https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.26.147

УДК 625.7/.8

Каськів В. І., *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Півторацький Д. С., *https://orcid.org/0000-0002-8405-3980*
Дубова О. А., *https://orcid.org/0000-0001-9732-1684*
Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ДЛЯ УКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Анотація

Вступ. Однією з основних причин утворення деформацій на дорогах, є розущільнення ґрунтів робочого шару земляного полотна і не укріплених нижніх шарів дорожніх конструкцій. Для усунення даної проблеми використовують технологію укріплення ґрунту. Ґрунт, укріплений в'яжучим — штучний монолітний матеріал, який утворюється при твердінні ґрунту, після оброблення в'яжучим, внаслідок фізичних та/або хімічних процесів після ущільнювання і витримування за встановлених умов, та задовольняє стандартні вимоги до фізико-технічних показників у проектні та проміжні строки.

Стабілізатор ґрунтових мас — це модифікатор поверхні ґрунтових часток, що впливає на значення водневого показника, в якому формується структура ґрунту, покращує фізико-механічні властивості ґрунту.

Проблематика. При будівництві та ремонті автомобільних доріг, досить часто, стикаються з проблемою незадовільної несної здатності ґрунтів основи і земляного полотна. Для раціонального вирішення даної проблеми розглядається можливість укріплення чи стабілізація ґрунту.

Мета. Метою роботи є аналіз даних лабораторних досліджень та визначення ефективності використання стабілізаторів для ґрунту.

Матеріали та метод. Аналіз інформаційних джерел щодо закордонного та вітчизняного досвіду застосування стабілізаторів для ґрунтів.

Результати. Результатом роботи є встановлення фізико-механічних властивостей ґрунту із застосуванням стабілізатора і без нього.

Висновки. При використанні стабілізаторів ґрунтів, запорукою ефективного використання капіталовкладень при будівництві чи реконструкції автомобільної дороги за рахунок збільшення міцності дорожньої конструкції, ми вбачаємо у чіткому розумінні функціональної спрямованості використання добавки, вибору відповідної технології, підборі оптимального складу суміші та виду стабілізатора.

Виконані дослідження у ДП «ДерждорНДІ» доцільності застосування стабілізатора на полімерній основі з метою комплексного укріплення супіску для підвищення міцності ґрунтів основи насипу встановили, що при отриманих пропорціях добавки і цементу досягнуто позитивного результату.

Ключові слова: границя міцності на стиск, ґрунт, земляне полотно, комплексна стабілізація, несна здатність, ПАР, стабілізатор, стабілізація, оптимальна вологість, укріплення.

Вступ

В останні роки перед дорожньою галуззю стоять завдання, спрямовані на розвиток мережі та відновлення вже існуючих доріг, які повинні привести до прискорення зростання економіки країни, поліпшення якості життя населення, збільшення їх мобільності, зниження транспортних витрат. При цьому особливо актуально використовувати такі технології, які дозволяють зменшити вартість і скоротити строки будівництва доріг за одночасного підвищення їх надійності. Це питання буде звучати ще більш потужно, при відновленні дорожньої інфраструктури після нашої Перемоги.

Забезпечення міцності земляного полотна та несної здатності його верхніх шарів є запорукою надійності конструкції дорожнього одягу.

Досить часто місцеві ґрунти непридатні для використання у дорожньому будівництві, а транспортування фракційних матеріалів, щебню чи піску, до місця виконання дорожньо-будівельних робіт веде до здорожчання цих матеріалів у кілька разів. Одним із рішень даної проблеми, поряд із використанням традиційних технологій, декілька широке застосування при будівництві та ремонті доріг технології укріплення чи стабілізації місцевих ґрунтів.

При написанні статті враховувався накопичений вітчизняний і зарубіжний досвід використання стабілізаторів (хімічних добавок) та в'яжучих для поліпшення властивостей ґрунтів у дорожньому будівництві. Однак, слід чітко розмежувати паралельно існуючі, але різні технології: технологію стабілізації ґрунтів і технологію укріплення ґрунтів.

Основна частина

Відповідно до діючих національних стандартів: ґрунт, укріплений в'яжучим — штучний монолітний матеріал, який утворюється при твердінні ґрунту, після оброблення в'яжучим, внаслідок фізичних та/або хімічних процесів після ущільнювання і витримування за встановлених умов, та задовольняє стандартні вимоги до фізико-технічних показників у проектні та проміжні строки.

