuează treptat capacitatea portantă până la atingerea unui punct critic. Pentru evitarea acestui punct critic, lucrările de întreținere și/sau reabilitare sunt necesare și obligatorii la intervale de timp bine stabilite, pentru reducerea degradărilor și pentru aducerea capacității portante efective la nivelul celei necesare, în conformitate cu rapoartele referitoare la traficul rutier actual și de perspectivă.

Betoanele rutiere pot fi preparate și cu ajutorul materialelor locale prezentând un consum specific de energie mai redus decât îmbrăcămințile bituminoase.

Folosirea materialelor locale la prepararea betoanelor de ciment rutier reduce costul de realizare al acestora mai ales în cazul folosirii tehnologiei de punere în opera a betoanelor de ciment rutier cu ajutorul utilajelor cu cofraje glisante.

Utilizarea structurilor rutiere rigide cu beton de ciment rutier realizat cu agregate naturale din materiale locale constituie o soluție eficientă și economică pentru modernizarea drumurilor locale și de exploatare. Structurile rutiere realizate cu betoane de ciment au o comportare corespunzătoare după 5 ani de la darea în exploatare. Odată cu alinierea prevederilor tehnice cu cele ale comunității europene impune realizarea unor sectoare experimentale înainte de realizarea pe scară largă a drumurilor prevăzute cu îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment realizate cu materiale locale.

În cazul drumurilor publice, pâna în prezent nu se cunosc rezultate deosebite cu privire la realizarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment din elemente prefabricate. Dimensiunile, și prin urmare masa relativ mare a dalelor din beton, precum și pozarea greoaie a acestora fără denivelări de 1...2 mm, nu au permis o dezvoltare simțitoare a unei asemenea tehnologii. S-au făcut unele încercări de utilizare a elementelor prefabricate la înlocuirea unor dale izolate distruse datorită greșelilor de execuție sau la ranforsarea unor îmbrăcăminți rigide ajunse în ultima faza a duratei de exploatare, asezându-se deasupra acestora prin intermediul unor straturi de egalizare realizate din diverse materiale tratate cu lianți hidrocarbonați sau de tip special.

Utilizarea unui tip de beton permite dezvoltarea unor soluții inovative și ecologice, care să conducă la reducerea consumului de agregat natural neregenerabil cât și a impactului acestora asupra mediului înconjurător. Folosirea deșeurilor în material și produse de construcții (deșeuri reciclate de sticlă, fibre etc.) conduce la reducerea impactului asupra mediului, inclusive amprenteii de CO<sub>2</sub>, prin înlocuirea parțială a cimentului. Reciclarea deșeurilor și reducerea cimentului în amestec, confer statutul de beton eco/beton verde. Apariția unor produse comerciale care utilizează deșeuri din

numeroase ramuri industrial este una dintre soluțiile pe care comunitatea științifică este chemată să le furnizeze, pentru a obține un viitor sustenabil pentru umanitate.

Alegerea tipului de îmbrăcăminte pentru construcția, modernizarea sau reabilitarea structurilor rutiere se bazează pe calcule tehnice și economice complexe, care scot în evidență avantajele și dezavantajele pe care le prezintă îmbrăcămințile rutiere rigide față de îmbrăcămințile rutiere bituminoase.

## Summary

The issue that was the basis for the elaboration of the thesis was the reduction of the cost of road concrete. Roads made of rigid road pavement have an increased resistance to wear and have a very good behavior in regions with humid climate. At the same time, road concrete is resistant to the action of fuels and lubricants used in the combustion of motor vehicles.

Under the action of road traffic, climatic and hydrogeological conditions, during the operation, the layers and implicitly the road structures become tired, degrade and gradually decrease their load-bearing capacity until reaching a critical point. In order to avoid this critical point, maintenance and / or rehabilitation works are necessary and mandatory at well-established time intervals, in order to reduce degradation and bring the actual load-bearing capacity to the required level, according to current and future road traffic reports. .

Road concrete can also be prepared with the help of local materials with a lower specific energy consumption than bituminous pavements.

The use of local materials in the preparation of concrete road concrete reduces the cost of their construction, especially in the case of using the technology of installation of road cement concrete with the help of sliding formwork equipment.

The use of rigid road structures with road cement concrete made with natural aggregates from local materials is an efficient and economical solution for the modernization of local and operating roads. Road structures made of cement concrete have a proper behavior after 5 years from commissioning. Along with the alignment of the technical provisions with those of the European Community, it requires the realization of some experimental sectors before the realization on a large scale of the roads provided with cement concrete road pavements made with local materials.

