

ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ УТОЧНЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ  
ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПО РЕКОНСТРУКЦІЇ  
І КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Шуляк І.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE NEED TO CLARIFY THE CALCULATED CHARACTERISTICS OF SOIL  
IN JUSTIFICATION OF PROJECT DECISIONS IN THE RECONSTRUCTION AND  
OVERHAUL OF THE ROADS

Shulyak I.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

О НЕОБХОДИМОСТИ УТОЧНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ  
ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ  
И КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Шуляк И.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Одним із суттєвих факторів, який призводить до руйнування дорожньої конструкції, є недоврахування фактичного стану ґрунтів земляного полотна при проектуванні дорожнього одягу.

За радянськими методиками запроєктувати дорогу згідно з нормативними документами [1], [2], [3], [4] можна було без виконання детальних польових вишукувань. В цих нормативних документах для кожної дорожньо-кліматичної зони наводяться розрахункові характеристики ґрунтів та інших дорожньо-будівельних матеріалів, засновані на усереднених статистичних даних. Визначати фактичні значення модулів пружності в конкретних умовах проектування чи реконструкції шляхом польових випробувань не вважалося доцільним. Це призводить до того, що проектні рішення по реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг часто виявляються не достатньо обґрунтованими [5].

Аналіз останніх досліджень.

В роботі [6] вказано, що табличні значення розрахункових характеристик матеріалів були встановлені шляхом усереднення результатів багаточисленних експериментів, проведених в 60-70-х роках минулого століття. Приклад такого усереднення наведено на рис. 1 [7].

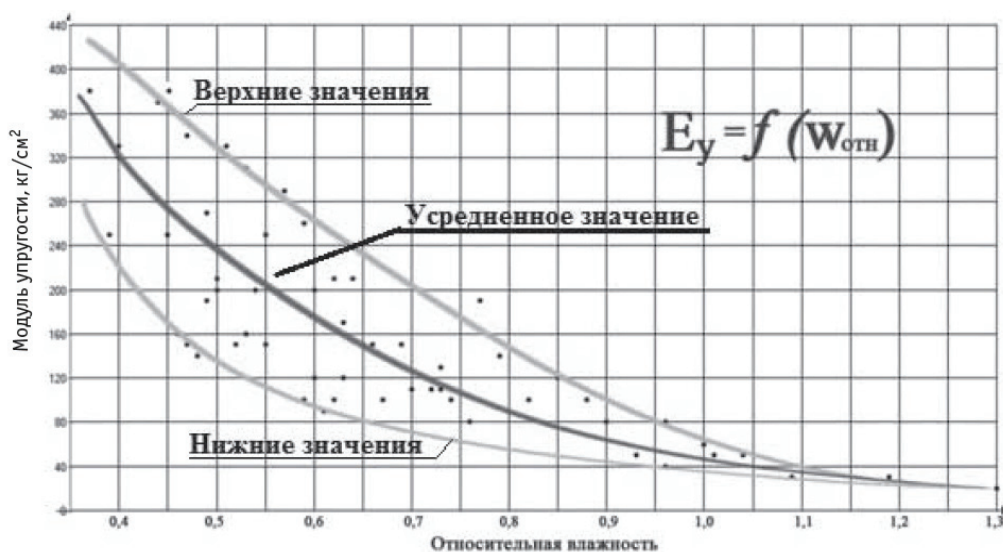


Рисунок 1 – Залежність модуля пружності легких супісків та пілуватих пісків від вологості

З цього рисунку випливає, що при розрахунковій вологості 0,6 вказані ґрунти можуть мати модуль пружності від 90 до 250 МПа.

В роботі [8] серед можливих причин невідповідності розрахункових значень модулів пружності дорожніх конструкцій фактичним значенням, відмічається й те, що використання табличних значень, передбачає дотримання при будівництві деякої певної технології і рівня якості, тоді як в конкретному випадку модулі пружності можуть видозмінюватися, а для існуючої дороги вони взагалі залишаються невідомими. Також, відмічається, що в конструкції, яка знаходиться на протязі того чи іншого часу в експлуатації, характеристики шарів змінюються, і ступінь і напрямок їх змін залишаються невідомими [8].

Формулювання цілей статті.

Ціллю статті є порівняння розрахункових та фактичних характеристик ґрунтів на конкретних ділянках автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу дослідження.

На декількох із дослідних ділянок, зображених на рис. 2, в різні роки були виміряні фактичні прогини поверхні покриттів у розрахунковий період.