Стабілізатор ґрунтових мас — це модифікатор поверхні ґрунтових часток, що впливає на значення водневого показника, в якому формується структура ґрунту, покращує фізико-механічні властивості ґрунту.

Технології оброблення ґрунтів для їх стабілізації та/або укріплення реалізуються за допомогою рівномірного перемішування ґрунту з добавками (стабілізаторами) та його максимальне ущільнення за оптимальної вологості.

Слід розрізняти такі технології: стабілізацію, комплексну стабілізацію та комплексне укріплення ґрунтів.

Технологія стабілізації відрізняється тим, що глинисті ґрунти обробляються лише тими видами стабілізаторів, які не містять в'яжучих як структуроутворюючих елементів, тобто згідно із загальною класифікацією (див. **рис. 1**) до них слід відносити катіонні (катіоноактивні), аніонні (аніоноактивні), універсальні та наноструктуровані стабілізатори.

За допомогою технології стабілізації змінюється гідрофобність ґрунту. За рахунок зменшення коефіцієнта фільтрації знижується його водопроникність. Також знижується ймовірність виникнення деформації ґрунтів, яка проявляється в їхньому здиманні чи набуханні. Зокрема, при зволоженні талими або поверхневими водами [1].

Технологія комплексної стабілізації відрізняється тим, що глинисті ґрунти обробляються структурованими стабілізаторами (див. **рис. 1**), тобто тими, що містять у своєму складі в'яжуче, або будь-якими іншими стабілізаторами в кількості, що не перевищує 2,0 % за масою ґрунту, або застосовуються всі інші види стабілізаторів, згідно з їхньою загальною класифікацією (див. **рис. 1**, **рис. 2**), але з додатковим внесенням у ґрунт в'яжучого у тій же кількості.

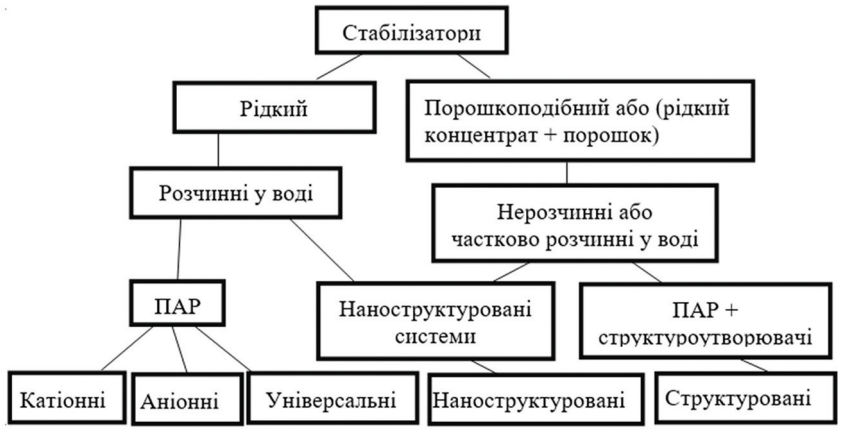

Рисунок 1 — Класифікація стабілізаторів

Технології комплексної стабілізації глинистих ґрунтів сприяє утворенню жорстких кристалізаційних зв'язків, що позитивно позначається на збільшенні показників фізико-механічних характеристик ґрунтів і насамперед таких, як зсувна міцність та модуль деформації.

Збільшення міцнісних і деформаційних характеристик комплексно стабілізованих глинистих ґрунтів дає можливість використовувати їх для влаштування не тільки робочого шару, але й для узбіччя, а також ґрунтових основ дорожнього одягу та покриттів місцевих (сільських) доріг. Збільшення кількості в'яжучого, яке використовують при обробленні ґрунтів, понад 2,0 % за масою при збереженні кількості добавок, що вводяться в ґрунт, стабілізаторів (до 0,1 % за масою) переводить технологію стабілізації ґрунтів у технологію укріплення ґрунтів, яку з урахуванням наявності добавок слід характеризувати як технологію комплексного укріплення ґрунтів [2, 3].

З урахуванням викладеного, класифікація стабілізаторів (див. **рис. 2**) складена за призначенням оброблення ґрунтів добавками. Це означає, що залежно від кінцевого призначення вибирають певний вид оброблення ґрунту з урахуванням його властивостей за показником pH і виду сумісного із цим ґрунтом стабілізатора [4].

