

УДК 528.5: 625.72

В.М. Ряпухін

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИМИ НІВЕЛІРАМИ ДЕФОРМАЦІЙ ПОКРИТТЯ

На підставі результатів проведеного аналізу методики і конструктивних особливостей вимірювання деформації покриття під колесом автомобіля за допомогою прецизійних нівелірів визначені систематичні похибки вимірювання і причини їх виникнення в залежності від конструктивних особливостей оптичних плоско паралельних пластин і методики дослідження. Запропоновані конкретні заходи, що можуть бути використано в практичній діяльності при діагностиці дорожніх одягів.

Ключові слова: прогини, прецизійні нівеліри, систематична похибка.

Постановка проблеми

Забезпечення ефективної роботи системи управління дорожнім господарством є найважливішим завданням дорожньої галузі. Її рішення в основному базується на розвитку інформаційних систем. з удосконалення цього стратегічного напрямку. В якості одного з основних завдань по формуванню і підтримці системи оперативного управління організацій і підприємств дорожнього господарства є створення і підтримка єдиного інформаційного простору – геоінформаційна система автомобільних доріг

Головний принцип, що лежить в основі геоінформаційної системи це представлення точної, вимірюваної моделі автомобільних доріг і штучних споруд в глобальній системі координат і прив'язка усієї іншої дорожньої інформації (даних діагностики, відеорянів, карток і тому подібне) до цієї моделі. В якості джерел просторових даних виступають аналогові або цифрові дані, які служать основою для створення моделей. Одним з основних джерел просторових даних є дані польових досліджень, отримані з використанням різних приладів, в тому числі різних геодезичних приладів. Невід'ємним елементом паспортизації автомобільної дороги, як підоснови геоінформаційної системи, є діагностика дорожнього одягу та стану покриття автомобільної дороги. У більшості випадків методи визначення міцності дорожніх одягів зводяться до визначення величини прогину з подальшим розрахунком модуля пружності. На теперішній час в світі розроблено і застосовується багато пристроїв і методів оцінки міцності дорожніх одягів [1-6]. Виникає завдання, для невеликих за об'ємами польових досліджень вибрати досить прості, доступні і надійні методи оцінки міцності дорожніх одягів.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій

Одночасно з розвитком методів розрахунку дорожніх одягів протягом останніх років з'явилися і нові методи оцінки міцності дорожніх одягів. Цьому сприяла поява сучасного електронно-оптичного устаткування і швидкодіючої реєструючої апаратури високої точності. Важливою вимогою, крім того, повинна бути простота, невелика ціна і надійність методів оцінки міцності дорожніх одягів. У більшості випадків методи визначення міцності дорожніх одягів зводяться до визначення величини прогину з подальшим розрахунком модуля пружності [1, 2, 3, 4].

Оцінка стану автомобільних доріг базується на теорії міцності та надійності дорожніх одягів. Методи і засоби виявлення дефектів у земляному полотні, дорожньому одязі, штучних спорудах утворюють систему діагностики [4, 6].

Результати діагностування використовуються для оцінки технічного та транспортно-експлуатаційного стану дороги, прийняття управлінських рішень із ремонту та утримання автомобільних доріг. Важливим етапом управління станом покриття є прогнозування транспортно-експлуатаційного стану покриття на підґрунті інженерного аналізу основного показника, який визначає загальну міцність і деформаційну стійкість дорожніх одягів – потрібний модуль пружності дорожнього одягу.

Міцність дорожнього одягу визначають безпосередньо на дорозі шляхом виміру прогинів, які є вихідними даними в розрахункових моделях, що оцінюють міцність конструкції.

В останні роки найбільш широко використовуються три методи визначення міцності дорожніх одягів [1 2 6]:

- вимірювання прогину під жорстким штампом;

- вимірювання прогину під колесом автомобіля;
- вимірювання прогину установками динамічного навантаження.

Для оперативного визначення міцності дорожнього одягу на значних ділянках дороги, як правило, застосовують методи динамічного навантаження, а для детальних досліджень зі змінними параметрами колісного навантаження вимірюють прогини під спареним колесом розрахункового автомобіля. Для вимірювання прогину під колесом задньої осі автомобіля використовують важільні прогиноміри різних конструкцій, оптичні прогиноміри і прецизійні нівеліри.

Так як чаша прогину (лінія впливу прогину покриття) при дії навантаження має радіус значно більше ніж 2 м, опори прогиноміра можуть знаходитись в зоні чаші, що, в свою чергу, приводить до похибки при вимірах прогину. Щоб цього уникнути, використовують прилад з довгою базою, але при цьому він є громіздким і незручним у користуванні. Основний недолік довгобазових прогиномірів в тому, що нагрів і охолодження важелів і, навіть незначний люфт у з'єднаннях, призводять до значних похибок і зменшення точності вимірювань осад покриття.