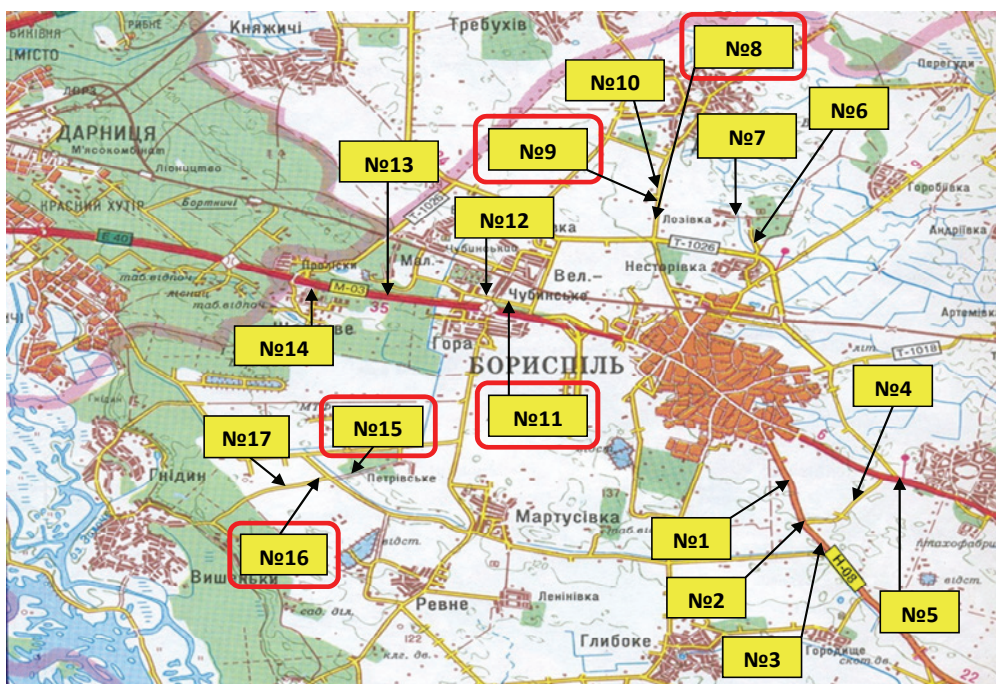


Рисунок 2 – Розміщення дослідних ділянок

У безпосередній близькості від точок вимірювань були відібрані керни (рис. 3), за якими визначались товщини шарів із зв'язних матеріалів.



Рисунок 3 – Відбір кернів на дослідних ділянках

Товщини шарів із зернистих та малозв'язних матеріалів були встановлені після пошарового розкриття дорожніх конструкцій в місцях, де відбирались керни.  
 Конструкції дорожніх одягів на обраних ділянках наведені на рис. 4.

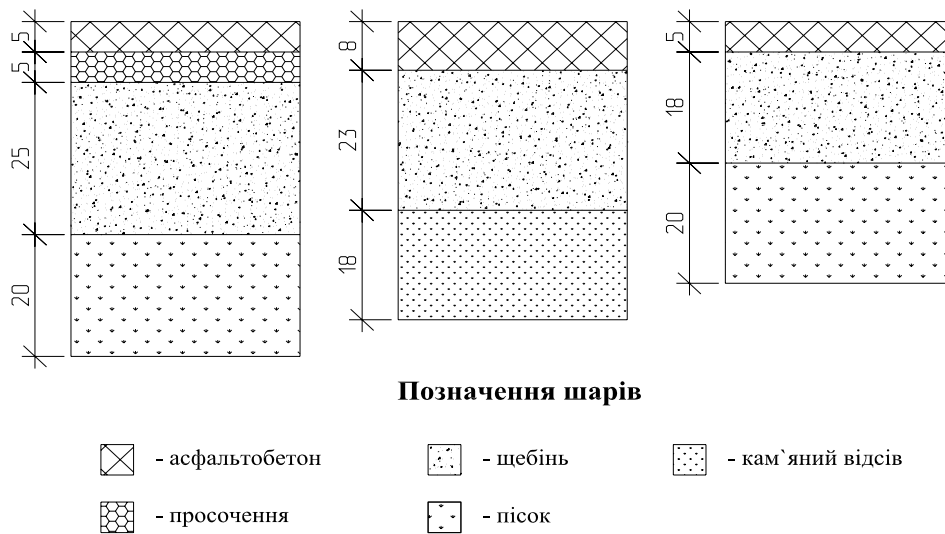


Рисунок 4 – Конструкції дорожніх одягів на дослідних ділянках №8-9, 11, 15-16

Для отримання розрахункових значень пружних прогинів наведені варіанти конструкцій дорожнього одягу приводились до двошарової системи (рис. 5).

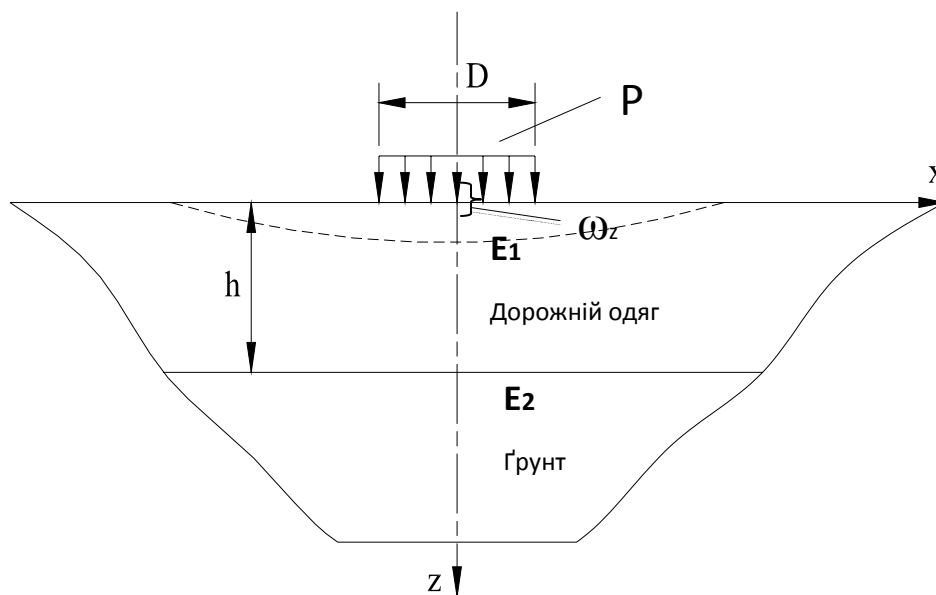


Рисунок 5 – Розрахункова схема для визначення пружного прогину поверхні двошарової системи

