

Кузло М. Т., д.т.н., професор, Гуйван Є. Ф., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОЦІНКА СТАНУ ІСНЮЮЧОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Наведено дослідження технічного стану автомобільної дороги державного значення Н-25 Городище – Рівне – Старокостянтинів на ділянці км 175+950 – км 178+000. Встановлено конструктивні параметри існуючого дорожнього одягу. Виконано оцінку міцності дорожнього одягу для прийняття обґрунтованих проектно-конструктивних рішень з підсилення існуючих шарів.

Ключові слова: автомобільна дорога; дорожній одяг; модуль пружності; асфальтобетон.

На даний час в Україні як і у більшості країн світу найбільш поширеними є конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу. Автомобільні дороги України, які в основному запроектовані на навантаження 60 кН на вісь, швидко руйнуються, оскільки більшість сучасних автотранспортних засобів мають набагато більші розрахункові значення (110–130 кН) на вісь [1]. Тому проблема сьогодення – це підвищити вимоги до проектно-конструктивних рішень дорожнього одягу автомобільних доріг. У зв'язку з цим виникає потреба в розробці методики оцінці стану конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу при проведенні ремонтно-відновлювальних робіт на автомобільних дорогах.

Конструкцію дорожнього одягу та матеріалів основи покриття необхідно призначати виходячи з транспортно-експлуатаційних вимог, інтенсивності руху та складу транспортних засобів у потоці, кліматичних, інженерно-геологічних умов, забезпеченості місцевими будівельними матеріалами. Розрахунком та конструюванням нежорстких дорожніх одягів займалися такі вітчизняні та закордонні вчені як А.М. Алієв, В.Ф. Бабков, Є.А. Беспалий, О. А. Білятинський, О.К. Біруля, І.П. Гамеляк, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, В.В. Мозговий, Д.О. Павлюк, R. Addis, J. Epps, K. Jenkins, G. Jordaan, E. Horak, P. Kandhal та інші.

Однак, обґрунтування оптимальних параметрів конструктивних

шарів дорожнього одягу нежорсткого типу під час проведення ремонтно-відновлювальних робіт, потребує подальших досліджень.

В роботі наведена методика оцінки стану дорожнього одягу на прикладі автомобільної дороги Н-25. Автомобільна дорога Н-25 Городище-Рівне-Старокостянтинів, відноситься до доріг державного значення, згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 30 січня 2019 року № 55 «Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення». Загальна довжина автомобільної дороги складає 297,2 км у тому числі: під'їзд до міста Рівного 2,7 км та під'їзд до міста Нетішина 2,4 км. Починається автомобільна дорога від села Городище, яке розташоване біля кордону з Білоруссю та проходить через міста: Дубровиця, Сарни, Костопіль, Рівне, Здолбунів, Острог, Нетішин, Славута, Шепетівка. Закінчується у м. Старокостянтиніві. На кордоні дорога переходить у Білоруську трасу Р88. До 9 серпня 2017 року дорога мала маркування Р-05.

Автомобільної дороги Н-25 на ділянці км 175+950 – км 178+000 відносяться до III категорії автомобільних доріг та розташована в Рівненській області, Здолбунівського району в районі с. Лідаво.

Район території України для даної ділянки дороги за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття відноситься до А-1. За рік випадає в середньому 640–680 мм опадів. Найбільша їх кількість припадає на липень – серпень, що становить 860–760 мм. Мінімальна кількість опадів припадає на січень – березень, що становить 400–380 мм. Середньорічна відносна вологість повітря – 70%. Зливи рідкі, короточасні. Сталий сніговий покрив з'являється в середині першої декади грудня. Кількість днів з сталим сніговим покривом досягає 60–70 днів. Стійке промерзання ґрунту триває від 30 до 100 днів, його глибина досягає 60 см, найбільша 100 см. Глибина промерзання дуже мінлива. Нормативна середня глибина промерзання ґрунту 58 см, максимальна – 106 см. Розрахунковий зимовий період: початок – 2 листопада, кінець – 20 березня. Середня температура січня – 5,2° С, липня – 18,8° С. Переважний напрямок вітру – північно-західний.

На початку досліджень здійснювався первинний та детальний візуальний контроль. При первинному візуальному контролі реєструються типи ушкоджень дорожнього одягу та їх розташування (рис. 1).

В результаті візуальної оцінки виявлені такі види деформацій існуючого дорожнього одягу:

- колійність до 5 см;
- сітка тріщин по колії;

- поперечні температурні тріщини.



