

І. П. Гамеляк¹
Є. І. Оксень¹
А. М. Дмитриченко¹
І. В. Коц²

РОЗРАХУНОК ОСНОВ НАСИПІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА СЛАБКИХ ЛЕСОВИХ ҐРУНТАХ З УЩІЛЬНЕННЯМ УДАРНИМ МЕТОДОМ

¹Національний транспортний університет

²Вінницький національний технічний університет

Анотація

У доповіді розглянуто проаналізовані методичні рекомендації щодо розрахунку основ насипів при будівництві автомобільних доріг на слабких лесових ґрунтах з використанням ударного методу ущільнення. Досліджено теоретичні аспекти механіки ударного ущільнення слабких ґрунтів, а також проведено аналіз результатів закордонних досліджень у цій області. На основі отриманих даних було розроблено рекомендації для покращення міцності і надійності конструкцій основ автомобільних доріг на слабких лесових ґрунтах з ущільненням ударним методом. Очікується, що ці рекомендації сприятимуть підвищенню ефективності будівництва дорожніх магістралей на проблемних ділянках з м'якими ґрунтами, що в подальшому сприятиме покращенню транспортної інфраструктури та зниженню експлуатаційних витрат.

Ключові слова: Насип автомобільних доріг; слабка основа; ударне ущільнення; осадка; лес та лесовидні ґрунти

Abstract

The report discusses the analyzed methodical recommendations for the calculation of embankment foundations during the construction of highways on weak loess soils using the impact compaction method. The theoretical aspects of the mechanics of impact compaction of weak soils have been studied, and the results of foreign research in this area have also been analyzed. Based on the obtained data, recommendations were developed for improving the strength and reliability of the structures of highway foundations on weak loess soils with impact compaction. It is expected that these recommendations will contribute to the improvement of the efficiency of the construction of road highways in problematic areas with soft soils, which will further contribute to the improvement of transport infrastructure and the reduction of operational costs.

Key words: Highway embankment; weak base; shock sealing; sediment; forest and forest-like soils

Вступ

На даний час, як в Україні, так і за кордоном, дедалі поширюються проблеми щодо недостатньої міцності та надійності основ автомобільних доріг, які будуються на ділянках залягання слабких водонасичених, просідних лесових та лесовидних ґрунтів. Це призводить до нерівномірності осідання насипів, утворення колій, зсувів, напливів, тріщин та інших пошкоджень дорожнього покриття, зокрема, на ділянках виїмок та в нульових місцях, що спричинює зниження безпеки руху, обмежує пропускну здатність, підвищує собівартість транспортування і призводить до значних економічних збитків.

Посиленню цих негативних наслідків сприяють як постійне збільшення інтенсивності навантажень від транспортних засобів, так і зменшення кількості ділянок для будівництва автомобільних доріг на міцних природних ґрунтах. Аналіз стану дорожньої інфраструктури України свідчить, що з загальної протяжності доріг, які потребують капітального ремонту, близько 10 тис. км розташовані на слабких ґрунтах, в тому числі з підвищеною водонасиченістю. На 70% території країни розташовані лесові та

лесовидні ґрунти, які мають високу міцність в сухому стані, проте при перезволоженні, через високу макропористість, втрачають несну здатність і просідають навіть від невеликого перевантаження у процесі експлуатації.

У зв'язку з потужністю лесових шарів у аридних зонах, особливо на півдні країни, яка може сягати до 30 метрів, проблема підвищення щільності і міцності слабких ґрунтів ударним методом стає надзвичайно актуальною. Міжнародний досвід підтверджує можливість отримання економічного ефекту у 15-25% під час будівництва автомобільних доріг з відповідною міцністю та оптимізації ремонтів шляхів шляхом збільшення щільності та міцності без земельних робіт на слабких ґрунтах через ударне ущільнення.

На сьогодні відсутній офіційно затверджений науково-технічно обґрунтований підхід до визначення раціональних параметрів ущільнення та конструкції підсилення слабких водонепроникних та просідних лесових або лесовидних ґрунтів ударним методом. Тому дослідження, спрямовані на підвищення міцності та надійності конструкцій, розробку методики розрахунку та рекомендацій проектування основ автомобільних доріг на слабких ґрунтах з ущільненням ударним методом, є крайньо актуальними для України.

Об'єктом дослідження є процес ущільнення основи насипів автомобільних доріг на слабких лесових та лесовидних просідних ґрунтах за допомогою ударного методу.

Предметом дослідження є теоретичний аналіз впливу параметрів удару (контактна напруга, питомий імпульс, питома енергія удару) на зміну властивостей лесового ґрунту.

Мета роботи полягала у розробці методики розрахунку основ насипів автомобільних доріг на слабких лесових та лесовидних просідних ґрунтах з використанням ударного методу для скорочення витрат матеріальних ресурсів і часу на будівництво основи.

