

Universitatea Tehnică a Moldovei

**STUDIUL INFLUENȚEI ADAOSURILOR DE LIANȚI ASUPRA
CARACTERISTICILOR GEOTEHNICE DE REZISTENȚĂ A
SOLULUI PENTRU CONSTRUCȚII RUTIERE**

Student:

Golovețchii Alina

Conducător:

**Croitoru Gheorghe, conf.
univ., dr.**

Chișinău, 2025

CUPRINS

REZUMAT	5
INTRODUCERE.....	7
1. Fundamente teoretice ale stabilizării solului.....	8
1.1. Contextul și importanța stabilizării solului	8
1.2. Scopul și obiectivele studiului.....	9
1.3. Revizuirea literaturii	10
2. Materialele și lianții utilizați. Analiza acestora	11
2.1. Descrierea materialelor utilizate în studiu.....	11
2.1.1. Zgura de furnal: proprietăți fizice și chimice	12
2.1.2. Proprietățile și aplicarea soluției pe bază de enzime.....	13
2.1.3. Cimentul și varul: rolul și interacțiunea cu solul.....	13
3. Metodologia experimentală	14
3.1. Pregătirea probelor pentru încercări	15
3.2. Echipamente folosite pentru încercări.....	25
4. METODE DE ÎNCERCĂRI	26
4.1. Pregătirea probei în laborator.	26
4.2. Determinarea conținutului de apă	27
4.3 Metoda de laborator pentru determinarea distribuției mărimii particulelor. Cernerea	29
4.5. Metoda prin cernere uscată (pentru zgura de furnal)	32
4.6. Determinarea masei volumice de referință și a conținutului de apă. Compactarea Proctor	34
4.7. Determinarea rezistenței la compresiune	40
4.8. Limia de curgere (con de cădere 60°) și plasticitate.	42
4.9. Determinarea umflării liniare și a indicelui de capacitate portantă californian (CBR)	46
5. Stabilizarea solului în condiții de șantier.	54
5.1. Prețurile stabilizatorilor	55
5.2. Managementul calității în construcții	55
Recomandări și concluzii pentru studiile viitoare de cercetare	63
Bibliografie.....	64
ANEXA 1. Documentație.....	66
ANEXA 2. Fotografii din timpul încercărilor de laborator	71

REZUMAT

la teza de master „Studiul influenței adaosurilor de lianți asupra caracteristicilor geotehnice de rezistență a solului pentru construcții rutiere”, a masterandei grupei MPC - 2306M, specialitatea „Managementul proiectelor în construcții”, Golovețhii Alina

Structura lucrării: prezenta teză de master include următoarele componente: introducere, trei capitole, concluzii și recomandări, bibliografie și anexe.

Cuvintele-cheie: *stabilizarea solului, soluții pe bază de enzime, managementul calității materialelor de construcții, compactarea solului, testarea solului, creșterea durabilității.*

Scopul cercetării: constă în studiul și analiza eficienței stabilizării solului, utilizând patru tipuri diferite de adaosuri, în vederea identificării soluției optime din punct de vedere al proprietăților fizico-mecanice și al durabilității, pentru asigurarea calității materialelor utilizate la construcțiile rutiere.

Lucrarea include o cercetare de comparare a performanțelor fiecărui adaos pe baza unor încercări geotehnice, urmărind îmbunătățirea capacității portante, reducerea permeabilității și rezistenței la cicluri de îngheț-dezghet a straturilor rutiere.

Obiectivul cercetării: compararea performanțelor fiecărui tip de adaos la stabilizarea solului, pentru raționalizarea lucrărilor de întreținere a structurilor rutiere și îmbunătățirea sistemului de management al acestora.

Sistemul de management al structurilor rutiere constituie un ajutor decizional oferit „factorilor de decizie”, care prezintă priorități și orientări în utilizarea cât mai eficientă a materialelor de calitate disponibile pentru întreținerea structurilor rutiere.