In the case of public roads, so far no special results are known regarding the construction of cement-paved road pavements from prefabricated elements. The dimensions, and therefore the relatively large mass of the concrete slabs, as well as their heavy laying without bumps of 1... 2 mm, did not allow a significant development of such technology. Some attempts have been made to use the prefabricated elements to replace some insulated tiles destroyed due to execution errors or to reinforce rigid coatings that have reached the last phase of their service life, placing them on top of

them by means of leveling layers made of various materials treated with hydrocarbon or special type binders.

The use of a type of concrete allows the development of innovative and environmentally friendly solutions, leading to a reduction in the consumption of non-renewable natural aggregate and their impact on the environment. The use of waste in construction materials and products (recycled glass waste, fiber, etc.) reduces the impact on the environment, including the CO<sub>2</sub> footprint, by partially replacing cement. Waste recycling and reduction of mixed cement, give the status of eco concrete / green concrete. The emergence of commercial products that use waste from many industries is one of the solutions that the scientific community is called upon to provide in order to achieve a sustainable future for humanity.

The choice of type of pavement for the construction, modernization or rehabilitation of road structures is based on complex technical and economic calculations, which highlight the advantages and disadvantages of rigid road pavements compared to bituminous road pavements.

## CUPRINS

Cuprins	9
Listă tabele	11
Listă de figuri	11
<b>Prevederi generale asupra îmbrăcăminților rutiere rigide</b>	<b>12</b>
<b>Capitolul I.</b> Actualitatea și problematica tematicii. Analiza și studiul literaturii locale și internaționale cu privire la betoanele de ciment rutiere utilizate în structuri de drumuri	<b>15</b>
2.1. Materiale utilizate la execuția îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment	16
2.2. Cimentul	16
2.2.1. Compoziția mineralogică a cimentului	17
<b>2.3. Agregate</b>	<b>20</b>
<b>2.4. Apa</b>	<b>24</b>
<b>2.5. Aditivi</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1. Antrenori de aer</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2. Acceleratori de priză și întărire</b>	<b>27</b>
<b>2.6. Adaosuri</b>	<b>28</b>
<b>2.7. Alte materiale</b>	<b>29</b>
<b>Capitolul II.</b> Controlul calității materialelor și metodica de cercetare utilizate în cadrul betoanelor de ciment rutiere. Controlul calității, condiții tehnice, reguli și metode de verificare	<b>35</b>
2.1. Controlul calității	35
2.2. Elemente geometrice	36
2.3. Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminții	37
2.4. Prescripții special	38
<b>Capitolul III.</b> Analiza structurilor din beton de ciment rutier rezultate din agregate naturale și reciclate produse în condițiile Republicii Moldova	<b>39</b>
3.1. Tipuri de deșeuri generate de lucrările de construcție /demolări	39
3.2. Conceptul de reciclare a resurselor materiale	40
3.3. Conceptul reciclării materialelor provenite din structurile rutiere	41
3.4. Propunere de clasificare a materialelor reciclate din structurile rutiere	42
3.5. Caracteristicile și clasificarea tehnologiilor utilizate la procesele de reciclare pe amplasament și mixtă a materialelor asfaltice	44
3.6. Frezarea straturilor rutiere. Descrierea procesului de frezare	46
3.7. Echipamentul tehnologic specializat și încadrarea în flux	46

3.8. Caracteristicile tehnologice ale procesului	47
3.9. Scopul frezării	48
3.10. Tipuri de materiale care intră în proces și caracteristicile acestora	48
3.11. Caracteristici constructive ale echipamentului de lucru	49
3.12. Noxele emise	50
3.13. Armarea dispersă cu deșeuri din fibră de sticlă a structurilor rutiere suple și semirigide, reciclate la rece ”în situ”	51
3.14. Armarea cu fibre	53
3.15. Principalele avantaje ale soluțiilor de armare cu fibre	54
3.16. Principalele dezavantaje ale soluțiilor de armare cu fibre	54
3.17. Fibrele de sticlă	54
3.18. Fibrele poliesterice	55
3.19. Rolul deșeurilor din fibre de sticlă adăugate la reciclare	56
<b>Capitolul IV. Concluzii generale, recomandări și continuitatea cercetării betoanelor de ciment rutiere</b>	<b>56</b>
4.1. Concluzii	56
Bibliografie	63