За модуль пружності напівпростору  $E_2$  було прийнято середнє значення модуля пружності ґрунту – суглинку з табл. Д.7 додатка Д [3], яке складає 38 МПа.

Модуль пружності верхнього шару  $E_1$  двошарової системи розраховувався за відомою формулою О.М. Кривиського [9]:

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (1)$$

де  $E_i$  – модуль пружності  $i$ -го шару, МПа;  
 $h_i$  – товщина  $i$ -го шару, м.

Значення модулів пружності шарів дорожніх конструкцій були взяті з [3] додатку Е. Результати розрахунку наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку модуля пружності верхнього шару двошарової системи

Номер конструкції	Модуль пружності, МПа
11	589
15, 16	820
8, 9	642

Для визначення максимального пружного прогину поверхні отриманої двошарової системи від розрахункового навантаження скористаємось формулою Барбера:

$$\omega_{z=[z=0]} = \frac{3PD}{4E_1} \cdot \left( \frac{\frac{E_1(1-\mu_2^2)}{E_2(1-\mu_1^2)} - 1}{\sqrt{\left(\frac{2h}{D}\right) \cdot \left(\frac{E_1(1-\mu_2^2)}{E_2(1-\mu_1^2)}\right)^{2/3} + 1}} + 1 \right), \quad (2)$$

де  $E_1, E_2$  – модулі пружності відповідно верхнього і нижнього шарів двошарової системи, МПа;  
 $\mu_1, \mu_2$  – коефіцієнти Пуассона;  
 $h$  – товщина шару, см;  
 $D$  – діаметр штампа, см;  
 $P$  – розрахункове питома навантаження на поверхні, МПа.

В діючому нормативному документі [3], таблиці і номограми складені для  $\mu_1 = 0,25$  і  $\mu_1 = 0,35$ , що відповідає середнім значенням коефіцієнта Пуассона дорожньо-будівельних матеріалів і ґрунтів, які працюють під дією навантаження в стадії зворотних деформацій.

Підставивши вказані значення коефіцієнтів Пуассона в залежність (2), отримаємо [10]:

$$\omega_{z=[z=0]} = \frac{3PD}{3,51E_1} \cdot \frac{0,936 \cdot E_1/E_2 - 1}{\left(4\left(\frac{h}{D}\right)^2 \cdot (0,936 \cdot E_1/E_2)^{2/3} + 1\right)^{1/2}} + 1. \quad (3)$$

Результати розрахунку максимального пружного прогину поверхні двошарової системи за формулою (3) наведені в табл. 2.

Крім того, розрахункові значення пружних прогинів були визначені з використанням методу скінченних елементів за допомогою програмного комплексу «SCAD» з тими ж вихідними даними.

Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів, виміряних у розрахунковий період у різні роки, наведені на рис. 6 – 10.

Таблиця 2 – Результати розрахунку пружного прогину

Номер конструкції	$E_1$ , МПа	$E_2$ , МПа	$D$ , м	$h$ , м	$\omega_z$
11	589	38	0,30	0,55	0,76
15, 16	820	38	0,30	0,49	0,69
8, 9	642	38	0,30	0,43	0,85