Calitatea materialelor de construcție a structurilor rutiere și caracteristicile tehnice ale acestora sunt determinate de compoziția lor chimică și structura fizică, precum și de comportarea în prezența agenților agresivi.

Rezultatele obținute: prezentate în lucrare (capitolul 4), în baza studiului de tratare a solului, se referă la principalele caracteristici, precum rezistența la compresiune, indicele de plasticitate și permeabilitatea, în funcție de condițiile de umiditate și temperatura mediului.

Rezultatele încercărilor cu adaos de ciment au demonstrat o performanță mai bună în creșterea capacității portante și în consolidarea structurii solului. În ceea ce privește varul, acesta a redus plasticitatea, a îmbunătățit drenajul și a stabilizat argila, diminuând expansiunea și contracția în condiții de umiditate variabilă. Astfel, atât varul cât și cimentul s-au dovedit a fi stabilizatori eficienți pentru solul argilos.

ABSTRACT

Master's Thesis: "Study of the Influence of Binder Additives on the Geotechnical Strength Characteristics of Soil for Road Construction", authored by Alina Goloveţchii, Master's student in group MPC - 2306M, specialty "Project Management in Construction".

Thesis Structure: This master's thesis comprises the following components: introduction, three chapters, conclusions and recommendations, bibliography, and annexes.

Keywords: soil stabilization, enzyme-based solutions, construction material quality management, soil compaction, soil testing, durability improvement.

Research Goal: The goal of the research is to study and analyse the efficiency of soil stabilization using four different types of additives, with the aim of identifying the optimal solution in terms of physical-mechanical properties and durability, ensuring the quality of materials used in road construction.

Research Summary: The thesis includes a comparative study of the performance of each additive based on geotechnical tests, focusing on improving load-bearing capacity, reducing permeability, and increasing resistance to freeze-thaw cycles in road layers.

Research Objective: To compare the performance of each type of additive in soil stabilization to optimize the maintenance of road structures and improve the management system of these structures. The road structure management system serves as a decision-making tool for "decision-makers," presenting priorities and guidelines for the efficient use of high-quality materials available for road structure maintenance.

The quality of construction materials for road structures and their technical characteristics are determined by their chemical composition, physical structure, and behaviour under exposure to aggressive agents.

Results Achieved: Presented in Chapter 4 of the thesis, the results of the soil treatment study focus on key characteristics such as compressive strength, plasticity index, and permeability, depending on environmental humidity and temperature conditions.

Test results for cement-based additives demonstrated superior performance in increasing load-bearing capacity and strengthening soil structure. Regarding lime, it reduced plasticity, improved drainage, and stabilized clay by minimizing expansion and contraction under variable moisture conditions. Thus, both lime and cement proved to be effective stabilizers for clayey soil.

INTRODUCERE

Construcțiile trebuie să corespundă atât în ansamblu, cât și pe părți separate, utilizării preconizate, ca să asigure siguranța persoanelor implicate de-a lungul întregului ciclu de viață al construcțiilor. În condițiile unei întrețineri normale, construcțiile trebuie să îndeplinească cerințele fundamentale aplicabile acestora, pe o durată de utilizare rezonabilă din punct de vedere economic.

La construcția drumurilor sunt necesare planificarea și managementul proiectelor adecvate și cuprinzătoare pentru a asigura buna desfășurare și progresul tuturor lucrărilor. Managementul și planificarea proiectelor în construcția structurilor rutiere are mai multe faze, din care calitatea materialelor utilizate este foarte importantă.

În contextul dezvoltării durabile și al cerințelor tot mai stringente pentru siguranța și eficiența lucrărilor de infrastructură, asigurarea managementului calității a devenit un pilon central în industria construcțiilor. Materialele utilizate, în special solul ca material de bază pentru structurile rutiere, joacă un rol esențial în determinarea durabilității și performanței proiectelor de infrastructură.