Рис. 1. Існуючі деформації та дефекти на ділянці автомобільної дороги Н-25 на ділянці км 175+950 – км 178+000

Для дослідження параметрів існуючого дорожнього одягу, було влаштовувано дві шурфосвердловини, шляхом вирізання верхніх шарів асфальтобетону та з подальшим відбором зразків нижніх конструктивних шарів дорожнього одягу. Також, з допомогою ручного «бургеолога» відбирались зразки ґрунту основи на глибину стисливої зони [2]. Місце розташування свердловин наведено на рис. 2.

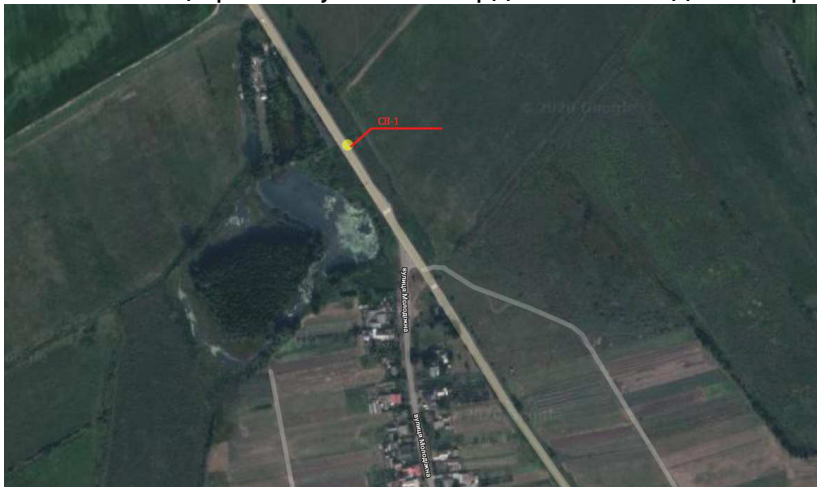


Рис. 2. Схема розташування на ортофотоплані шурфосвердловини км 176+536

Схеми розташування шурфосвердловин на поперечному перерізі автомобільної дороги наведено на рис. 3.

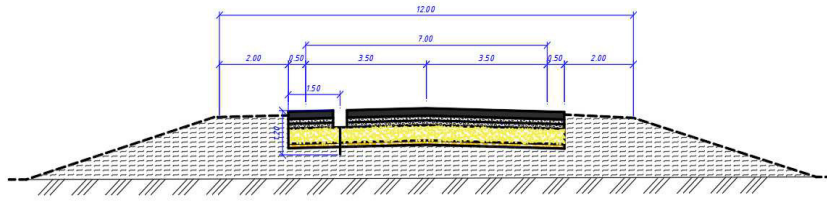


Рис. 3. Схема розташування шурфосвердловини на поперечному перерізі автомобільної дороги

У процесі досліджень виконувалась фотофіксація з відбору зразків дорожнього одягу та ґрунту основи, що наведено на рис. 4.



Рис. 4. Фотофіксація з відбору зразків дорожнього одягу та ґрунту основи

Під час досліджень визначались основні параметри конструктивних шарів дорожнього одягу та різновид ґрунту природної основи на глибину стислової зони. Конструктивні шари дорожнього одягу та ґрунту основи наведені на рис. 5.