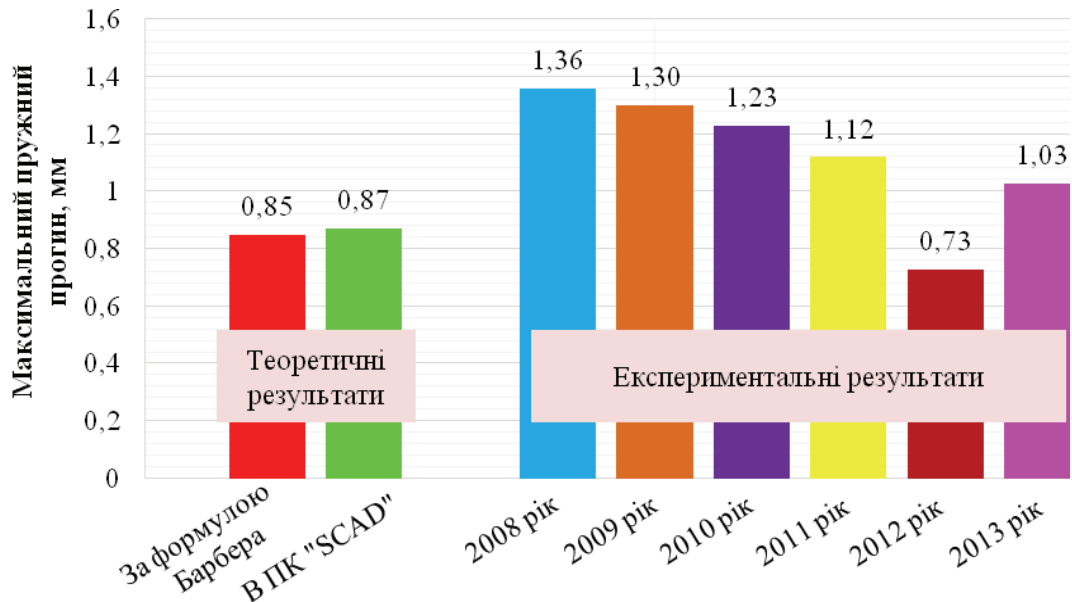


Рисунок 6 – Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів на ділянці №8

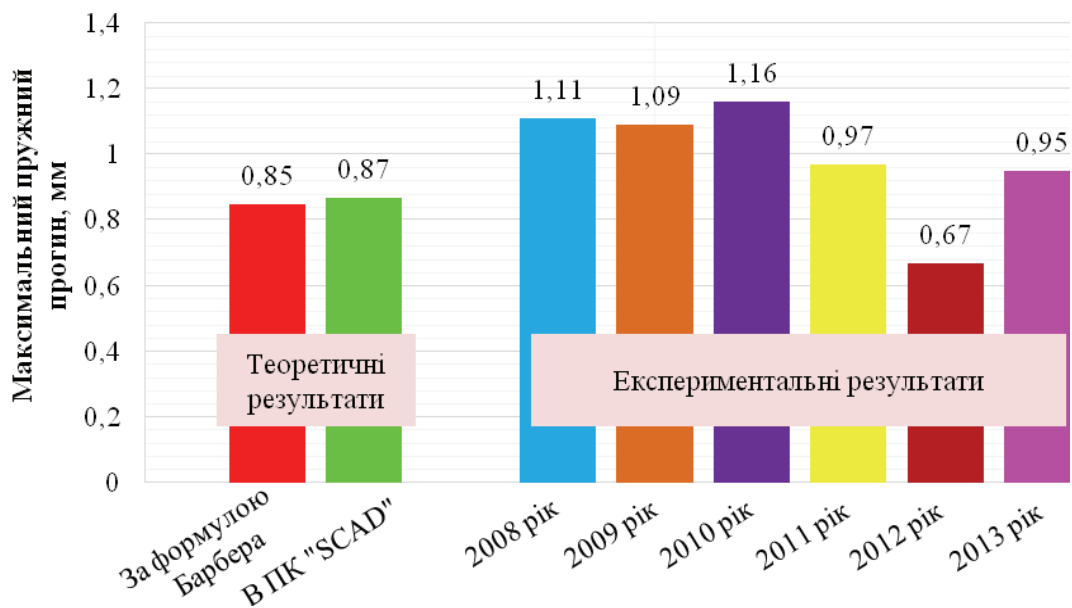


Рисунок 7 – Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів на ділянці №9



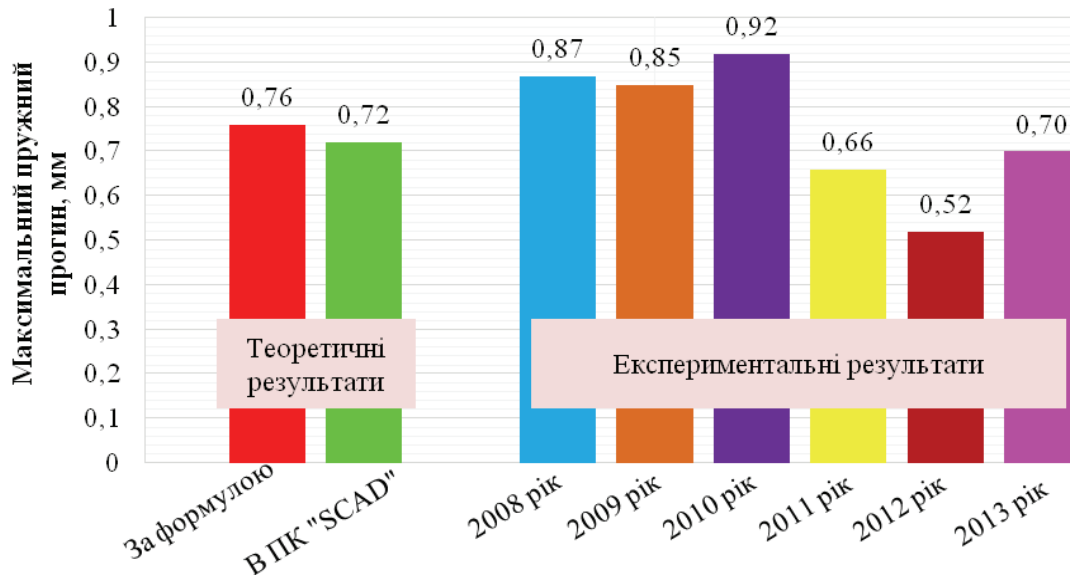


Рисунок 8 – Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів на ділянці №11

