

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ



УДК 625.7/8

- © С.А. Гладун, директор,
- © Ф.П. Гончаренко, канд. техн. наук, заст. голов. інженера (ДП “Укрдїпродор”)

ЗАСТОСУВАННЯ КРИТЕРІЮ СУТТЄВОСТІ РОЗБІЖНОСТЕЙ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЛЯНОК ДОРІГ ІЗ РІВНОЗНАЧНОЮ МІЦНІСТЮ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Анотація. На основі проведених досліджень наведено методика визначення ділянок автомобільних доріг із рівнозначною міцністю дорожнього одягу для подальшого прийняття проектних рішень щодо його підсилення.

Ключові слова: автомобільна дорога, міцність дорожнього одягу, модуль пружності, проектування дорожнього одягу.

Аннотация. На основе проведенных исследований приведена методика определения участков автомобильных дорог с равнозначной прочностью дорожной одежды для дальнейшего принятия проектных решений о ее усилении.

Ключевые слова: автомобильная дорога, прочность дорожной одежды, модуль упругости, проектирование дорожной одежды.

Annotation. Based on the research methodology of determining the areas of roads with equivalent strength of the pavement to make relevant design solutions for its enhancement.

Key words: road, pavement strength, elastic modulus, pavement design.

Вступ

Дорожній одяг є одним із головних елементів автомобільних доріг. Вартість дорожнього одягу в проектах реконструкції та ремонту автомобільних доріг в окремих випадках досягає 90 % від загальної вартості ремонтно-будівельних робіт.

Досвід роботи ДП “Укрдїпродор” свідчить, що міцність існуючого дорожнього одягу, який зазвичай необхідно підсилувати, дуже нерівномірна по довжині дороги. Причому, в одних випадках на суміжних ділянках різниця міцності не перевищує декількох відсотків, а в других – різниця становить десятки відсотків. Закономірно, постає питання, в яких випадках міцність дорожнього одягу на суміжних ділянках можна вважати рівнозначною і, відповідно, приймати ідентичні проекти рішення для його підсилення, а в яких необхідно приймати індивідуальні проектні рішення для кожної ділянки.

Причому, на стадії проектування це особливих складнощів не викликає. Маючи сучасну комп’ютерну техніку та відповідне програмне забезпечення проектувальники можуть змінювати конструкцію підсилення дорожнього одягу хоч через кожні декілька метрів. Але, з погляду технології та органі-

зації виконання ремонтно-будівельних робіт, бажано, щоб ділянки з однаковою конструкцією дорожнього одягу були якомога довгими і не допустимо, щоб вони були коротшими довжини змінної захватки.

Основна частина

У **табл. 1** наведені результати вимірювань модуля пружності дорожнього одягу на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса на ділянці від км 404+000 до км 407+000, виконані дорожньою лабораторією ДП “Укрдїпродор” у 2014 р на етапі виконання передпроектних робіт.

Аналіз даних **табл. 1** засвідчує досить великий розкид виміряних значень модуля пружності – від 80 МПа до 216 МПа для правої проїзної частини та від 209 МПа до 310 МПа для лівої проїзної частини.

Закономірно, постає питання як діяти при вимірюванні модуля пружності та проектуванні підсилення дорожнього одягу – розглядати усю зазначену ділянку дороги як однорідну, чи розбити її на дрібніші відрізки?

Враховуючи точність вимірювань та допустимі відхилення в інженерних розрахунках, можна при-



Таблиця 1

Значення модуля пружності

Ліва проїзна частина				Права проїзна частина					
Точка вимірювання		Модуль пружності E, МПа	Середнє значення модуля пружності \bar{E} , МПа	Середнє квадратичне відхилення σ	Точка вимірювання		Модуль пружності E, МПа	Середнє значення модуля пружності \bar{E} , МПа	Середнє квадратичне відхилення σ
км	+(м)				км	+(м)			
404	000	298	261	31	404	000	194	138	48
404	117	297							
404	234	285							
404	355	243							
404	476	267							
404	588	277							
404	628	209							
404	726	209							
404	804	250							
404	937	270							
405	000	263	279	14	405	000	195	183	17
405	168	276							
405	202	275							
405	260	251							
405	416	274							
405	419	285							
405	604	285							
405	649	283							
405	841	298							
405	859	299							
406	000	267	272	20	406	000	186	199	14
406	203	276							
406	211	276							
406	357	281							
406	412	272							
406	441	229							
406	619	273							
406	662	310							
406	795	283							
406	879	256							

йняти критерій, за яким відношення середніх значень модуля пружності на двох ділянках, не повинно відрізнятись більше ніж на 10 %. Тобто цей критерій запишеться у вигляді залежності (1):

$$\frac{\bar{m}_{\min}}{\bar{m}_{\max}} \geq 0,9, \quad (1)$$

де \bar{m}_{\min} – середнє значення міцності дорожнього одягу на ділянці з меншою міцністю, МПа;

\bar{m}_{\max} – середнє значення міцності дорожнього одягу на ділянці з більшою міцністю, МПа.