În timpul fazei de execuție a lucrărilor, trebuie respectate cu strictețe proiectele de construcție, ținând cont de modificările și problemele care pot apărea în timpul procesului de implementare, cum ar fi utilizarea materialelor locale, în special a solurilor utilizate la structura rutieră.

Solul, fiind un material natural, prezintă o variabilitate ridicată a proprietăților fizice și mecanice, ceea ce impune o analiză detaliată prin încercări de laborator.

Încercările de laborator, precum testarea rezistenței, determinarea plasticității, permeabilității și compactării, sunt importante pentru caracterizarea și optimizarea solului destinat construcțiilor. Aceste teste nu doar validează conformitatea materialelor cu specificațiile tehnice, ci contribuie direct la procesul de luare a deciziilor în ceea ce privește utilizarea lor. Aici intervine managementul calității, care asigură că procesele de testare sunt realizate conform standardelor, iar rezultatele sunt utilizate pentru selecția celor mai eficiente metode și materiale.

Stabilizarea solului este procesul prin care proprietățile fizice și mecanice ale solului sunt îmbunătățite, astfel încât acesta să poată susține structuri rutiere pe termen lung, fără a suferi deformații excesive sau degradări.

O altă provocare majoră o reprezintă variabilitatea naturală a solurilor întâlnite pe traseele rutiere. În multe cazuri, constructorii trebuie să se confrunte cu soluri problematice, care nu îndeplinesc standardele minime de stabilitate și rezistență. De aceea, utilizarea unor tehnici de stabilizare, cum ar fi aditivarea cu lianți (ciment, var, zgură) devine foarte importantă pentru a

conferi solului proprietăți adecvate. Lianții contribuie la creșterea capacității portanță a solului, reducerea permeabilității și îmbunătățirea comportamentului în faza ciclurilor de îngheț-dezghet.

Din perspectiva economică, stabilizarea solului oferă și avantaje semnificative, deoarece permite utilizarea solului local, reducând necesitatea de a transporta și folosi materiale de umplură costisitoare. În același timp, acest proces prelungește durata de viață a drumurilor, minimizând necesitatea intervențiilor de întreținere. Astfel, stabilizarea solului joacă un rol deosebit de important în asigurarea performanței și sustenabilității construcțiilor rutiere moderne, contribuind la o infrastructură rutieră sigură și durabilă.

În Republica Moldova, metodele de stabilizare a solurilor se axează pe tehnici similare cu cele utilizate la nivel internațional, dar adaptate la specificul geologic local și la resursele disponibile. Unele dintre cele mai frecvent utilizate metode includ: stabilizarea cu lianți hidraulici (ciment) și utilizarea materialelor locale.