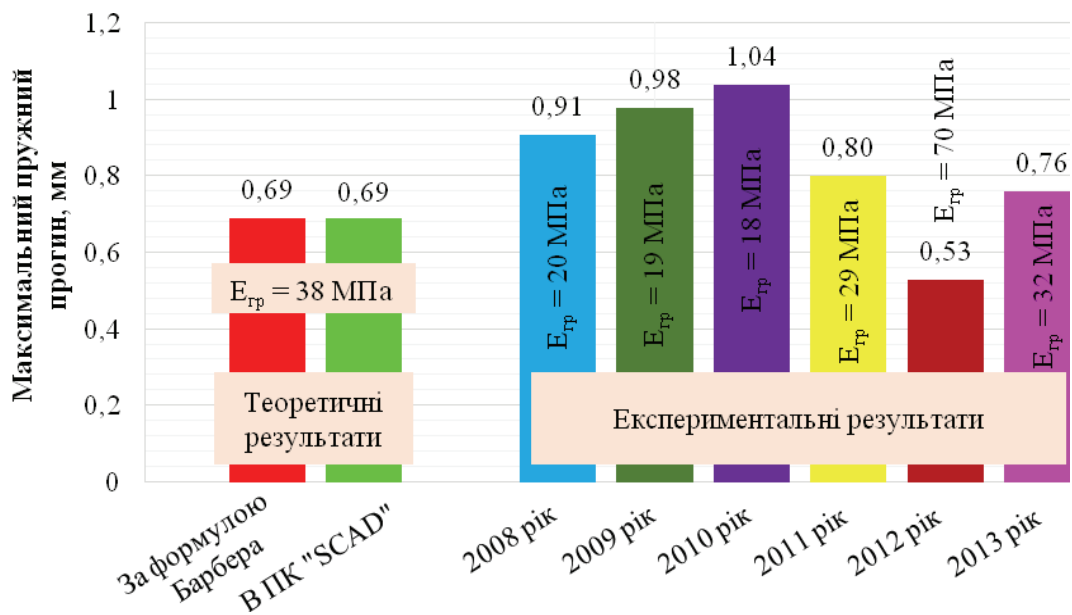


Рисунок 9 – Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів на ділянці №15

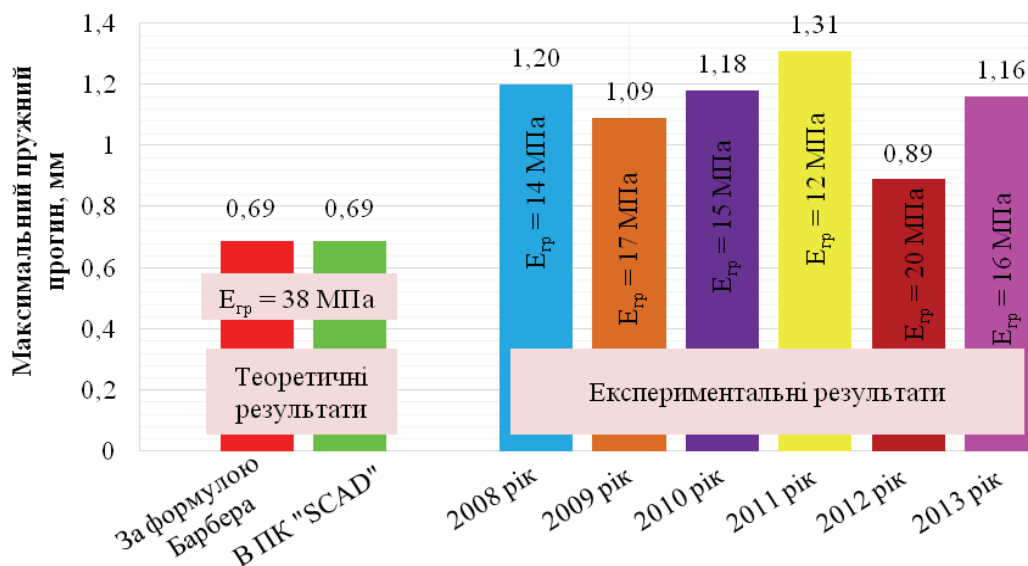


Рисунок 10 – Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів на ділянці №16

З наведених рисунків слідує, що в переважній більшості випадків виміряні фактичні значення пружних прогинів виявилися більшими ніж розрахункові.

Для конструкцій дорожніх одягів на ділянках 15, 16, де фактичні прогини поверхні покриття найбільше відрізняються від розрахункових, при  $h = 0,49$  м,  $E_1 = 820$  МПа залежність максимального пружного прогину від модуля пружності ґрунту  $E_2$ , побудована за формулою (3), має вигляд, зображений на рис. 11.

