

УДК 624.7/.8

*В.В. Ильченко, к.т.н., доцент*

*Р.А. Мищенко, к.т.н., доцент*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

*В.І. Козарь, к.т.н., доцент*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

*Розглянуто нормативні вимоги до геодезичних робіт при будівництві автомобільних доріг. Визначено вплив точності виконання геодезичних робіт на рівність дорожнього покриття.*

**Ключові слова:** *автомобільна дорога, геодезичні роботи, дорожнє покриття.*

УДК 624.7/.8

*В.В. Ильченко, к.т.н., доцент*

*Р.А. Мищенко, к.т.н., доцент*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

*В.И. Козарь, к.т.н., доцент*

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Рассмотрены нормативные требования к геодезическим работам при строительстве автомобильных дорог. Определено влияние точности геодезических работ на ровность дорожного покрытия.*

**Ключевые слова:** *автомобильная дорога, геодезические работы, дорожное покрытие.*

UDC 624.7/.8

*V.V. Ilchenko, PhD, Associate Professor*

*R.A. Mischenko, PhD, Associate Professor*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

*V.I. Kozar, PhD, Associate Professor*

*Kremenchuk National Mykhailo Ostrohradskiy University*

## **THE ENSURING ACCURACY OF GEODETIC WORK AT BUILDING OF ROADS**

*The normative requirements of geodetic work at building of roads is considered. The influence of the accuracy of geodetic work to evenness road pavement has been defined.*

**Keywords:** *roads, geodetic work, road pavement.*

**Вступ.** Одним з основних показників транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги є рівність поверхні дорожнього покриття, оскільки від неї залежить не тільки зручність і безпека руху, але й міцність і довговічність всієї дорожньої конструкції [1, 2].

Поверхня дорожнього покриття завжди має нерівності різних форм та розмірів, а їх розподіл за протяжністю носить випадковий характер. Залежно від впливу нерівностей поверхні покриття на рух автомобіля їх можна класифікувати за геометричними характеристиками структури на два види [1, 3, 4]:

– *макронерівності* – відхилення поверхні покриття від дійсної пласкої поверхні у вигляді плавних хвиль з довжиною, більшою ніж 10 м, й амплітудою коливань понад 5 см, які в сукупності фактично складають поздовжній профіль дороги та впливають на режим руху автомобіля й роботу його двигуна;

– *мікронерівності* – відхилення поверхні покриття від дійсної пласкої поверхні з довжиною хвилі від 0,1 до 10 м й амплітудою коливань до 5 см, що виникають у результаті утворення на поверхні дороги різних деформацій та викликають коливання всього автомобіля чи окремих його частин, але не впливають на роботу двигуна.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Аналіз відомих на сьогодні теоретичних досліджень та практичних рекомендацій щодо рівності дорожнього покриття показує, що формування нерівностей на його поверхні починається на стадії проектування поздовжнього профілю (до 15 – 25% від показників допустимої рівності дорожнього покриття), розвиток відбувається під час улаштування дорожнього одягу (зокрема, верхнього шару покриття), а накопичення – у процесі експлуатації під дією транспортних навантажень та природно-кліматичних умов [5 – 6]. Найбільш відповідальним у цьому відношенні є період будівництва, оскільки на цій стадії можна виявити й виправити проектні помилки, а порушення технології влаштування дорожнього покриття ліквідувати практично неможливо [7 – 9].

Діючі нормативні документи [10, 11], які регламентують методи проведення контролю якості робіт щодо рівності дорожніх основ і покриттів у період будівництва, капітального ремонту й реконструкції, для виявлення макронерівностей передбачають визначення висотних відміток при нівелюванні, а для виявлення мікронерівностей – визначення просвітів під триметровою рейкою.

*Визначення макронерівностей поверхні дорожнього покриття за висотними відмітками при нівелюванні* згідно з п. 21.1.5 [10] проводиться лише під час операційного контролю якості робіт для всіх дорожніх основ і покриттів шляхом нівелювання поздовжнього профілю траси через кожні 100 м. Стосовно допустимих відхилень у нормах зазначено, що при вимірюванні висотних відміток для основ і покриттів «... не більше 10 %

результатів вимірів можуть мати відхилення від проектних значень в межах  $\pm 25$  мм, решта –  $\pm 10$  мм» ([10], табл. 22.1, п. 15).