Bibliografie

1. Gheorghe Croitoru, Cristina Garaz. Studiul îmbrăcăminților asfaltice cu adaosuri de granule din cauciuc reciclat// a VIII-a Conferința Internațională Tehnico-Științifică. ”Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului” Volumul III. - Chișinău. 17-19 noiembrie - 2016. - pag. 65-70. ISBN 978-9975-71-850-9.
2. Gheorghe Croitoru, Olga Valueva. – Cercetarea caracteristicilor betoanelor pe bază de zguri. - Conferința XXXI tehnico-științifică a studenților, 1987, 21-23 aprilie Chișinău, Moldova, pag. 84-85.
3. Gheorghe Croitoru. Utilizarea zgurilor de oțelărie pentru construcția drumurilor. Seminar tematic ”Drumuri bune” Chișinău, 23 noiembrie 2023, FUA. UTM.
4. Lilian Cușnir, Gheorghe Croitoru. Studiul comportării diferitor tipuri de ciment în betoane - BULETINUL „INCERCOM”. - Chișinău. - 2012. - nr. 2-CN. pag. 82-88. ISSN 1857-3762.
5. SM EN ISO 9001:2015 Sisteme de management al calității. Cerințe.
6. SM EN ISO 17892-1:2016 + Amendament SM EN ISO 17892-1:2016/A1:2022 Cercetări și încercări geotehnice. Încercări de laborator ale solului. Partea 1: Determinarea conținutului de apă.
7. SM EN ISO 17892-4:2017 Cercetări și încercări geotehnice. Încercări de laborator ale solului. Partea 4: Determinarea distribuției mărimii particulelor.
8. SM SR EN 13286-2:2011 + Erată SM EN 13286-2:2010/AC:2018. Amestecuri de agregate netratate și tratate cu lianți hidraulici. Partea 2: Metode de încercare pentru determinarea în laborator a masei volumice de referință și a conținutului de apă Compactare Proctor.
9. SM EN 13286-47:2022 Amestecuri de agregate netratate și tratate cu lianți hidraulici. Partea 47: Metode de determinare a indicelui de capacitate portantă californian (CBR), a indicelui de portanță inițială (IPI) și a indicelui de umflare liniară.
10. SM EN ISO 17892-12:2018 + Amendament SM EN ISO 17892-12:2018/A1:2022 + Amendament SM EN ISO 17892-12:2018/A2:2022 Investigații și încercări geotehnice. Încercări de laborator ale solului. Partea 12: Determinarea limitelor de curgere și plasticității.
11. SM SR EN 13286-53:2011 Amestecuri de agregate tratate și netratate cu lianți hidraulici. Partea 53: Metoda de confecționare prin compresiune axială a epruvetelor din amestecuri tratate cu lianți hidraulici
12. SM EN 13286-41:2022 Amestecuri de agregate netratate și tratate cu lianți hidraulici. Partea 41: Metodă de determinare a rezistenței la compresiune a amestecurilor de agregate

tratate cu lianți hidraulici.

13. SM EN ISO 17892-7:2018 Investigații și încercări geotehnice. Încercări de laborator ale solului. Partea 7: Încercare la compresiune monoaxială.

14. SM EN 933-1:2016 Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 1: Determinarea granulozității. Analiza granulometrică prin cernere.

15. SM EN 1097-2:2020 Încercări pentru determinarea caracteristicilor mecanice și fizice ale agregatelor. Partea 2: Metode pentru determinarea rezistenței la sfărâmare.

16. SM EN 459-1:2015 Var pentru construcții. Partea 1: Definiții, specificații și criterii de conformitate

17. SM SR EN 197-1:2014 Ciment. Partea 1: Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor uzuale.

18. CP D.02.22:2016 Regulament privind lucrările de stabilizare a pământurilor cu stabilizatori pe bază de compuși organici naturali polienzimici.

19. SM EN 16907-4:2019 Lucrări de terasament. Partea 4: Tratarea solului cu var și/sau cu lianți hidraulici

20. LEGE Nr. 235 din 01-12-2011 privind activitățile de acreditare și de evaluare a conformității.

21. SM EN 14227-15:2017 Amestecuri tratate cu lianți hidraulici. Specificații. Partea 15: Soluri tratate cu lianți hidraulici.

22. SM EN ISO 14688-1:2018 Investigații și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere.

22. SM EN ISO 14688-2:2018 Investigații și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.

24. SM EN 16907-4:2019 Lucrări de terasament. Partea 4: Tratarea solului cu var și/sau cu lianți hidraulici.

25. Raisa Scamina, Gheorghe Croitoru. Строительные материалы на основе утилизированных отходов в Республике Молдова - БУЛЕТИНУЛ „INCERCOM”. - Chișinău. - 2012. - nr. 1, vol. 1. pag. 96-101. ISSN 1857-3762.

26. NCM-F.01.03-2009 Reguli de execuție, controlul calității și recepția terenurilor de fundare și fundațiilor

27. SM SR EN ISO 14001:2016 Sisteme de management de mediu. Cerințe cu ghid de utilizare.

28. SM EN ISO 45001:2023 Sisteme de management al sănătății și securității în muncă. Cerințe și îndrumări pentru utilizare.

29. NCM D.02.01:2015 Proiectarea drumurilor publice.