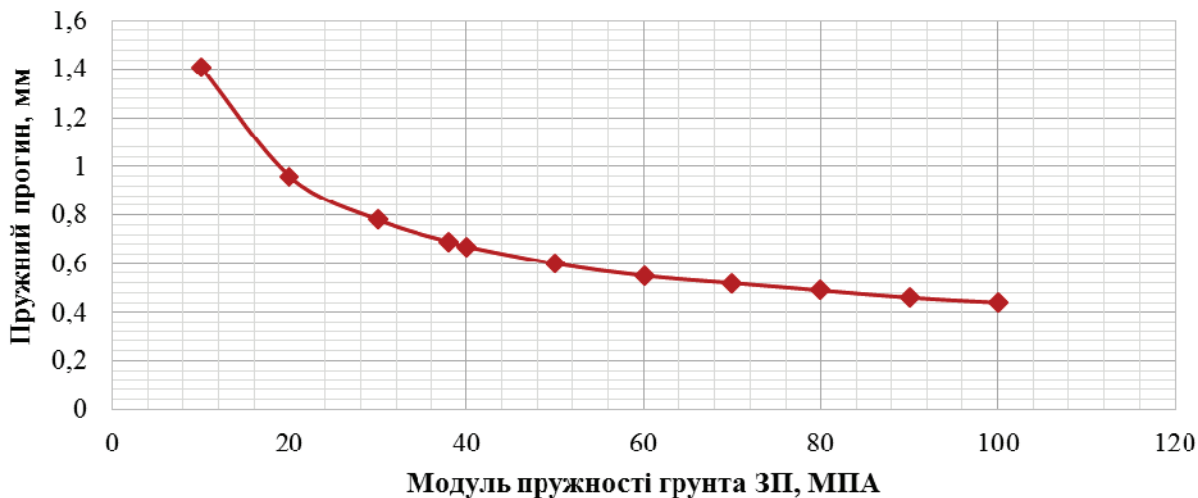


Рисунок 11 – Графік залежності пружного прогину від модуля пружності ґрунту земляного полотна

З наведеного графіка можна за відомим прогином визначити модуль пружності ґрунту земляного полотна. Наприклад, фактичному прогинові 1,2 мм який мав місце на ділянці № 16 у 2008 році відповідає значення  $E_2 = 14$  МПа.

Аналізуючи результати вимірювання прогину у інші роки, можна зробити висновок про те, що на ділянці № 15 фактичний модуль пружності ґрунту коливався в межах від 18 МПа до 70 МПа, а на ділянці № 16 в межах від 12 МПа до 20 МПа.

#### Висновки.

1. В переважній більшості випадків виміряні фактичні значення прогинів поверхні покриття на дослідних ділянках набагато перевищують прогини, розраховані з використанням наведених в [3] табличних даних про деформаційні характеристики ґрунтів та матеріалів дорожнього одягу.

2. Для прийняття більш обґрунтованих проектних рішень при реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг потрібно виконувати детальні польові випробування ґрунтів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа: ВСН 46-72. – [Чинний від 1973-24-11]. – М.: Транспорт, 1973. – 178 с.
2. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа: ВСН 46-83. – [Чинний від 1985-15-08]. – М.: Транспорт, 1985. – 156 с.
3. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3–218–186–2004. [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Укравтодор, 2004, – с. 176.
4. Автомобільні дороги. Споруди транспорту: ДБН В.2.3-4-2007, частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – [Чинний від 2007-30-10]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
5. Щербаченко В.М. Як одягти дороги якісно і надійно. Проблеми конструювання дорожнього одягу при реконструкції і ремонті автомобільних доріг / В.М. Щербаченко // Дорожня галузь України. – 2010. – №1. – С. 68-72.
6. Еремін В.Г. Определение расчетных характеристик конструктивных слоев нежесткой дорожной одежды / В.Г. Еремін, О.А. Волокитина // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Стр-во и архит. – 2010. – Вып. 17 (36). – С. 61-65.
7. Ахмедов К.М. Применение местных грунтов для земляного полотна в Азербайджане / К.М. Ахмедов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – № 4. – С. 25-27.
8. Казарновский В.Д. Использование результатов штамповых испытаний дорожной одежды / В.Д. Казарновский // Наука и техника в дорожной отрасли.- 2007. – № 3. – С. 29-30.
9. Корсунский М.Б. Приведение многослойных дорожных конструкций к расчетным моделям / М.Б. Корсунский, А.О. Салль, П.И. Теляев // Труды Союздорнии. – 1971. – Вып. 47. – С. 26-33.
10. Титаренко А.М. Неразрушающий способ определения деформационных характеристик слоев дорожной конструкции на основании измерения чаши прогиба и расчёта на ПЭВМ: дис.к-та техн. наук : 05.23.11 / Титаренко Александр Михайлович; КАДИ. – К., 1992. 179 с. – Бібліогр.: с. 151-169.