Методи дослідження включали аналіз літературних джерел, теоретичний аналіз взаємодії системи "ударник — шар ґрунту", експериментальні дослідження впливу контактної напруги, питомого імпульсу та питомої енергії удару на зміну модуля деформації лесового ґрунту, а також синтез даних та формулювання висновків.

Результати досліджень

Проведено науково-дослідну роботу, пов'язану з розробленням рекомендацій з розрахунку основ насипів автомобільних доріг на слабких лесових ґрунтах з їх ударним ущільненням. У ході досліджень вивчалися такі аспекти, як:

- аналіз результатів ударного ущільнення ґрунту за закордонними дослідниками;
- вивчення впливу повторних динамічних навантажень на міцність ґрунту з використанням сучасних теорій пристосування ґрунту як пластичної речовини;
- чисельне моделювання ущільнення шарів лесових ґрунтів циліндричним штампом з використанням програми PLAXIS;
- моделювання ударного ущільнення ґрунту для розроблення обладнання для подальших експериментальних досліджень на наступних етапах науково-дослідної роботи.

Висновки

Після проведення науково-дослідної роботи та розробки методичних рекомендацій з розрахунку основ насипів автомобільних доріг на слабких лесових ґрунтах з ущільненням ударним методом можна зробити такі висновки:

1. Здійснено комплексне дослідження процесу ущільнення основи насипів на слабких лесових ґрунтах за допомогою ударного методу. Результати експериментальних та теоретичних досліджень дозволили розробити методику розрахунку оптимальних параметрів ударного ущільнення для підвищення міцності та надійності конструкцій.

2. Виявлено значний потенціал ударного ущільнення у покращенні щільності та міцності слабких лесових ґрунтів, що може призвести до покращення стійкості дорожніх основ, зниження пошкоджень покриття та скорочення витрат на будівництво та ремонт доріг.

3. Розроблені методичні рекомендації відображають оптимальний підхід до розрахунку основ автомобільних доріг на слабких лесових ґрунтах з використанням ударного методу ущільнення, що

сприятиме підвищенню ефективності будівництва, зменшенню експлуатаційних витрат та покращенню якості дорожньої інфраструктури.

Отже, розроблені методичні рекомендації щодо розрахунку основ насипів на слабких лесових ґрунтах з ущільненням ударним методом вважаються перспективними та корисними для покращення характеристик дорожніх магістралей і можуть бути використані для оптимізації будівництва та підвищення якості транспортної інфраструктури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу : дис... д-ра техн. наук: 05.22.11 / Національний транспортний ун-т. - К., 2005.
2. Gameliak I.P., Diakovska T.I., Zhurba G.V. Ensuring the bearing capacity of the ground base of airfield pavement on loess soils // Geosynthetics: Leading the Way to a Resilient Planet. 1st Edition. First Published . 2023. P. 1766 – 1772. (SCOPUS) <https://doi.org/10.1201/9781003386889>.
3. Gameliak I., Nikolaichuk A., Zhurba G. (2022). Reliability of construction road pavements reinforced by geosynthetic materials. 11th International Conference on Geosynthetics 2018, ICG 2018, 2 , pp. 1176-1184. 7th EuroGeo Conference IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1260 (2022) 012032 IOP Publishing (Scopus) doi:10.1088/1757-899X/1260/1/012032.
4. Radovsky R.S. and Murashina N.V. Shakedown of subgrade soil under repeated loading. Transportation Research Record, 1547:82{88, 1996.
5. Yu H.S. and Hossain M.Z. Lower bound shakedown analysis of layered pavements using discontinuous stress_elds. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 167:209{222, 1998.
6. Shiau S.H. and Yu H.S. Shakedown of three-layered pavements. 7th International Conference on Structural Failure and Plasticity, Melbourne, Australia, 1999.
7. Collins I.F. and Boulbibane M. Geomechanical analysis of unbound pavements based on shakedown theory. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 126(1):50 {59, 2000.

Гамеляк Ігор Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри системного проектування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, Національний транспортний університет, e-mail: gip65n@gmail.com, ORCID 0000-0001-9246-7561

Оксень Євген Іванович – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», e-mail: gip65n@gmail.com,

Дмитриченко Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний транспортний університет, e-mail: gip65n@gmail.com,

Коц Іван Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com.

Hameliak Igor P. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of System Design of Transport Infrastructure Objects and Geodesy, National Transport University, e-mail: gip65n@gmail.com, ORCID 0000-0001-9246-7561

Oksien Yevhen I. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department, State Research Institute of Building Structures, e-mail: gip65n@gmail.com,

Dmytrychenko Andrii M. – PhD (Technical Sciences), Senior Researcher, National Transport University, e-mail: gip65n@gmail.com

Kots Ivan V. - PhD (Technical Sciences), Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Scientific Supervisor of the Hydrodynamics Research Laboratory, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ORCID: 0000-0003-0870-6385, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com.