Проте, практика засвідчує, що за близьких середніх значень міцності дорожнього одягу на різних ділянках дороги розкид міцності (дисперсія) може істотно відрізнятись.

У зв'язку з тим, що тип закону розподілу міцності дорожнього одягу для різних відрізків ділянки дороги один і той же [1, 2], але своєрідність розподілу на кожному відрізку дороги полягає в різних значеннях параметрів (центрів розподілів, дисперсій), саме у відмінності параметрів слід шукати критерій суттєвості розбіжностей для ідентифікації ділянок доріг



з рівнозначною міцністю дорожнього одягу. Тобто, суттєвість розбіжностей може бути виявлена шляхом зіставлення статистичних даних щодо міцності дорожнього одягу на двох ділянках дороги, зокрема, величини середньої міцності та її дисперсії.

Фізичне трактування цього явища доцільно розглянути з погляду суттєвості відмінності двох центрів розподілу рівнів міцності (модулів пружності) дорожніх одягів.

Таким чином завдання полягає у порівнянні статистичних характеристик, що оцінюють параметри законів розподілу.

Необхідно використати “нульову” гіпотезу, що полягає в припущенні про те, що вибіркове середнє значення міцності дорожнього одягу на ділянці в цілому \bar{m}_1 і на її відрізку \bar{m}_2 або на двох відрізках \bar{m}_1 і \bar{m}_2 , що порівнюються, рівні між собою $\bar{m}_1 = \bar{m}_2$ [3].

Детально розглянуто використання “нульової” гіпотези для порівняння розподілів рівнів аварійності на ділянках автомобільної дороги у [4]. За аналогією, зазначену гіпотезу можна застосувати і для аналізу суттєвості розбіжності двох центрів розподілу рівнів міцності дорожнього одягу.

Вирішення завдання про суттєвість розбіжності двох центрів розподілу рівнів міцності дорожнього одягу у зазначеному фізичному трактуванні практично зводиться до знаходження нового центру розподілу через різницю вибіркових середніх, тобто:

$$\Delta \bar{m} = \bar{m}_1 - \bar{m}_2 = \bar{z}, \quad (2)$$

де \bar{z} – різниця математичних очікувань (середніх значень), яка є новий центр розподілу.

Загальне середнє квадратичне відхилення рівнів міцності дорожнього одягу з обох вибірок (двох відрізків дороги), що розглядаються, через загальне його значення безпосередньо характеризується фактичними значеннями відхилень рівнів міцності від нового центру розподілу \bar{z} :

$$\sigma_{\bar{m}_1 - \bar{m}_2} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}, \quad (3)$$

де $\sigma_{\bar{m}_1 - \bar{m}_2}$ – загальне середнє квадратичне відхилення рівнів міцності дорожнього одягу від нового центру розподілу;

σ_1 і σ_2 – дисперсії рівнів міцності дорожнього одягу на зазначених відрізках дороги.

Базуючись на зазначеному, логічно можна стверджувати, що розбіжність не є суттєвою у разі виконання наступної умови [3]:

$$\bar{m}_1 + \sigma_1 \approx \bar{m}_2 + \sigma_2. \quad (4)$$

Рівняння (4) доцільно записати у вигляді:

$$\frac{\bar{m}_2}{\bar{m}_1} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\bar{m}_1} - 1 = q, \quad (5)$$

де q – імовірність попадання випадково сформованого рівня міцності дорожнього одягу за межі заданого інтервалу (рівень значимості).

Доцільний вибір значення q залежить від наслідків допустимих похибок. Принцип, згідно з яким малоімовірні події вважаються практично неможливими чи події, імовірність яких наближається до одиниці, вважаються вірогідними, лежать в основі більшості випадків застосування теорії імовірності. Однак, на практиці не можна вказати відповідну межу для всіх випадків. Допустимий ступінь ризику, пов'язаний з нехтуванням подій з малою імовірністю, залежить від різного роду обставин і, насамперед, визначається практичною важливістю наслідків таких подій. В одних випадках вважається можливим знехтувати подіями, які мають імовірність менше 0,05, в інших, коли мова йде, наприклад, про руйнування великих гідротехнічних споруд, про загибель великого судна чи загибель людей, зокрема в ДТП, не можна нехтувати обставинами, що можуть виникнути з імовірністю 0,001 [4].

Для виконання завдань, пов'язаних з визначенням міцності дорожнього одягу, прийнятним буде значення $q = 0,05$.

З урахуванням зазначеного, можна стверджувати, що умова (5) описує ступінь імовірності суттєвості розбіжності двох центрів розподілу рівнів міцності дорожнього одягу. Якщо значення величини, отримане з умови (5), близьке до 0, то це значить, що імовірність того, що два порівнювані розподіли рівнів міцності дорожнього одягу з імовірністю близькою до 100 % мають несуттєву розбіжність. І навпаки, чим більше значення q за умовою (5), тим менша імовірність, що зазначені розподіли не мають суттєвої розбіжності і більша імовірність, що вони таку розбіжність мають.