#### REFERENCES

1. VSN 46-72. Instruktsiya po proektirovaniyu dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa. [All-Union building codes 46-72. Instruction for designing flexible pavements type]. Moscow, Transport Publ., 1973. 178 p. (Rus)
2. VSN 46-83. Instruktsiya po proektirovaniyu dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa. [All-Union building codes 46-83. Instruction for designing flexible pavements type]. Moscow, Transport Publ., 1985. 156 p. (Rus)
3. VBN V.2.3-218-186-2004. Sporudy transportu. Dorozhnii odiah nezhorstkoho typu. [Departmental building codes V.2.3-218-186-2004. Transport constructions. Flexible pavement type]. Kyiv, Ukravtodor Publ., 2004. 176 p. (Ukr)
4. DBN V.2.3-4-2007. Avtomobilni dorohy. Sporudy transportu. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. [State building codes V.2.3-4-2007. Highways. Transport constructions. Part I. Designing. Part II. Building.]. Kyiv, Minrehionbud Publ., 2007. 91 p. (Ukr)
5. Shcherbachenko V.M. Yak odiahty dorohy yakisno i nadiino. Problemy konstruiuvannia dorozhnoho odiahu pry rekonstruktsii i remonti avtomobilnykh dorih [How to wear the road efficiently and reliably. Problems of designing of pavement at reconstruction and repair of roads]. Dorozhnia haluz Ukrainy -Road industry of Ukraine, 2010, no. 1, pp. 68-72. (Ukr)
6. Yeremin V.G., Volokitina O.A. Opredelenie raschetnykh kharakteristik konstruktivnykh sloev nezhestkoy dorozhnoy odezhdy [Definition of settlement characteristics of constructive layers flexible pavement]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering], 2010, issue 17 (36), pp. 61-65. (Rus)



7. Akhmedov K.M. Primenenie mestnykh gruntov dlya zemlyanogo polotna v Azerbaydzhanе [Application of local soils for subgrade in Azerbaijan]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – Science & Engineering for Roads*, 2013, no. 4 (67), pp. 25-27. (Rus)

8. Kazarnovskiy V.D. Ispolzovanie rezultatov shtampovykh ispytaniy dorozhnoy odezhdy [Using the results of stamps tests pavement]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – Science & Engineering for Roads*, 2007, no. 3 (42), pp. 29-30. (Rus)

9. Korsunskiy M.B., Sall A.O., Telyaev P.I. Privedenie mnogocloynnykh dorozhnykh konstruksiy k raschetnym modelyam [Bringing multilayer road constructions to computational models]. *Trudi Soyuzdornii* [Works of Soyuzdornii], 1971, issue 47, pp. 26-33. (Rus)

10. Titarenko A.M. *Nerazrushayushchiy sposob opredeleniya deformatsionnykh kharakteristik sloev dorozhnoy konstruksii na osnovanii izmereniya chashi progiba i rascheta na PEVM* Kand. Diss. [Non-destructive method for determining the deformation characteristics of the layers of the road structure on the basis of measurement and calculation of the deflection bowl on PEVM. Kand. Diss.]. Kyiv, 1992. 179 p.

#### РЕФЕРАТ

Шуляк І.С. Щодо необхідності уточнення розрахункових характеристик ґрунтів при обґрунтуванні проектних рішень по реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг / І.С. Шуляк // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті йдеться про необхідність уточнення розрахункових характеристик ґрунтів при обґрунтуванні проектних рішень по реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг.

Об'єкт дослідження – дорожні конструкції.

Мета роботи – порівняння розрахункових та фактичних характеристик ґрунтів на конкретних ділянках автомобільних доріг.

Методи дослідження – методи теорії пружності, метод скінченних елементів (МСЕ), польові випробування.

Одним із суттєвих факторів, який призводить до руйнування дорожньої конструкції, є недоврахування фактичного стану ґрунтів земляного полотна при проектуванні дорожнього одягу.

Використання табличних значень розрахункових характеристик ґрунтів, наведених в вітчизняних нормативних документах, призводить до того, що проектні рішення по реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг часто виявляються не достатньо обґрунтованими.

Для встановлення ступеня невідповідності між розрахунковими та фактичними характеристиками ґрунтів на конкретних ділянках автомобільних доріг в різні роки були виміряні фактичні прогини поверхні покриттів у розрахунковий період. У безпосередній близькості від точок вимірювань були відібрані керни, за якими визначались товщини конструктивних шарів дорожніх одягів на обраних ділянках.

Для отримання розрахункових значень пружних прогинів конструкції дорожнього одягу приводились до двошарової системи. Максимальний пружний прогин поверхні отриманої двошарової системи від розрахункового навантаження визначався за формулою Барбера.

Крім того, розрахункові значення пружних прогинів були визначені з використанням методу скінченних елементів за допомогою програмного комплексу «SCAD» з тими ж вихідними даними.

Результати зіставлення розрахункових і фактичних прогинів поверхні покриттів показали, що в переважній більшості випадків виміряні фактичні значення прогинів поверхні покриття на дослідних ділянках набагато перевищують прогини, розраховані з використанням наведених в ВБН В.2.3–218–186–2004 табличних даних про деформаційні характеристики ґрунтів та матеріалів дорожнього одягу.

Для прийняття більш обґрунтованих проектних рішень при реконструкції і капітальному ремонті автомобільних доріг потрібно виконувати детальні польові випробування ґрунтів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДОРОЖНЯ КОНСТРУКЦІЯ, РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТІВ, ПРУЖНИЙ ПРОГІН, КОНСТРУКТИВНИЙ ШАР, ПРУЖНИЙ НАПІВПРОСТІР, МІЦНІСТЬ, МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ.

## ABSTRACT

Shulyak I.S. The need to clarify the calculated characteristics of soil in justification of project decisions in the reconstruction and overhaul of the roads. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 29.

This paper discusses the need for clarification of the design characteristics of soils in justifying design decisions on reconstruction and capital repairs of the roads.