Висотні відмітки визначаються під час будівництва й експлуатації дорожнього покриття також у послідовності, що викладена в п. 5 [11]. Суть методу полягає в тому, що за допомогою нівеліра на ділянці довжиною, не меншою ніж 400 м, через кожні  $5 \pm 0,2$  м у поздовжньому напрямку траси визначаються висотні відмітки поверхні дорожнього покриття, за якими обраховують відхилення від проектної лінії.

*Визначення мікронеровностей поверхні дорожнього покриття під триметровою рейкою* згідно з п. 22.6 [10] проводиться під час операційного контролю якості та приймання робіт для всіх дорожніх основ і покриттів у послідовності, що викладена в п. 4 [11]. Суть методу полягає в тому, що за допомогою клинового промірника через кожні 0,5 м у поздовжньому напрямку визначаються зазори між нижньою гранню триметрової рейки та поверхнею покриття. Стосовно допустимих відхилень у нормах зазначено, що для щебневих основ і покриттів «... не більше 5 % результатів вимірів можуть мати відхилення від проектних значень в межах до 20 мм, решта – до 10 мм», а для асфальтобетонних основ і покриттів – «... не більше 5 % результатів вимірів можуть мати відхилення від проектних значень в межах до 10 мм, решта – до 5 мм» ([10], табл. 22.1) при кількості, не меншій ніж 150 вимірів на 1 км.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Рівність поверхні дорожнього покриття під час операційного контролю якості та приймання робіт для всіх дорожніх основ і покриттів оцінюється граничною похибкою  $\Delta_{дон}$ , яка згідно з рекомендаціями [12] визначається виразом

$$\Delta_{дон} = \sqrt{\Delta_{сп}^2 + \Delta_{бр}^2 + \Delta_{дм}^2}, \quad (1)$$

де  $\Delta_{сп}$ ,  $\Delta_{бр}$ ,  $\Delta_{дм}$  – відповідно граничні похибки геодезичних робіт, будівельних робіт і роботи дорожніх машин.

На основі принципу рівних впливів [13] при відомому значенні граничної похибки  $\Delta_{дон}$  можна визначити граничну похибку кожної складової

$$\Delta_i = \frac{\Delta_{дон}}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

де  $n$  – число складових похибок.

Якщо прийняти граничну похибку відхилення висотних відміток від проектних значень  $\Delta_{дон} = 10$  мм ([10], табл. 22.1, п. 15), тоді згідно з виразом (2) значення окремих складових мають становити не більше ніж  $\Delta_i = 10 / \sqrt{3} = 5,77$  мм.

Серед наведених у виразі (1) складових граничної похибки особливої уваги вимагають геодезичні роботи, оскільки від точності їх виконання залежить відтворення на місцевості проектного профілю траси, тобто утворення макронерівностей поверхні дорожнього покриття.

**Постановка завдання.** Мета роботи полягає в оцінюванні впливу точності геодезичних робіт на рівність дорожнього покриття.

**Основний матеріал і результати.** У сучасному дорожньому будівництві для відтворення на місцевості проектного поздовжнього профілю траси зазвичай установлюють копірну струну. Завдяки цьому всі незначні нерівності поверхні основи чи нижнього шару покриття, які залишилися на момент улаштування наступного шару, не повинні впливати на якість проектного профілю покриття [14 – 17].

Для контролю якості виконання геодезичних розмічувальних робіт згідно з рекомендаціями п. 5 [11] вертикальне відхилення відносної відмітки контрольної точки поздовжнього профілю  $H_i$  від проектної лінії визначається за виразом

$$\delta h_i = \left| \frac{H_{i-1} + H_{i+1}}{2} - H_i \right|, \quad (3)$$

де  $H_{i-1}$ ,  $H_{i+1}$  – відносні відмітки попередньої та наступної точок копірної струни.