### **Lista tabelelor**

<b>Tabelul 1</b> Clasele de betoane rutiere	<b>13</b>
<b>Tabelul 2</b> Intensitatea traficului și de caracteristicile geometrice ale drumului	<b>13</b>
<b>Tabelul 3</b> Caracteristicile componentelor mineralogici pe compoziții chimici individuali	<b>17</b>
<b>Tabelul 4</b> Condiții tehnice pentru ciment	<b>18</b>
<b>Tabelul 5</b> Starea de conservare în funcție de reziduu	<b>20</b>
<b>Tabelul 6</b> Sorturile de agregate utilizate în diferitele straturi ale îmbrăcăminților	<b>21</b>
<b>Tabelul 7</b> Condiții tehnice pentru agregate	<b>23</b>
<b>Tabelul 8</b> Aditiv mixt dispersant și antrenor de aer Disan A conform STAS 8625	<b>27</b>
<b>Tabelul 9</b> Caracteristicile tehnice ale cenușei de centrală termoelectrică	<b>29</b>
<b>Tabelul 10</b> Verificarea calității materialelor	<b>30</b>
<b>Tabelul 11</b> Domeniile de mărimi ale variației caracteristicilor tehnologice ale procesului de frezare	<b>47</b>
<b>Tabelul 12</b> Compoziția chimică a fibrei de sticlă	<b>55</b>
<b>Tabelul 13</b> Caracteristicile fibrei poliesterice	<b>55</b>
<b>Tabelul 14</b> Dozajul betonului de ciment aderent	<b>61</b>

## **Lista figurilor**

<b>Figura 1</b> Schema în plan a unei îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment	<b>12</b>
<b>Figura 2</b> Distribuția microbulelor de aer într-un beton de ciment.	<b>26</b>
<b>Figura 3</b> Modelul reciclării materialelor din structurile rutiere.	<b>42</b>
<b>Figura 4</b> Diagramă cuaternară.	<b>42</b>
<b>Figura 5</b> RPA- reciclare pe amplasament; RIM – reciclare în instalații mobile; RPL – reciclare pe loc; RIF – reciclare în instalații fixe.	<b>43</b>
<b>Figura 6</b> Procedee tehnologice aplicate caracteristice tipurilor de reciclare.	<b>45</b>
<b>Figura 7</b> Tipuri de structuri rutiere cu minerale poligranulare reciclate, armate dispers.	<b>52</b>
<b>Figura 8</b> Fibre din sticlă și deșeuri de fibră de sticlă în amestec cu rășini poliesterice după măcinare.	<b>55</b>



## V. BIBLIOGRAFIE

1. SR EN 206-2014 Beton. Partea 1: Specificație, performanță, producție și conformitate.
2. SM SR EN 13055-1:2010 Agregate ușoare. Partea 1: Agregate ușoare pentru betoane, mortare și paste de ciment.
3. SR EN 12620 -2003 Agregate pentru beton.
4. SR EN 196-1-2006 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 1: Determinarea rezistențelor mecanice.
5. SR-EN-196-7 Metode de încercare a cimenturilor. Metode de prelevare și pregătire a probelor de ciment.
6. SR EN 13877-1 Structuri rutiere din beton. Materiale.
7. SR EN 13877-2 Structuri rutiere din beton. Cerințe funcționale.
8. NE 014-2002 – Normativ pentru executarea îmbrăcăminților din beton de ciment în cofraje fixe și glisante.
9. COD DE PRACTICĂ PENTRU PRODUCEREA BETONULUI, CP 012/1-2007.
10. CP D 02.01.2012 ”Ghid privind construcția fundațiilor și îmbrăcăminților din beton de ciment vibrocilindrat”. Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova. Chișinău 2012.
11. ВСН 139-80. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог.
12. ”Современное состояние и перспективы применения технологии укатываемого бетона”. Обзорная Информация. Автомобильные дороги и мосты Nr. 6-2004.
13. Birmann D., Burger W., Weingart W., Westermann B. Walzbeton – BAST, 1990-205s.
14. ”Studiul și analiza îmbrăcăminților rutiere din beton vibrocilindrat”, aut. Sergiu BEJAN, Tatiana BURLAC, Universitatea Tehnică a Moldovei.
15. Teză de doctorat ”Structuri rutiere reciclate la rece, armate dispers cu fibre sintetice din sticlă și poliesteri”, autor Nicolaie POP.
16. Teză de doctorat ”Cercetări privind modelarea alocării resurselor tehnice la procesele de reabilitare a structurilor rutiere, cu reciclarea materialelor asfaltice”, autor Oana PANDELE.
17. Caiet de sarcini generale. Îmbrăcăminți rutiere din beton de ciment, SC IPTANA-SA, martie-2004.
18. Îmbrăcăminți rutiere rigide/ [www.armix.ro](http://www.armix.ro)