Object of the study – road construction.

Purpose of the study – comparison of the calculated and actual soil characteristics on specific areas of roads.

Method of the study – methods of the theory of elasticity, finite element method (FEM), field trials.

One of the significant factors that lead to the destruction of road construction is mis-accounting of the actual state of soil subgrade in the design of pavement.

Using tabulated values of the design characteristics of soils given in national regulations, leads to the fact that design decisions on reconstruction and capital repairs of highways often not well-founded.

To establish the degree of discrepancy between estimated and actual characteristics of the soil in specific areas of roads at different times were measured actual deflections surface coatings in the billing period. In the vicinity of the measurement points were selected cores, which were determined by the thickness of the structural layers of pavements on the selected sites.

For the calculated values of the elastic deflections of pavement structures were brought to the two-layer system. The maximum elastic deflection surface of the two-layer system obtained from the calculated load is determined by the formula Barbera.

In addition, the calculated values of the elastic deflections are determined using the finite element method using the software complex «SCAD» with the same initial data.

The results of the comparison of the calculated and actual deflections surface coatings have shown that in most cases the actual values measured deflections surface coating on the test plots far exceed deflections calculated using the following in VBN V.2.3-218-186-2004 table data on the deformation characteristics of soils and pavement materials.

Detailed field testing of soil need to be performed to take a more informed design decisions in the reconstruction and capital repairs of the roads.

**KEYWORDS:** ROAD CONSTRUCTION, CALCULATIONS OF SOIL CHARACTERISTICS, ELASTIC DEFLECTION, STRUCTURAL LAYER, ELASTIC HALF-SPACE, STRENGTH, MODULUS OF ELASTICITY.

## РЕФЕРАТ

Шуляк И.С. О необходимости уточнения расчетных характеристик грунтов при обосновании проектных решений по реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог / И.С. Шуляк // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 1: Серия «Технические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье идет речь о необходимости уточнения расчетных характеристик грунтов при обосновании проектных решений по реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог.

Объект исследования – дорожные конструкции.

Цель работы – сравнение расчетных и фактических характеристик грунтов на конкретных участках автомобильных дорог.

Методы исследования – методы теории упругости, метод конечных элементов (МКЭ), полевые испытания.

Одним из существенных факторов, который приводит к разрушению дорожной конструкции, является недоучет фактического состояния грунтов земляного полотна при проектировании дорожной одежды.

Использование табличных значений расчетных характеристик грунтов, приведенных в отечественных нормативных документах, приводит к тому, что проектные решения по реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог часто оказываются недостаточно обоснованными.

Для определения степени несоответствия между расчетными и фактическими характеристиками грунтов на конкретных участках автомобильных дорог в разные годы были измерены фактические прогибы поверхности покрытий в расчетный период. В непосредственной близости от точек измерений были отобраны керны, по которым определялись толщины конструктивных слоев дорожных одежд на выбранных участках.

Для получения расчетных значений упругих прогибов конструкции дорожной одежды приводились к двухслойной системе. Максимальный упругий прогиб поверхности полученной двухслойной системы от расчетной нагрузки определялся по формуле Барбера.

Кроме того, расчетные значения упругих прогибов были определены с использованием метода конечных элементов с помощью программного комплекса «SCAD» с теми же исходными данными.

Результаты сопоставления расчетных и фактических прогибов поверхности покрытий показали, что в подавляющем большинстве случаев измеренные фактические значения прогибов поверхности покрытия на опытных участках намного превышают прогибы, рассчитанные с использованием приведенных в ВБН В.2.3-218-186-2004 табличных данных о деформационных характеристиках грунтов и материалов дорожной одежды.

Для принятия более обоснованных проектных решений при реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог следует выполнять детальные полевые испытания грунтов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ДОРОЖНАЯ КОНСТРУКЦИЯ, РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ, УПРУГИЙ ПРОГИБ, КОНСТРУКТИВНЫЙ ШАР, УПРУГОЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВО, ПРОЧНОСТЬ, МОДУЛЬ УПРУГОСТИ.

**АВТОРИ:**

Шуляк Иван Станіславович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: Shulyak17044@mail.ru, тел. +380506437690, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к. 140.

**AUTHORS:**

Shulyak Ivan Stanislavovych, National Transport University, Postgraduate Student of the Department of designing of roads, geodesy and land management, e-mail: Shulyak17044@mail.ru, tel. +380506437690, Ukraine, 01010, Kyiv, st. Suvorova, 1, of. 140.

**АВТОРЫ:**

Шуляк Иван Станиславович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры проектирования дорог, геодезии и землеустройства, e-mail: Shulyak17044@mail.ru, тел. +380506437690, Украина, 01010, Киев, ул. Суворова, 1, к. 140.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Гончаренко Федір Петрович, кандидат технічних наук, доцент, заступник директора ДП «Укрдїпродор», Київ, Україна.

Петрович Володимир Васильович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри будівництва та експлуатації доріг, Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Goncharenko Fedir Petrovich, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, deputy director of SE «Ukrdiprodor», Kyiv, Ukraine.

Petrovych Volodymyr Vasylovych, Ph.D in Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of the department of construction and maintenance of roads, Kyiv, Ukraine.