

Ministerul Educației al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Programul de masterat „Drumuri, materiale și mecanizare în construcții”

Admis la susținere
Șef de Departament DMMC: prof.univ.dr.hab. Rusu Ion

“ ” _____ 2016

**STUDIUL TEHNOLOGIEI DE STABILIZARE A
SOLURILOR CU STABILIZATORI DE SOL PE
BAZĂ DE COMPUȘI ORGANICI NATURALI
POLIENZIMICI**

Teză de master

Masterand: Braguța Eugeniu

Conducător: conf.univ.dr. Bejan Sergiu

Chișinău 2016



Universitatea Tehnică a Moldovei

**STUDIUL TEHNOLOGIEI DE STABILIZARE A
SOLURILOR CU STABILIZATORI DE SOL PE
BAZĂ DE COMPUȘI ORGANICI NATURALI
POLIENZIMICI**

Student:

Braguța Eugeniu

Conducător:

conf.univ.dr. Bejan Sergiu

Chișinău – 2016

CUPRINS

INTRODUCERE	5
CAPITOLUL I GENERALITĂȚI, ABORDAREA PROBLEMEI	7
1.1 Analiza situației actuale în Republica Moldova	7
1.2 Starea drumuri de categorii III, IV, V	7
1.3 Rolurile structurii rutiere	10
1.4 Execuția stratului de formă din pământ necoeziv	12
1.5 Consolidarea și stabilizarea straturilor rutiere	13
1.6 Pământ ca material de construcție	15
1.7 Concluzii.....	17
CAPITOLUL II ANALIZA TEHNOLOGIILOR EXISTENTE DE STABILIZARE A SOLURILOR CU STABILIZATORI DE SOL	18
2.1 Aspecte privind utilizarea stabilizatorilor pe plan internațional.....	18
2.2 Performanțele utilizării enzimelor ca stabilizatori	25
2.3 Analiza și reflectarea datelor	27
2.4 Costuri totale implicate în realizarea structurii rutiere	28
2.5 Concluzii.....	30
CAPITOLUL III TEHNOLOGIA DE REALIZARE A STRUCTURII RUTIERE MULTISTRAT	31
3.1 Noi concepte de alcătuire a structurii rutiere	31
3.1.1 Construcția unei structurii rutiere multistrat prin stabilizarea pământului cu folosirea stabilizatorilor pe bază de compuși organici naturali polienzimici.	33
3.1.2 Amestecarea uniforma	41
3.1.3 Umiditatea solului	41
3.1.4 Determinarea acidității solului.....	44
3.1.5 Regimurile de compactere	45
3.2 Soluții tehnice pentru realizarea structurii rutiere	48
3.3 Compactarea straturilor din pământ stabilizat.....	51
3.4 Concluzii.....	62
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXE	66

Anexa 1. Certificat de conformitate. STRUCTURA RUTIERĂ MULTISTRAT, executată cu tehnologia de realizare a straturilor de pământuri stabilizate cu compuși organici naturali polienzimici	66
Anexa 2. Regulament privind lucrările de stabilizare a solurilor (Pământurilor) cu stabilizatori de sol pe bază de compuși organici naturali polienzimici CP D.02.22-2014.....	67
Anexa 3. Specificație Tehnică Structura Rutiera Multistrat	68
Anexa 4. Rezultat imprimat a modulului de elasticitate dinamic realizat cu deflectometru cu greutate ușoară ZFG 3000 GPS 10/15 kg.....	69

Lista figurilor:

Figura 1 Suprafață de pământ uniformă, în stare bună.....	7
Figura 2 Unele fâgașe cu denivelări, în stare mediocră	8
Figura 3 Fâgașe pronunțate cu denivelări, în stare rea	8
Figura 4 Suprafață neuniformă cu defecțiuni majore și impracticabilă anul împrejur, în stare foarte rea	8
Figura 5 Suprafață pietruită uniformă, în stare bună.....	9
Figura 6 Unele fâgașe cu pierderea materialului pietros, în stare mediocră.....	9
Figura 7 Fâgașe pronunțate cu pierderea materialului pietros, în stare rea.....	9
Figura 8 Lipsa suprafeței pietruite și impracticabil anul împrejur în stare foarte rea.....	10
Figura 9 Nivelarea cu grederul	19
Figura 10 Camion cu rezervor de apă cu introducerea stabilizatorului ECOroads și a apei în sol	19
Figura 11 Nivelarea și malaxarea cu grederul.....	19
Figura 12 Compactarea stratului stabilizat cu compactor	20
Figura 13 Nivelarea cu grederul după compactare.....	20
Figura 14 Compactarea definitivă a stratului stabilizat.....	20
Figura 15 Operația de scarificare	23
Figura 16 Concasarea sau frezarea materialelor în vederea aplicării emulsiei	23
Figura 17 Aplicarea emulsiei cu cisternă, prin dispersare	23
Figura 18 Amestecarea emulsiei cu materialele din stratul de stabilizat.....	24
Figura 19 Nivelarea și configurarea stratului.....	24
Figura 20 Compactarea stratului stabilizat	24
Figura 21 Evoluția indicilor californian de capacitate portantă CBR în diferite regiuni cu utilizarea stabilizatorului sau în lipsa lui	28