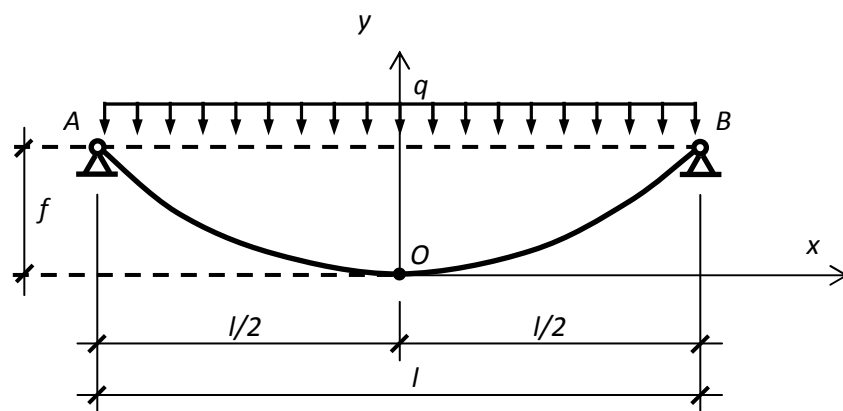
Копірна струна являє собою гнучку нитку постійного перерізу (рис. 1), яка під дією власної ваги  $q$  в середині прольоту  $l$  має стрілу провисання  $f$

$$f = \frac{ql^2}{8N}, \quad (4)$$

де  $q$  – власна маса гнучкої нитки, кг/м;

$l$  – проліт гнучкої нитки, м;

$N$  – горизонтальний натяг гнучкої нитки, кг.



**Рис. 1.** Розрахункова схема симетричної гнучкої нитки ( $H_A = H_B$ )

Для копірної струни можна використати сталевий канат діаметром  $\varnothing 3,1$  мм за нормами [19] (маса  $q = 0,0492$  кг/п.м., площа перерізу  $F = 5,66 \times 10^{-6}$  м<sup>2</sup>), який при прольоті  $l = 10$  м та зусиллі натягу  $N = 200$  кг згідно з формулою (4) матиме стрілу провисання

$$f = \frac{0,0492 \times 10^2}{8 \times 200} = 0,003075 \text{ м} = 3,075 \text{ мм.}$$

Таким чином,  $\delta h_i = 3,075$  мм, що не перевищує значення граничної похибки геодезичних робіт  $\Delta_{ep} = f = 5,77$  мм.

Якщо під час геодезичних розмічувальних робіт точки підвішування копірної струни будуть закріплені на одному рівні ( $H_A = H_B$ ), тоді відмітку точки на середині прольоту можна розрахувати за виразом

$$H_O = H_A - f. \quad (5)$$

Вертикальне відхилення контрольних точок поздовжнього профілю від проектної лінії, що розраховується за виразом (3), буде становити:

– для точки посередині прольоту

$$\delta h_O = \left| \frac{H_A + H_B}{2} - H_O \right| = |H_A - (H_A - f)| = f;$$

– для точки закріплення

$$\delta h_B = \left| \frac{H_O + H_O}{2} - H_B \right| = |H_O - H_A| = |H_O - (H_O + f)| = f.$$

Якщо ж під час геодезичних розмічувальних робіт точки підвішування копірної струни будуть закріплені на різних рівнях (рис. 2), тоді гнучка нитка матиме асиметричну форму, а стріла провисання для кожної точки закріплення  $f_i$  може бути розрахована за виразом

$$f_1 = \frac{ql^2}{8N} + \frac{Nh^2}{2ql^2} + \frac{h}{2}, \quad f_2 = \frac{ql^2}{8N} + \frac{Nh^2}{2ql^2} - \frac{h}{2}, \quad (6)$$

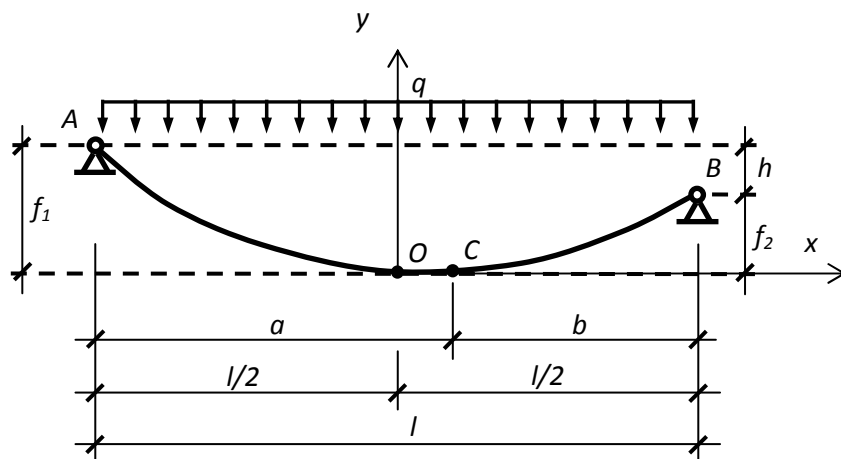
де  $h$  – різниця висотних рівнів точок підвішування (див. рис. 2).