Прикладний характер класифікації стабілізаторів виражено у її функціональній спрямованості, тобто вона чітко відображає мету та область використання стабілізатора в дорожній конструкції. Виділяються такі основні цільові функції:

Перша функція — гідрофобізація ґрунту в робочому шарі.

Друга функція — структуризація (разом з гідрофобізацією) ґрунту в основі дорожнього одягу.

Третя функція — підвищення морозо- та тріщиностійкості укріплених ґрунтів у конструктивних шарах дорожнього одягу.

Всі виділені цільові функції процесу впливу на ґрунт добавками стабілізатора реалізуються за допомогою подібної технології, в основі лежить поєднання ґрунту з добавками та його ущільнення при оптимальній вологості.

Відмінність у фізико-механічних властивостях отриманої ґрунтової суміші залежить від виду та кількісних співвідношень стабілізатора і в'яжучого у ґрунті [5].

Якість суміші залежить від:

– складу та властивостей зв'язних ґрунтів;

– кількості та концентрації в'яжучого;

– складу та властивостей стабілізатора;
– кількості та концентрації стабілізатора.

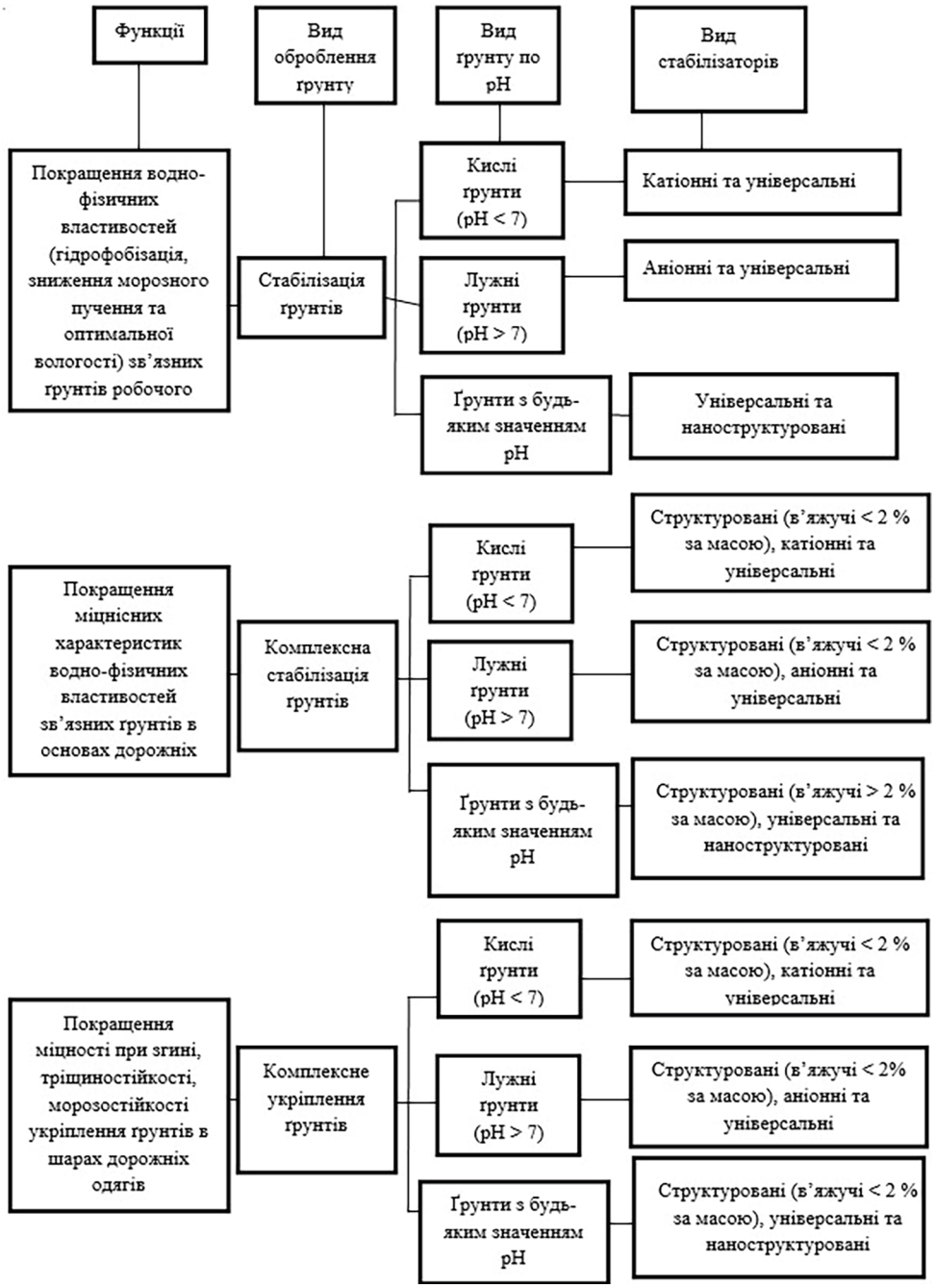

Рисунок 2 — Класифікація стабілізаторів за їх призначенням

Технологія укріплення та стабілізації ґрунтів широко застосовується по всьому світу вже багато десятиліть і показала значну перевагу поряд з різними аналогами. Для будівництва основи — стабілізація та укріплення ґрунту у багатьох випадках є найбільш вигідним та оперативним