Figura 22 Crearea compoziției granulometrice necesare a pământului pe întreaga adâncime de frezare cu introducerea amestecurilor cu dispersie fină în procesul de frezare, cu precizia de dozare asigurată de computerul de bord.	33
Figura 23 Sistemul de control operațional, măsurarea umidității, temperaturii solului, temperaturii mediului ambiant și altor parametri cu referire la coordonatele geografice.....	34
Figura 24 Compactarea stratului de pământ cu stabilizator, cu cilindru compactor vibrator cu bandaje lise, dotat cu sistem de monitorizare și reglare automată a gradului de compactare	34
Figura 25 Consolidarea stratului de suprafață a fundației prin introducerea criblurii octaedrice de granit cu precizia de dozare asigurată de computerul de bord.....	34
Figura 26 Compactarea stratului de suprafață a fundației prin clutarea criblurii octaedrice de granit cu cilindru compactor vibrator cu bandaje lise, dotat cu sistem de monitorizare și reglare automată a gradului de compactare	35
Figura 27 Controlul compactării stratului consolidat cu deflectometrul electronic de sol cu determinarea modulului de elasticitate dinamic.	35
Figura 28 Tratament bituminos, strat de tratament de suprafață prin aplicarea emulsiei bituminoase și criblurii octaedrice de granit cu precizia de dozare asigurată de computerul de bord.....	35
Figura 29 Compactarea stratului de tratament de suprafață cu rulou compactor pe pneuri. .	36
Figura 30 Introducerea făina de calcar sau ciment cu precizia de dozare asigurată de computerul de bord.....	36
Figura 31 Variația automată a amplitudinii, în funcție de gradul de compactare a solului	47
Figura 32 Etapa de amenajare a casetei pentru fundație.....	50
Figura 33 Etapa de realizare a primului strat de fundație.....	50
Figura 34 Etapa de realizare a celui de al doilea strat de fundație	50
Figura 35 Etapa de realizare a stratului din pământ stabilizat	50
Figura 36 Etapa de realizare a stratului de protecție cu beton asfaltic, grosimea 4,0 cm, sau – aplicarea stratului de protecție din tratament bituminos cu grosimea 3,0 cm.....	51
Figura 37 Etapa de consolidare a acostamentelor, taluzurilor de terasamente și pantelor adiacente drumului.	51
Figura 38 Compactoare tradiționale cu unghi vertical de atac	52
Figura 39 Sistemul de poziționare BCM 05 cu interfața conectat la subsisteme GPS / ATS.....	53
Figura 40 Evaluarea continuă a suprafeței compactate	53
Figura 41 Exemplul de imprimare a rezultatelor testului efectuat de suprafața de compactare	54

Figura 42 Ruloul compactor cu bandajul lise.....	55
Figura 43 Sistemul Vario-Control	55
Figura 44 Sistemul BCM 05 positioning	55
Figura 45 Evoluția modulului de elasticitate dinamic în timp	56
Figura 46 Reprezentarea grafică a indicelui californian de capacitate portantă (CBR).....	59
Figura 47 Rezistența la compresiune monoaxială, în kPa. Probe naturale și stabilizate	61

Lista tabelelor:

Tabelul 1 Pământuri coezive și slab coezive	16
Tabelul 2 Pământuri necoezive	17
Tabelul 3 Umiditatea admisibilă a pământului la compactare	17
Tabelul 4 Evoluția indicelui californian de capacitate portantă CBR în diferite regiuni.....	27
Tabelul 5 Cerințe tehnice către materialele folosite la construcția straturilor de fundație ale drumurilor	37
Tabelul 6 Caracteristicile utilajului tehnologic folosit în procesul de stabilizare a pământurilor la construcția drumurilor auto.....	39
Tabelul 7 Măsurarea umidității la intervalul de 5 m.....	43
Tabelul 8 Determinarea pH-ului	44
Tabelul 9 Valorile coeficienților de compactare relativă.....	48
Tabelul 10 Măsurările strat stabilizat cu deflectometru cu greutate ușoară.....	56
Tabelul 11 Măsurările strat stabilizat cu deflectometru cu greutate ușoară.....	56
Tabelul 12 Determinarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR)	58
Tabelul 13 Rezistențe specifice la compresiune monoaxială pe probe de pământ stabilizat netratat termic și pe probe de pământ stabilizat supus ciclurilor de îngheț - dezgheț	60

Rezumat

Stabilizarea solurilor pentru fundații rutiere nu a dat întotdeauna rezultate bune, una din cauzele principale fiind gradul ridicat de eroare admis în GOST-urile existente la măsurarea parametrilor tehnologici. Eroarea admisibilă a umidității după normativele existente constituie $\pm 2\%$ iar aparatele de măsurare existente au marja de eroare $\pm 2\% - 5\%$.