При використанні прецизійних нівелірів, які можна встановити на значній відстані від місця навантаження, практично ліквідується вплив чаші прогину на точність вимірювання. Але нівеліри встановлюються у нестандартному положенні під кутом до горизонту і необхідно дослідити, які похибки при цьому виникають і як їх врахувати [3, 4, 7].

Виклад основного матеріалу

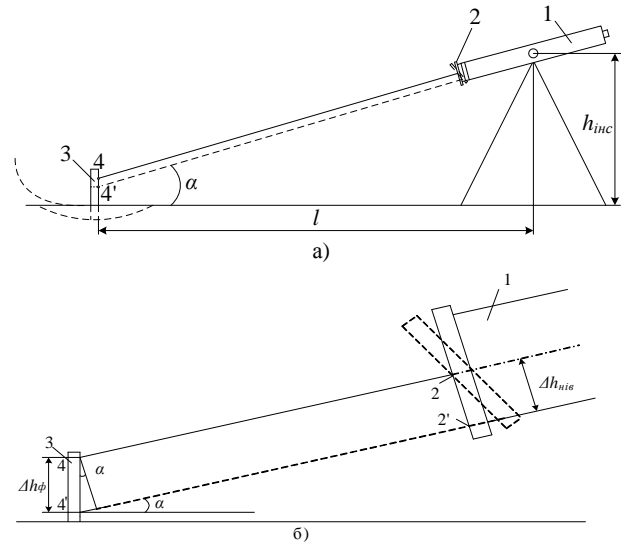
Розглянемо загальну схему визначення прогину покриття під колесом автомобіля за допомогою прецизійного нівеліра (рис. 1). Зорова труба нівеліра (1) з плоско-паралельною пластинкою (2) встановлена під кутом α на відстані l від марки (4) під колесом. При навантаженні марка переміщується на величину $4-4^1$. На прецизійному нівелірі з плоско-паралельною пластинкою за рахунок повороту плоско-паралельної пластинки оптична вісь інструмента зміщується вгору або вниз паралельно перш початковому положенню. Величина переміщення заміряється за допомогою спеціального відлікового механізму з точністю 0,03-0,05 мм. За допомогою плоско-паралельної пластинки ми визначаємо величину $2-2^1$, яка за рахунок нахилу труби відрізняється від істинного значення прогину. Похибка залежить від кута нахилу труби-від висоти інструмента ($h_{\text{инс}}$) і відстані до точки вимірювання l .

$$\text{tg}\alpha = h_{\text{инс}} / l. \quad (1)$$

Істинне значення прогину через відлік на прецизійному нівелірі визначається за (2):

$$4-4^1 = 2-2^1 / \cos\alpha. \quad (2)$$

Таким чином, похибка визначення істинного значення прогину під колесом автомобіля залежить від кута нахилу зорової труби нівеліра, тобто, від висоти інструмента і відстані до точки навантаження. Для практичних робіт можна вибрати два шляхи рішення проблеми.



- 1 – прецизійний нівелір з плоско-паралельною пластинкою;
- 2 – плоско-паралельна пластинка;
- 3 – марка;
- 4, 4' – точки нівелювання до і після прогину покриття

Рис. 1 Схема вимірювання прогину прецизійним нівеліром: а) загальний вигляд; б) детальний

Перший. На кожній станції заміряти висоту інструмента і відстань до точки навантаження. Визначити кут нахилу зорової труби нівеліра і кожний раз вводити поправку за (2). Це додатково не бажана втрата часу і зниження продуктивності дослідження. Є другий шлях.

Модуль пружності дорожніх одягів, що експлуатуються, знаходиться в межах від 100 МПа до 300 МПа. Для таких конструкцій прогин під колесом автомобіля ставить 1,5 - 0,3 мм. Прийємо допустиму похибку вимірювання прогину не більше 5 % від фактичного значення прогину [2, 3, 6]. Друга умова: похибка не повинна перебільшувати точність відлікового пристрою (0,03 - 0,05 мм). Таким чином ми частково компенсуємо можливий конструктивний люфт відлікового механізму. У нашому випадку на слабких конструкціях дорожніх одягів 5 % від прогину ставить 0,075 мм, що більше точності відлікового механізму. На міцних конструкціях дорожніх одягів 5 % від прогину ставить приблизно, 0,02 мм, що можна допустити. Таким чином, на слабких покриттях допустима похибка повинна бути менше 5 %,

в межах від 3 % до 3,5 %. Аналізуючи залежність (2), приходимо до висновку, що на слабких покриттях кут нахилу нівеліра повинен бути таким, щоб $\cos\alpha$ був не менше 0,97, а на міцних покриттях -0,95. Цим умовам відповідають кути нахилу 15° та 18° відповідно. При випробуваннях дорожніх одягів нівелір встановлюють на висоті 1,5-1,6 м над рівнем покриття. Кут нахилу нівеліра буде визначатися відстанню до точки випробувань, яку можна визначити через $\operatorname{tg}\alpha$. Для 15° $\operatorname{tg}\alpha = 0,2679$. При висоті інструмента 1,6 м за (1) визначаємо, що l дорівнює 6 м, а на міцних покриттях - 5 м.