способом вирішення питання за багатьма економічними критеріями. Стабілізація ґрунтів в'яжучими речовинами допомагає збільшити міцність місцевих ґрунтів, підвищити їх морозо- та водостійкість, покращити фізико-механічні властивості. Перевагою даного методу є те, що завдяки появі нової спеціалізованої техніки та унікальних добавок він дозволяє значно спростити та прискорити процес виконання робіт, скоротити вартість і строки будівництва та, одночасно, забезпечити збільшення міжремонтних строків [6].

ДП «ДерждорНДІ» має значний практичний досвід з випробування стабілізаторів різного хімічного складу і походження. Враховуючи особливості клімату України і генезису ґрунтів, не всі дослідні зразки доказували свою ефективність і придатність для застосування в конкретних регіонах країни. Нижче наведені результати дослідження стабілізатора на основі полімерів.

У лабораторних умовах працівниками ДП «ДерждорНДІ» виконано випробування зразків комплексно укріпленого ґрунту та ґрунту укріпленого цементом (контрольні зразки) згідно з [7]. Перед випробуванням також визначали вид ґрунту, його оптимальну вологість та максимальну щільність.

Під час випробувань використовували портландцемент марки М 400. Згідно з діючими нормативними документами було проведено випробування з визначення границі міцності при стиску (**рис. 3** та **рис. 4**) та коефіцієнта морозостійкості.