Baza noii tehnologii îl constituie folosirea stabilizatorului pe bază de compuși organici naturali polienzimici, utilajul performant și sistemul de control operațional. Măsurarea umidității, temperaturii solului și al mediului ambiant, altor parametri, se realizează cu referire la coordonatele geografice, iar controlul compactării stratului consolidat cu deflectometrul electronic de sol cu determinarea modulului de elasticitate dinamic.

Întroducerea amestecurilor (apa + stabilizator) cu dispersie fină se efectuează în procesul de frezare a pământului în diapazonul de la 50 g până la 38,94 l pe m² asigurată de computerul de bord. Echipamentele și tehnologia Nander Grup permit de a reduce eroarea măsurărilor umidității de la $\pm 2\%$ la $\pm 0,1\%$, iar posibilitatea de a crește frecvența de măsurare a umidității prin metoda expres în procesul tehnologic permite atingerea unui grad mai înalt de compactare. Compactarea straturilor tratate se efectuează cu cilindru compactor dotat cu sistem de monitorizare și reglare automată a gradului de compactare.

Rezultatele obținute la realizarea tehnologiei STRUCTURII RUTIERE MULTISTRAT, cu stabilizatori de sol pe bază de compuși organici naturali polienzimici sunt:

- modulul static de elasticitate al stratului tratat atinge valori după:
24 h. – Estat = 130 Mpa; 48 h. – Estat = 170 Mpa; 72 h. – Estat = 200 Mpa;
- indicele californian de capacitate portantă (CBR):
la 2,5 mm penetrare în limitele 55 - 73 (%); la 5,0 mm penetrare în limitele 44 - 66 (%);
- rezistențe specifice la compresiune monoaxială pe probe de pământ stabilizat netratat termic:
de la 247 kPa până la 346 kPa;
- rezistențe specifice la compresiune monoaxială pe probe de pământ stabilizat supus ciclurilor de îngheț-dezgeț: de la 488 kPa până la 1327 kPa.

Tehnologia și echipamentele companiei Nander Grup oferă metode raționale de construcție a structurii rutiere multistrat pe drumuri de toate categoriile și destinațiile, folosind diferite tipuri de pământuri și materiale locale. Nivelul ridicat de control, înregistrare, măsurare, dozare al procesului tehnologic, minimizează influența factorului uman. Ca rezultat se reduc de până la jumătate cheltuielile financiare și materiale la construcția drumurilor agricole și publice.

Abstract

Soil Stabilization for road foundations did not always give good results, one of the main reasons being the high degree of error admissible in existing GOST at measuring of technical parameters. Admissible error of moisture by STAS is $\pm 2\%$ and existing measuring devices have error margin of $\pm 2\% - 5\%$.

The basis of the new technology is represented by use of stabilizer based on polyenzymic natural organic compounds, modern equipment and operational control system. Measuring of moisture, soil temperature, environment and other parameters are done with reference to the geographical coordinates, compaction control of consolidated layer with soil electronic deflectometer with determination of dynamic elastic modulus.

The introduction of blends (water + stabilizer) with fine dispersion is carried out in the milling process of land in diapason from 50 g up to 38.94 l per m² assured by the onboard computer.

Nander Grup equipments and technology allow reducing the moisture measurement error from $\pm 2\%$ to $\pm 0.1\%$ and the possibility to increase the frequency of the moisture measurement through express method in the technological process allow to achieve a higher degree of compaction. Compaction of treated layers is performed with a compactor cylinder equipped with monitoring and automatic control system of the compaction degree.

The obtained results at achievement of the MULTILAYER ROAD STRUCTURE technology, with soil stabilizers based on polyenzymic natural organic compounds are:

- Static modulus of elasticity of the treated layer reach values after:
24 h. – Estat = 130 Mpa; 48 h. - Estat = 170 Mpa and - 72 h. - Estat = 200 Mpa;
- Californian index of bearing capacity (CBR):
at 2.5 mm penetration within the limits of 55-73 (%); at 5.0 mm penetration within the limits of 44-66 (%);
- The specific resistance to monoaxial compression on samples of stabilized soil untreated thermal: from 247 kPa up to 346 kPa;
- The specific resistance to monoaxial compression on samples of stabilized soil subjected to freeze-thaw cycles: from 488 kPa up to 1327 kPa.

Technology and equipments of Nander Group Company offers rational methods of construction of the multilayer road structure on the road of all categories and destinations, using different kinds of lands and local materials. The high level of control, recording, measurement, dosage of the technological process minimizes the human factor influence. As a result reduces up to half the financial costs and materials for construction of agricultural and public road.