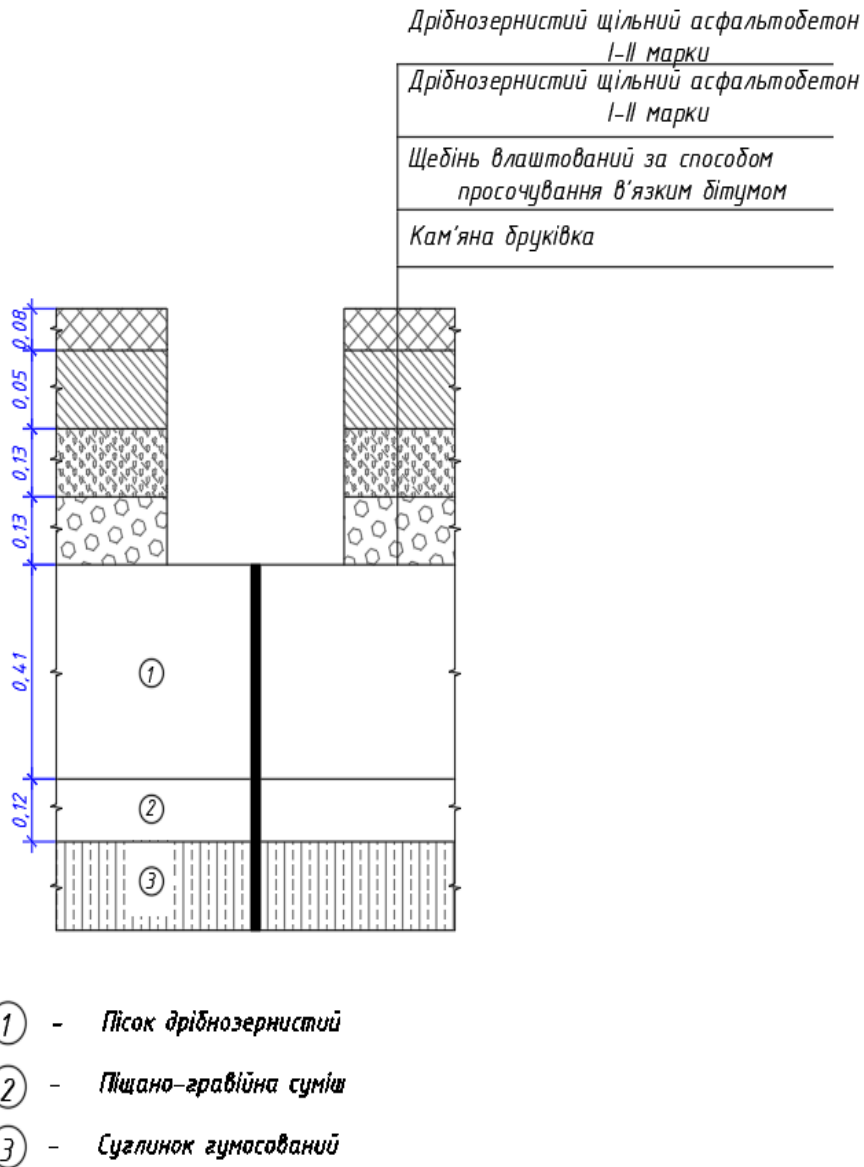


Рис. 5. Конструктивні шари дорожнього одягу та ґрунту основи

Оцінка міцності дорожнього одягу заснована на наступних передумовах:

- напружено-деформований стан дорожнього одягу під дією навантаження описується рішеннями лінійної теорії пружності для шаруватого півпростору з урахуванням умов сполучення шарів на контактах; сили інерції через їх малість у розрахунках не враховуються;
- граничний стан дорожнього одягу характеризується показниками, що залежать від властивостей матеріалу кожного шару дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна, і також від їхнього розміщення й умов роботи в кнотркції.

Для спрощення розрахунків за допомогою номограм [3] реальні багат шарові дорожні конструкції приводять до двошарових моделей за допомогою методів, що наведені в [3].

Вихідними даними для оцінки міцності конструктивних шарів існуючого дорожнього одягу є отримані у польових і лабораторних умовах експериментальні дані, що наведені у таблиці.

Таблиця

Конструктивні шари дорожнього одягу та їх деформаційні характеристики автомобільної дороги на ділянці км 176+536

№ шару	Матеріал шару	h шару, см	Модуль пружності, E , МПа	Можливі значення модуля пружності [4], E , МПа
1	Дрібнозернистий щільний асфальтобетон I–II марки	8	1080	1989–535
2	Дрібнозернистий щільний асфальтобетон I–II марки	5	910	1635–450
3	Щебінь влаштований за способом просочування в'язким бітумом	13	400	400–600
4	Кам'яна бруківка	13	450	400–500
5	Пісок дрібний	41	100	-
6	Піщано-гравійна суміш	12	180	-
4	Суглинок гумосований	-	38	

Конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам надійності і міцності за критерієм пружного прогину, якщо виконується умова:

$$K_{МЦ} \leq \frac{E_{ЗАГ}}{E_{ПОТР}}, \quad (1)$$

$E_{ЗАГ}$ – загальний модуль пружності конструкції; $E_{ПОТР}$ – потрібний модуль пружності конструкції дорожнього одягу.

Потрібний модуль пружності конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги III категорії $E_{ПОТР} = 225$ МПа [3, С. 25].