Відмітки контрольних точок відносно точки А для розрахункової схеми, наведеної на рис. 2, можна розрахувати за виразом

$$\begin{aligned} H_B &= H_A - h, \\ H_i &= H_A - \frac{ql^2}{8N}. \end{aligned} \quad (7)$$

Вертикальне відхилення контрольної точки  $H_i$  поздовжнього профілю від проектної лінії, що розраховується за виразом (3), становитиме

$$\delta h_i = \left| \frac{H_A + H_B}{2} - H_i \right| = \left| \frac{H_A + H_A - h}{2} - H_A + \frac{ql^2}{8N} \right| = \left| \frac{ql^2}{8N} - \frac{h}{2} \right|.$$



**Рис. 2. Розрахункова схема асиметричної гнучкої нитки ( $H_A > H_B$ )**

Результати розрахунку вертикального відхилення контрольної точки  $H_i$  при різних значеннях різниці висотних рівнів  $h$  точок підвішування наведено у табл. 1.

Як видно з табл. 1, при розрахунку вертикальне відхилення положення копірної струни за методикою, рекомендованою для контролю якості виконання геодезичних розмічувальних робіт нормами [11], при точному закріпленні точок підвішування копірної струни (варіант № 1) за виразом (3) виникають відхилення величиною 3,075 мм (середнє значення 3,075 мм), а при закріпленні точок підвішування копірної струни (варіант № 2) в діапазоні відхилень  $\pm 3$  мм – 2,067 мм (середнє значення 2,067 мм). Якщо вертикальне відхилення положення копірної струни розраховувати відносно початкової точки підвішування, тоді середні значення відхилень за варіантами складуть відповідно 1,538 та 1,938 мм.

Таким чином, на стадії будівництва для оцінювання впливу точності геодезичних робіт на макрорівність дорожнього покриття вираз (3) використовувати недоцільно, оскільки в такому разі не можливо встановити фактичне відхилення положення копірної струни від проектного поздовжнього профілю. Надалі неточне закріплення проектного профілю на місцевості призведе до утворення значних нерівностей при влаштуванні поверхні дорожнього покриття.

**Висновки.** Виконані розрахунки показують, що для оцінювання точності геодезичних розмічувальних робіт доцільно виконувати контрольне нівелювання за пікетними позначками через 5 м відносно початкової точки підвішування копірної струни.

**Таблиця 1. Вплив висотних рівнів точок підвішування копірної струни на показники рівності поверхні покриття**

Пікетажне положення точок ПК+, м	Варіанти закріплення точок підвішування копірної струни					
	№ 1 (рис. 1)			№ 2 (рис. 2)		
	Висотні відмітки $H_i$ , м	Вертикальне відхилення $\delta h_i$ , мм		Висотні відмітки $H_i$ , м*	Вертикальне відхилення $\delta h_i$ , мм	
		за [11]	відносно ПК0+000		за [11]	відносно ПК0+000
0+000	1,000	–	0,000	1,000	–	–
0+005	0,997	3,075	3,075	0,997	1,575	3,075
0+010	1,000	3,075	0,000	0,997	0,575	3,000
0+015	0,997	3,075	3,075	0,996	2,075	4,075
0+020	1,000	3,075	0,000	0,999	2,575	1,000
0+025	0,997	3,075	3,075	0,997	2,575	3,075
0+030	1,000	3,075	0,000	1,000	2,075	0,000
0+035	0,997	3,075	3,075	0,999	2,075	1,075
0+040	1,000	3,075	0,000	1,002	3,075	2,000
0+045	0,997	3,075	3,075	0,999	3,075	1,075
0+050	1,000	3,075	0,000	1,002	2,575	2,000
0+055	0,997	3,075	3,075	1,000	2,575	0,075
0+060	1,000	3,075	0,000	1,003	3,075	3,000
0+065	0,997	3,075	3,075	1,000	0,075	0,075
0+070	1,000	3,075	0,000	0,997	1,925	3,000
0+075	0,997	3,075	3,075	0,998	1,075	2,075
0+080	1,000	3,075	0,000	1,001	3,075	1,000
0+085	0,997	3,075	3,075	0,998	1,575	2,075
0+090	1,000	3,075	0,000	0,998	1,075	2,000
0+095	0,997	3,075	3,075	0,996	2,575	4,075
0+100	1,000	–	0,000	0,999	–	1,000
		3,075	1,538		2,067	1,938