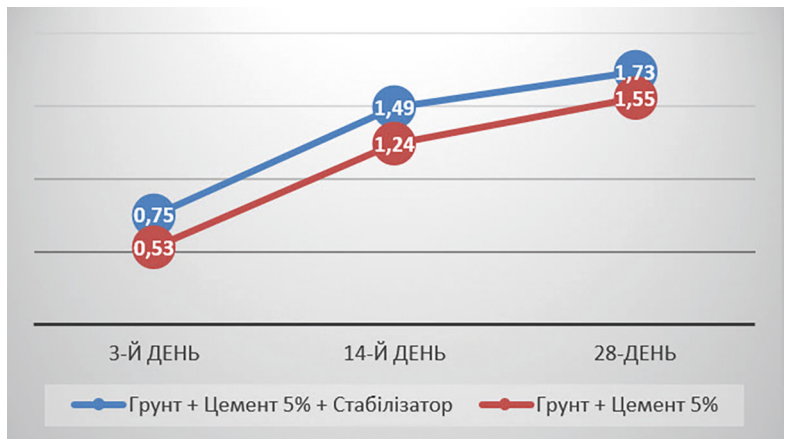

Рисунок 3 — Результати випробування зразків на міцність при стиску із 5 %

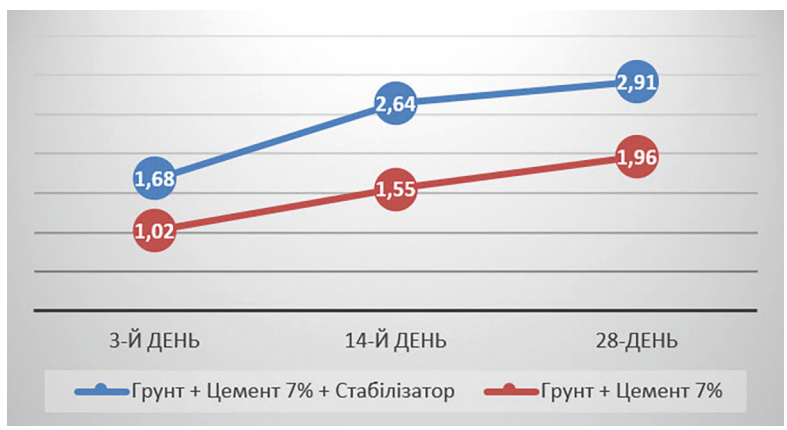

Рисунок 4 — Результати випробування зразків на міцність при стиску із 7 %

Як можна побачити із даних, які наведені на **рис. 3** і **рис. 4**, марка за міцністю зразків у водонасиченому стані, які було укріплено 5,0 % цементу, відповідає марці М 10, а зразків, які було укріплено 7,0 % цементу — М 20.

Також у ході дослідження встановлено, що коефіцієнт морозостійкості відповідає марці М 10 і М 20 відповідно [1].

Аналіз результатів дослідження встановив, що використання стабілізатора на основі полімерів при комплексному укріплені супісків підвищив показник границі міцності при стиску зразків більше ніж на 10 % порівняно із контрольними зразками при 5,0 % вмісті цементу і майже на 50 % — при 7,0 % цементу.

Проте, потрібно зазначити, що у кожному конкретному випадку необхідний вміст добавки необхідно визначати в лабораторії за результатами випробування зразків.

Висновки

На сучасному етапі розвитку науки і техніки, щорічно на дорожньому ринку країн Європи і України появляються нові дорожньо-будівельні матеріали, зокрема для стабілізації й укріплення ґрунтів. Це викликано потребою і реаліями часу, впровадженням основ рециркулярної економіки й ініціатив The European Green Deal. Тому не викликає сумнівів доцільність використання, при будівництві нових і реконструкції існуючих автомобільних доріг, некондиційних земель, матеріалів отриманих із відходів промисловості тощо.

Одним із способів вирішення питання використання малопридатних ґрунтів для ґрунтової основи, насипів тощо є їх укріплення чи стабілізація. Враховуючи практичний досвід, можемо стверджувати, що тільки після проведення лабораторних випробувань можна визначити чи підходить той чи інший стабілізатор для укріплення ґрунту, який знаходиться на об’єкті. Адже один і той самий стабілізатор може по різному взаємодіяти з різними видами ґрунту і у різних інженерно-геологічних умовах. Зокрема, виконані дослідження у ДП «ДерждорНДІ» доцільності застосування стабілізатора на полімерній основі з метою комплексного укріплення супіску для підвищення міцності ґрунтів основи насипу встановили, що при отриманих пропорціях добавки і цементу досягнуто позитивного результату.

Отже, при використанні стабілізаторів ґрунтів, запорукою ефективного використання капіталовкладень при будівництві чи реконструкції автомобільної дороги за рахунок збільшення міцності дорожньої конструкції, ми вбачаємо у чіткому розумінні функціональної спрямованості використання добавки, вибору відповідної технології, підборі оптимального складу суміші та виду стабілізатора.

Список літератури

1. Vladyslav Havryshchuk, Volodymyr Kaskiv. Mathematical model for the duration of runoff formation determined from the road surface. Heliyon. 6. 2020. e05687. P. 1–7.

2. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аеродромном строительстве. *Транспорт*, Москва, 1971. С. 247.

3. Abdullah Nasir Khan, Yakub Ansari, Saud Mahvi, Mohammad Junaid, Khalid Iqbal. Different Soil Stabilization Techniques. International Journal of Advanced Science and Technology. Australia. 2020. Vol. 29, No. 9 p.

4. M.R. Hall, K.B. Najim, and P. Keiehaei Dehdezi. Soil stabilization and earth construction: materials, properties and techniques. Book chapter. Woodhead Publishing Limited. UK. 2012. P. 222–255.

5. Бесараб О.М., Гуріна Л.І., Опрощенко І.О. Дослідження добавки Infra Crete для підвищення фізико-механічних властивостей грунту. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2008. Вип. 75. С. 260–266.

6. ОДМ 218.3.076-2016 Методические рекомендации по подбору стабилизаторов грунтов и грунтовых смесей для дорожного строительства. Москва, 2016. (Інформація та документація).

7. ДСТУ Б В.2.7-309:2016 Ґрунти, укріплені в'яжучим. Методи випробувань. Київ, 2016, 30 с. (Інформація та документація).