Для визначення загального модуля пружності конструкції дорожнього одягу розрахунок виконуємо пошарово, починаючи з підстилаючого ґрунту, за допомогою номограм, що наведені [3, С. 27].

$$1) \quad \frac{E^{ГР}}{E^6} = \frac{38}{180} = 0,21 \quad ; \quad \frac{h^6}{D} = \frac{12}{34,5} = 0,348 \quad . \quad \text{З номограм}$$

$$\frac{E_{ЗАГ}^6}{E^6} = 0,31. \quad \text{Звідси } E_{ЗАГ}^6 = 0,31 \cdot E^6 = 0,31 \cdot 180 = 55,8 \text{ МПа}.$$

$$2) \quad \frac{E_{ЗАГ}^6}{E^5} = \frac{55,8}{100} = 0,55; \quad \frac{h^5}{D} = \frac{41}{34,5} = 1,18. \quad \text{З номограм } \frac{E_{ЗАГ}^5}{E^5} = 0,815.$$

$$\text{Звідси } E_{ЗАГ}^5 = 0,815 \cdot E^5 = 0,815 \cdot 100 = 81,5 \text{ МПа}.$$

$$3) \quad \frac{E_{ЗАГ}^5}{E^4} = \frac{81,5}{450} = 0,18; \quad \frac{h^4}{D} = \frac{13}{34,5} = 0,37. \quad \text{З номограм } \frac{E_{ЗАГ}^4}{E^4} = 0,29.$$

$$\text{Звідси } E_{ЗАГ}^4 = 0,29 \cdot E^4 = 0,29 \cdot 450 = 130,5 \text{ МПа}.$$

$$4) \quad \frac{E_{ЗАГ}^4}{E^3} = \frac{130,5}{400} = 0,32; \quad \frac{h^4}{D} = \frac{13}{34,5} = 0,37. \quad \text{З номограм } \frac{E_{ЗАГ}^3}{E^3} = 0,46.$$

$$\text{Звідси } E_{ЗАГ}^3 = 0,46 \cdot E^3 = 0,46 \cdot 400 = 184 \text{ МПа}.$$

$$5) \quad \frac{E_{ЗАГ}^3}{E^2} = \frac{184}{910} = 0,202; \quad \frac{h^2}{D} = \frac{5}{34,5} = 0,11. \quad \text{З номограм } \frac{E_{ЗАГ}^2}{E^2} = 0,22.$$

$$\text{Звідси } E_{ЗАГ}^2 = 0,22 \cdot E^2 = 0,22 \cdot 910 = 200,2 \text{ МПа}.$$

$$6) \quad \frac{E_{ЗАГ}^2}{E^1} = \frac{200,2}{1080} = 0,18; \quad \frac{h^1}{D} = \frac{8}{34,5} = 0,23. \quad \text{З номограм } \frac{E_{ЗАГ}^1}{E^1} = 0,25.$$

Тоді загальний модуль пружності для всієї конструкції дорожнього одягу буде становити

$$E_{ЗАГ} = 0,25 \cdot E^1 = 0,25 \cdot 1080 = 270,0 \text{ МПа.}$$

Перевираємо надійність і міцність конструкції дорожнього одягу за критерієм пружного прогину:

$$K_{МЦ} \leq \frac{E_{ЗАГ}}{E_{ПОТР}} = \frac{270,0}{225} = 1,20.$$

Потрібний коефіцієнт запасу міцності за допустимим пружним прогином для автомобільної дороги III категорії згідно [3, С. 14] $K_{МЦ} = 1,33$, що більший розрахункового $K_{МЦ} = 1,20$. Таким чином існуюча конструкція дорожнього одягу на даній ділянці не задовольняє умову міцності за допустимим пружним прогином.

Висновок. На основі виконаних досліджень конструкції та параметрів існуючого дорожнього одягу встановлено:

- конструктивні шари існуючого дорожнього одягу, їх склад та деформаційні характеристики, що дало можливість виконати необхідні розрахунки з оцінки міцності;

- конструкція існуючого дорожнього одягу на ділянках км175+950 – км 178+000 не відповідає вимогам за критерієм міцності;

- верхній шар асфальтобетонного покриття характеризується з великим вмістом в'язучого матеріалу, що значно втратив свої в'язучі властивості та характеризується низькими значеннями деформаційних характеристик (1020-910 МПа);

При влаштуванні підсилюючих шарів існуючого дорожнього одягу рекомендується:

- враховуючи, що нижній існуючий шар асфальтобетону значно втратив свої міцності, деформаційні та в'язучі властивості необхідно його повністю замінити;

- у випадку часткової заміни існуючого асфальтобетону рекомендується влаштувати додатковий конструктивний шар з комплексним в'язучим (наприклад, цемент + бітумна емульсія), товщиною 12 – 20 см., з метою зменшення навантаження на нього та недопущення значного розігрівання при вкладанні верхніх асфальтобетонних шарів;

- при використанні подрібненого існуючого асфальтобетону (грануляту) рекомендується добавляти дорожні суміші С7 або С8 [5] з

перемішування в мобільних або стаціонарних установках з комплексним в'язучим (наприклад, цемент + бітумна емульсія).