Для підтвердження або спростування наведених результатів теоретичних досліджень виконані розрахунки імовірності суттєвості розбіжності двох центрів розподілу рівнів міцності дорожнього одягу на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса на ділянці від км 404+000 до км 407+000, визначені дорожньою лабораторією ДП “Укрдпродор” у 2014 р. на етапі виконання передпроектних робіт (табл. 1).

Підставивши відповідні значення у формули (1) та (5) отримані результати, які наведені у табл. 2.

Із даних табл. 2 видно, що відрізки дороги км 405 – км 406 і км 406 – км 407 (права проїзна частина) за критерієм (1) можна було б помилково віднести до таких, що не мають суттєвої розбіжності (0,92 > 0,90), але врахування критерію (5) дозволяє запобігти цій помилці (0,071 > 0,050), тобто розбіжність суттєва.

Отже, на основі проведених досліджень, можна стверджувати, що для використання критерію суттєвості розбіжності в інженерних розрахунках щодо міцності дорожнього одягу можна вважати – якщо значення імовірності більше 0,05 розбіжність



Результати розрахунків суттєвості розбіжності

Відрізки дороги, що порівнюються		Ліва проїзна частина			Права проїзна частина		
Перший відрізок	Другий відрізок	Відношення середніх значень модулів пружності	Значення імовірності	Суттєвість розбіжності	Відношення середніх значень модулів пружності	Значення імовірності	Суттєвість розбіжності
км 404 – км 405	км 405 – км 406	0,93	0,006	Несуттєва	0,76	0,100	Суттєва
км 405 – км 406	км 406 – км 407	0,98	0,004	Несуттєва	0,92	0,071	Суттєва
км 404 – км 405	км 406 – км 407	0,96	0,002	Несуттєва	0,70	0,194	Суттєва

є суттєвою і навпаки, якщо значення імовірності менше 0,05 розбіжність є несуттєвою.

Таким чином, на основі використання критеріїв (1) та (5) можна виконувати два важливих завдання: по-перше, на стадії вимірювання міцності дорожнього одягу точніше визначати необхідну кількість вимірювань для кожного конкретного відрізка дороги [2], по-друге, при проектуванні дорожнього одягу обґрунтовано призначати його конструкцію для кожного відрізка дороги, який має суттєві розбіжності. Отже, використання критерію суттєвості розбіжності дозволить проектувати надійну конструкцію за мінімальної вартості.

Це було враховано при розробленні робочих проектів “Корегування проектно-кошторисної документації капітального ремонту автомобільної дороги державного значення Київ – Одеса на ділянках км 402+500 – км 405+000, км 405+000 – км 407+000, км 407+000 – км 409+000, Одеська область”.

Висновки

Критерій (1), за яким відношення середніх значень модуля пружності на двох ділянках не повинно відрізнитись більше ніж на 10 %, є необхідним, але недостатнім для вирішення питання про те, в яких випадках міцність дорожнього одягу на суміжних ділянках можна вважати рівнозначною.

У результаті проведених досліджень встановлено, що для використання критерію суттєвості розбіжності щодо рівнозначності міцності дорожнього одягу на двох ділянках можна вважати – якщо значення імовірності (5) більше 0,05, розбіжність є суттєвою, і навпаки, якщо значення імовірності менше 0,05, розбіжність є несуттєвою.

На основі використання критеріїв (1) та (5) можна виконувати два важливих завдання: по-перше, на стадії вимірювання міцності дорожнього одягу точ-

ніше визначати необхідну кількість вимірювань для кожного конкретного відрізка дороги; по-друге, при проектуванні дорожнього одягу обґрунтовано призначати його конструкцію для кожного відрізка дороги, який має суттєві розбіжності з іншими відрізками.

Використання критерію суттєвості розбіжності дозволить проектувати надійну конструкцію підсилення дорожнього одягу на кожній конкретній ділянці дороги за мінімальної її вартості.

Запропоновану методику застосування критерію суттєвості розбіжностей та критерії для ідентифікації ділянок доріг з рівнозначною міцністю дорожнього одягу доцільно використовувати на стадії виконання інженерно-вишукувальних і проектних робіт при проектуванні реконструкції або капітального ремонту автомобільних доріг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.
2. Гладун С.А., Гончаренко Ф.П. Обґрунтування кількості вимірювань для достовірної оцінки міцності дорожнього одягу // Автошляховик України. – 2015. – № 1–2. – С. 42–45.
3. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. Издание третье, стереотипное. – М.: Наука, 1969. – 512 с.
4. Гончаренко Ф.П. Теоретичні основи та практичні методи підвищення безпеки руху при експлуатації автомобільних доріг: Монографія. – К., 2000. – 352 с.