\* висотні відмітки за варіантом № 2 змодельовані в діапазоні відхилень  $\pm 3$  мм.

### Література

1. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог / А.П. Васильев. – М. : Издательский центр «Академия», 2011. – 320 с.
2. Величко, Г.В. Забезпечення рівності автомобільних доріг / Г.В. Величко, В.В. Філіппов // Автошляховик України. – 2003. – № 2. – С. 40 – 43.
3. ISO 13473-1:1997. Characterization of pavement texture by use of surface profiles. – Part 1: Determination of Mean Profile Depth. – P. 22.
4. Ильченко, В.В. Совершенствование методики операционного контроля качества ровности дорожного покрытия / В.В. Ильченко // Материалы Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». – Пермь: ПНИПУ, 2013. – С. 204-209.
5. Ряпухин, В.Н. Проектна рівність покриттів автомобільних доріг / В.Н. Ряпухин, Н.В. Крупа // Автошляховик України. – 2004. – № 3. – С. 31 – 34.
6. Костельов, М.П. Практические проблемы устройства асфальтобетонных покрытий с высокой ровностью [Электронный ресурс] / М.П. Костельов. – Режим доступа: <http://library.stroit.ru>.
7. Руководство по статистическому контролю и регулированию качества при строительстве и капитальном ремонте автомобильных дорог. – М., 1981. – 30 с.
8. Лушников, Н.А. К вопросу об оценке продольной ровности покрытий автомобильных дорог / Н.А. Лушников, П.А. Лушников // Дороги и мосты. – М. : ФГУП «РосдорНИИ», 2010. – Вып. № 23. – С. 97 – 104.
9. Могильный, К.В. Требования к ровности дорожных оснований и покрытий. Методы и средства измерения неровностей / К.В. Могильный, В.В. Чванов, О.А. Красиков // Дороги и мосты. – М. : ФГУП «РосдорНИИ», 2011. – Вып. №26. – С. 151 – 169.
10. ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 84 с.
11. ДСТУ Б В.2.3-3-2000. Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ і покриттів. – К. : Держбуд України, 2000. – 10 с.
12. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений (ВСН 5-81). – М. : Транспорт, 1983. – 110 с.
13. ГОСТ 26433.0-85. Правила выполнения измерений. Общие положения. – М. : Стандартинформ, 2005. – 14 с.
14. Долгилевич, Ю.П. Влияние некоторых составляющих асфальтобетонной технологии на долговременную ровность дорожных покрытий [Электронный ресурс] / Ю.П. Долгилевич и др. – Режим доступа: <http://library.stroit.ru>.
15. Ильченко, В.В. Особливості виконання геодезичних і будівельних робіт при влаштуванні дорожніх покриттів із високою рівністю поверхні / В.В. Ильченко, В.І. Козарь, Л.М. Козарь // Вісник Кременчуцького державного університету. Вып. 6/2009 (59). – Кременчук : КДУ, 2009. – С. 175 – 178.
16. Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий / Ищенко И.С., Калашикова Т.Н., Семенов Д.А. – М. : Аир-Арт, 2001. – 176 с.
17. Методические рекомендации по повышению ровности асфальтобетонных покрытий, устраиваемых автоматизированными асфальтоукладчиками. – М. : , 1980. – 24 с.
18. Меркин, Д.Р. Введение в механику гибкой нити / Д.Р. Меркин. – М. : Наука, 1980. – 240 с.
19. ГОСТ 3062-80. Канат одинарной свивки ЛК-0. – М. : Госстандарт, 1980. – 7 с.

Надійшла до редакції 05.09.2013

© В.В. Ильченко, Р.А. Міщенко, В.І. Козарь