8. ДСТУ 8801:2018 Автомобільні дороги. Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з укріплених ґрунтів. Київ, 2009, 23 с. (Інформація та документація).

References

1. Vladyslav Havryshchuk, Volodymyr Kaskiv. Mathematical model for the duration of runoff formation determined from the road surface. Heliyon. 6. 2020. e05687. P. 1–7 [in English].

2. Bezruk V.M. Ukreplenye hruntov v dorozhnom y aerodromnom stroytelstve [Soil strengthening in road and airfield construction]. Moscow, 1971. 247 p. [in Russian].

3. Abdullah Nasir Khan, Yakub Ansari, Saud Mahvi, Mohammad Junaid, Khalid Iqbal. Different Soil Stabilization Techniques. International Journal of Advanced Science and Technology. Australia. 2020. Vol. 29, No. 9 p. [in English].

4. M.R. Hall, K.B. Najim, and P. Keiehaei Dehdezi. Soil stabilization and earth construction: materials, properties and techniques. Book chapter. Woodhead Publishing Limited. UK. 2012. P. 222–255. [in English].

5. Besarab O.M., Hurina L.I., Oproshchenko I.O. Doslidzhennia dobavky Infra Crete dlia pidvyshchennia fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei hruntu [Research of the Infra Crete additive to improve the physical and mechanical properties of the soil]. *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*. Kyiv, 2008. Iss. 75. P. 260–266 [in Ukrainian].

6. ODM 218.3.076-2016 Metodycheskye rekomendatsyy po podboru stabylyzatorov hruntov y hruntovykh smesei dlia dorozhnoho stroytelstva [Guidelines for the selection of soil stabilizers and soil mixtures for road construction]. Moscow, 2016 (Information and documentation) [in Russian].

7. DSTU B V.2.7-309:2016 Hrunty, ukripleni viazhuchym. Metody vyprobuvan [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-309:2016) Binder-strengthened soils. Test methods]. Kyiv, 2016, 30 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. DSTU 8801:2018 Avtomobilni dorohy. Nastanova z vlashtuvannia shariv dorozhnoho odiahu z ukriplenykh hruntiv [State Standard of Ukraine (DSTU 8801:2018) Motor roads guidelines on pavement construction using stabilized soils]. Kyiv, 2009, 23 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Volodymyr Kaskiv, *Ph.D., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Dmytro Pivtoratskyi, *https://orcid.org/0000-0002-8405-3980*
Olha Dubova, *https://orcid.org/0000-0001-9732-1684*

M.P. Shulgin State Road Research Institute – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF USE OF STABILIZERS FOR SOIL REINFORCEMENT

Abstract

Introduction. One of the main causes of deformation on roads is the deconsolidation of soils of the working layer of the subgrade and the non-strengthened lower layers of road structures. To eliminate

this problem the technology of soil strengthening is used. Soil strengthened by the binder is an artificial monolithic material, which is formed by hardening the soil, after treatment with the binder, due to the physical and/or chemical processes after compaction and curing under specified conditions, and satisfies the standard requirements for physical and technical indicators in the project intermediate terms.

Soil mass stabilizer is a modifier of the soil particles surface, which affects the value of the hydrogen index in which the soil structure is formed, improves the physical and mechanical properties of the soil.

Problem statement. During road construction and repairing, the problem of unsatisfactory bearing capacity of subgrade appears quite often. For rational solving of this problem, the possibility of strengthening or stabilizing the soil is considered.

Purpose. The purpose of the work is the analysis of laboratory tests data and determination of the effectiveness of soil stabilizers use.

Materials and method. Analysis of information sources on foreign and domestic experience of soil stabilizers use.

Results. The result of the work is established physical and mechanical properties of the soil with and without the use of stabilizer.

Conclusions. When using soil stabilizers, the key to the effective use of capital investments in the construction or reconstruction of roads by increasing the strength of the road structure we see in a clear understanding of the functional orientation of the additive, the choice of appropriate technology, the selection of the optimal mix design and type of stabilizer.

The research carried out at the State Enterprise «DerzhdorNDI» on the expediency of using a polymer-based stabilizer for the complex strengthening of sandy loam to increase the strength of the embankment base soil found that the obtained proportions of additive and cement have achieved a positive result.

Keywords: compression strength limit, doil, subgrade, complex stabilization of soil, bearing capacity, surfactants, stabilizer, stabilization, optimum humidity, reinforcement.