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Проектування. Частина 1. 2. Будівництво. К. : Мінрегіон України, 2015. С. 103. 2. ДБН А.2.1-1:2008. Інженерні вишукування для будівництва. К. : Мінрегіонбуд, 2008. С. 29. 3. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. К. : Міністерство інфраструктури України, 2019. С. 58. 4. Довідник № 2 розрахункових характеристик асфальтобетонів. К. : Укравтодор, 2017. С. 21. 5. Довідник № 1 розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриття і основи дорожнього одягу та навантажень від транспортних засобів. К. : Укравтодор, 2017. С. 39.

REFERENCES:

1. DBN V.2.3-4:2015. Avtomobilni dorohy. Proektuvannia. Chastyna 1. 2. Budivnytstvo. K. : Minrehion Ukrainy, 2015. S. 103. 2. DBN A.2.1-1:2008. Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva. K. : Minrehionbud, 2008. S. 29. 3. HBN V.2.3-37641918-559:2019. Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkyi. K. : Ministerstvo infrastruktury Ukrainy, 2019. S. 58. 4. Dovidnyk № 2 rozrakhunkovykh kharakterystyk asfaltobetoniv. K. : Ukravtodor, 2017. S. 21. 5. Dovidnyk № 1 rozrakhunkovykh kharakterystyk gruntiv, materialiv pokryttia i osnovy dorozhnoho odiahu ta navantazhen vid transportnykh zasobiv. K. : Ukravtodor, 2017. S. 39.

Kuzlo M. T., Doctor of Engineering, Professor, Guivan E. F., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF EXISTING ROAD CLOTHES ON SECTIONS OF THE ROAD

The study of the state importance's highway technical condition H-25 Horodyshche – Rivne – Starokostiantyniv on the section km 175 + 950 – km 178 + 000 has been given. Full-scale studies have been performed to identify such types of deformations of existing roadway covering as gauge up to 5 cm, a grid of cracks in the road surface, transverse temperature cracks.

The structural layers of the existing pavement, their composition

and deformation characteristics have been established on the basis of the performed field and laboratory studies. It has been found that the upper layer of asphalt pavement is characterized by a high content of binder, which has significantly lost its binder properties and is characterized by low values of deformation characteristics (1020–910 MPa).

The strength of the roadway clothing structure has been checked according to the criterion of elastic deflection. Estimation of the strength of pavement has been based on the premises that the stress-strain state of the roadway clothing under load is described by the solutions of the linear elasticity theory for a layered half-space, taking into account the conditions of layers' connection at the contacts. At the same time, the forces of inertia due to their small size have not been taken into account in the calculations. The marginal condition of roadway clothing has been characterized by indicators that depend on the material properties of each layer of pavement and the soil of the ground, as well as on their location and working conditions in the construction.

It is established that the existing design of roadway clothing in this area does not meet the condition of strength for the allowable elastic deflection.

Recommendations for strengthening the layers of existing pavement have been elaborated, namely:

- taking into account that the lower existing layer of asphalt concrete has significantly lost its strength, then deformation and binding properties must be completely replaced;

- in case of partial replacement of the existing asphalt concrete it is recommended to arrange an additional structural layer with a complex binder (for example, cement + bitumen emulsion), 12 - 20 cm thick, in order to reduce the load on it and to prevent significant heating during the process of laying the upper asphalt concrete layers;

- by using crushed existing asphalt concrete (granulate), it is recommended to add road mixtures C7 or C8 for mixing in mobile or stationary units with a complex binder (for example, cement + bitumen emulsion).

***Keywords:* highway; roadway clothing; modulus of elasticity; asphalt concrete.**

Кузло Н. Т., д.т.н., профессор, Гуйван Э. Ф., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА УЧАСКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ

Приведены исследования технического состояния автомобильной дороге государственного значения Н-25 Городище – Ровно – Старокостянтинів на участке км 175+950 – км 178+000. Установлено конструктивные параметры существующей дорожной одежды. Выполнено оценку прочности дорожной одежды для принятия обоснованных проектно-конструктивных решений с усилением существующих слоёв.

***Ключевые слова:* автомобильна дорога; дорожна одежда; модуль упругости; асфальтобетон.**