Висновки

Проведено аналіз методів оцінки міцності нежорстких дорожніх одягів статичним і динамічним навантаженням. Okремо розглянуто методику вимірювання прогинів під колесом автомобіля за допомогою різних пристроїв у тому числі методами прецизійного нівелювання. Застосування прецизійних нівелірів дає змогу винести вимірювальний інструмент за межі чаші прогинів і ліквідувати можливі похибки в визначенні прогинів покриття. Встановлено, що внаслідок установки нівелірів з плоско паралельною пластинкою з нахилом до горизонту, з'являються суттєві систематичні похибки, встановлено механізм появи цих похибок. Проведені відповідні розрахунки і запропоновано конкретні заходи, щодо забезпечення потрібної точності вимірювань. В результаті проведеної роботи обґрунтовано доцільність використання методів прецизійного нівелювання при діагностиці дорожніх одягів.

Література

1. Иванов, Н.И. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд [Текст] / Н.И. Иванов – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
2. Апестин, В.К. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд [Текст] / В.К. Апестин, А.М. Шак, Ю.М. Яковлев – М.: Транспорт, 1977. – 100 с.
3. Жилин, С.Н. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Обзорная информация. [Текст] / С.Н. Жилин, В.И. Ермолаев // Автомобильные дороги. – М.: ЗАО «Издательство Дороги», 2002. – С. 60-65.
4. Леонович, И.И. Диагностика и управление качеством

автомобильных дорог. [Текст] / И.И. Леонович, С.В. Богданович, В.В. Голубев и др. – Минск: Бел. нац. техн. ун-т, 2002. – 356 с.

5. ВБН В.2.3-218-186. 2004 Дорожній одяг нежорсткого типу [Текст]. – Офіц. вид. – К.: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 176 с. – (Національний стандарт України).
6. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. II. [Текст] / [А.П. Васильев, В.К. Апестин, В.И. Баловнев и др.] под ред. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2004. – 507 с.
7. Cen, M., Li, Z., Ding, X., Zhuo, J. (2003). Gross error diagnostics before least squares adjustment of observations. *Journal of Geodesy*, 77, 503–513.

References

1. Ivanov, N. (1973). Designing and calculation of non-rigid road clothes. *Moscow: Transport*, 328.
2. Apestin, V., Shak, M., Yakovlev, Yu. (1977) Tests and evaluation of the strength of non-rigid pavements. *Moscow: Transport*, 100.
3. Zhilin, S., Ermolaev, V. (2002) Modern automated technical means of diagnostics of highways. Overview information. *Automobile roads. Moscow: Joint-Stock Company "Publishing house of the Road"*, 60-65.
4. Leonovich, I. (2002) Diagnostics and quality management of highways. *Minsk: Bel. nat. tech. University*, 356.
5. VBN B.2.3-218-186. 2004 The road odyag nezhhorstкого type. K.: State service of automobile roads of Ukraine *Ukravtodor*, 176 (National standard of Ukraine).
6. Vasiliev, A., Apestin, V., Balovnev, V. (2004) Repair and maintenance of highways: A reference roadway encyclopedia (SED). T. II. *Moscow: Informavtodor*, 507.
7. Cen, M., Li, Z., Ding, X., Zhuo, J. (2003). Gross error diagnostics before least squares adjustment of observations. *Journal of Geodesy*, 77, 503–513.

Рецензент: д-р техн. наук проф. С.М. Толмачов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Автор: РЯПУХІН Віталій Миколайович
кандидат технічних наук, професор кафедри вишукувань та проектування доріг і аеродромів
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail - rp@khadi.kharkov.ua
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8767-4926>

ADEQUATE ACCURACY ASSURANCE OF PRECISION LEVEL MEASURING OF PAVEMENT DEFLECTION

V. Riapukhin

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Based on the results of the analysis of the methodology and design features of the measurement of the deformation of the coating under the wheel of the car with the help of precision levelers, the systematic errors of measurement and the causes of their occurrence, depending on the design features of optical flat parallel plates and research methods, were determined. It is established that due to the installation of levelers with a plane-parallel plate with a slope to the horizon, significant systematic errors appear, and the mechanism of appearance of these errors is established. Conducted appropriate calculations and proposed specific measures to ensure the required accuracy of measurements. As a result of this work, the expediency of using precision leveling methods in diagnosing road clothing has been substantiated.

Keywords: deflections, precision level, consistent error.