

УДК 624.7/.8

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ НА СТАДІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ І БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

**В.В. Ільченко, доцент, к.т.н., Р.А. Міщенко, доцент, к.т.н.,
Полтавський національний технічний університет,
В.І. Козарь, доцент, к.т.н., Л.М. Козарь, ст. викладач,
Кременчуцький національний університет**

Анотація. Розглянуто технологічні вимоги до геодезичних і будівельних робіт при влаштуванні дорожніх покриттів з високою рівністю поверхні. Визначено вплив зусилля натягу копірної струни на рівність дорожнього покриття.

Ключові слова: дорожнє покриття, рівність дорожньої поверхні, копірна струна.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАДИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

**В.В. Ильченко, доцент, к.т.н., Р.А. Мищенко, доцент, к.т.н.,
Полтавский национальный технический университет,
В.И. Козарь, доцент, к.т.н., Л.М. Козарь, ст. преподаватель,
Кременчугский национальный университет**

Аннотация. Рассмотрены технологические требования к геодезическим и строительным работам при устройстве дорожных покрытий с высокой ровностью поверхности. Определено влияние усилия натяжения копірної струны на ровность дорожнього покриття.

Ключевые слова: дорожное покрытие, ровность дорожной поверхности, копірна струна.

ENSURING OF ROAD PAVEMENT EVENNESS ON THE STAGE OF GEODESIC AND CONSTRUCTION WORK

**V. Ilchenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science, R. Mischenko,
Associate Professor, Candidate of Technical Science, Poltava National Technical
University, V. Kozar, Associate Professor, Candidate of Technical Science, L. Kozar,
Senior Lecturer, Kremenchuk National University**

Abstract. The technological requirements for geodesic and construction works when constructing pavements with high surface evenness are considered. The influence of the efforts concerning tensioning of the copying string to road surface evenness has been determined.

Key words: road pavement, road surface evenness, copying string.

Вступ

Рівність дорожнього покриття є одним з основних транспортно-експлуатаційних показників стану автомобільної дороги, оскільки від неї залежить не тільки зручність і безпека руху, але й міцність і довговічність всієї дорожньої конструкції.

Аналіз відомих на сьогодні теоретичних досліджень та практичних рекомендацій щодо рівності дорожнього покриття показує, що формування нерівностей на поверхні дорожнього покриття 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 дороги під дією транспортних навантажень та природно-кліматичних факторів [1–3]. Найбільш відповідальним у цьому відношенні є період будівництва, оскільки на цій стадії ще можливо виявити й виправити проектні помилки, а порушення технології влаштування дорожнього покриття ліквідувати досить важко.

Прийнято вважати, що рівність дорожнього покриття залежить лише від правильності влаштування його верхнього шару. Звичайно неможливо та й непотрібно влаштовувати поверхню земляного полотна й шарів основи з такою рівністю, яка повинна створюватися на поверхні дорожнього покриття. Основний принцип якісного виконання дорожньо-будівельних робіт має полягати в тому, що рівність кожного наступного шару дорожнього одягу залежить від рівності попереднього та має бути кращою від нього [4, 5]. Лише в такому випадку сучасна дорожня техніка для укладання й ущільнення асфальтобетону дозволить отримати необхідну рівність поверхні дорожнього покриття.

Аналіз публікацій

У сучасному дорожньому будівництві на дорогах вищих категорій для влаштування дорожніх одягів застосовують укладальники з автоматичною системою управління (АСУ) робочими органами (вигладжувальною плитою і трамбувальним брусом), яка призначена для отримання рівної поверхні дорожнього покриття в поздовжньому напрямку із заданими ухилами поперечного профілю. Суть роботи укладальника з АСУ полягає в автоматичному підтриманні поздовжнього та поперечного профілів дороги відносно базової поверхні за рахунок регулювання товщини шару матеріалу, що вкладається.

При влаштуванні шарів основи та покриття на автодорогах за базову приймають не фактичну поверхню земляного полотна чи існуючого шару дорожнього покриття, по якій пересувається ходова частина укладальника, а спеціальний копір, котрий імітує рівний поздовжній профіль поверхні дороги. Таким чином усі можливі нерівності поверхні земляного полотна або існуючого шару дорожнього покриття, які залишилися на момент улаштування нового шару, не будуть впливати на якість його поверхні [6, 7].

Для забезпечення роботи самохідного укладальника з АСУ як копії застосовують сталеву струну, що натягується по нівеліру обабіч дороги, або жорсткі багатоопорні лижі довжиною 18–24 м, які кріпляться на укладальнику й ковзають по поверхні земляного полотна чи існуючого дорожнього одягу. Тип копіра обирається залежно від наявності та характеру нерівностей на поверхні земляного полотна або існуючого шару основи, які виявляються шляхом нівелювання із кроком 5–10 м. Зокрема за наявності на поверхні основи нерівностей з довжиною хвилі 15–30 м і глибиною до 16 мм рекомендується як копії застосовувати багатоопорні лижі довжиною 10 м і більше, а за глибини нерівностей 16–50 мм – струни [8]. Як правило, шари основи та нижні шари покриття влаштовують із використанням копірної струни, а верхні шари покриття – із застосуванням багатоопорних лиж. У разі використання копірної струни як базової поверхні для забезпечення роботи самохідного укладальника з АСУ виникає питання про те, наскільки точно відбувається відтворення проектного поздовжнього профілю та забезпечується необхідна рівність дорожнього покриття в цілому.

Мета і постановка задачі

Мета роботи полягає у визначенні складових граничної похибки влаштування шарів дорожнього одягу і впливу зусилля натягу копірної струни на рівність дорожнього покриття.

Визначення складових граничної похибки влаштування шарів дорожнього одягу

Процес улаштування шарів основи й покриття дорожнього одягу об'єднується в єдиний комплекс, загальна точність якого, разом з технологічними розрахунками, має бути вищою від граничної похибки. Гранична похибка $\Delta_{\text{доп}}$ влаштування дорожнього одягу, згідно з рекомендаціями [6], визначається виразом

$$\Delta_{\text{доп}} = \sqrt{\Delta_{\text{гр}}^2 + \Delta_{\text{бр}}^2 + \Delta_{\text{дм}}^2}, \quad (1)$$

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

Поняття «рівність» стосується геометричних характеристик поверхні покриття й визначається розміром і формою фактичної поверхні проїзної частини дороги. Контроль рівності шарів основи та покриття виконується, згідно з нормами [9, п. 22.6], за допомогою триметрової рейки із клином-промірником у послідовності, викладеній у нормативному документі [10]. Оскільки триметровою рейкою на поверхні дорожнього покриття неможливо виявити нерівності з довжиною хвилі понад 5–6 м [11], тому контроль рівності шарів основи та покриття необхідно здійснювати шляхом визначення відхилень фактичних висотних позначок від проектних, які не повинні перевищувати допустимих значень $\Delta_{\text{доп}} = \pm 10$ мм [9, табл. 22, п. 15].

Гранична похибка геодезичних робіт $\Delta_{\text{гр}}$ контролюється при виконанні вертикальних розмічувальних робіт і насамперед пов'язана з технічними характеристиками нівелірів, які застосовуються для винесення планового висотного положення поздовжнього профілю. Вибір нівелірів для виконання розмічувальних робіт слід проводити відповідно до необхідної точності робіт і технічної характеристики приладів. Згідно рекомендацій щодо виконання розмічувальних робіт при влаштуванні шарів основи і покриття дорожнього одягу, гранична похибка геодезичних робіт при використанні високоточних нівелірів становить $\Delta_{\text{гр}} = 0,2$ мм, точних – $\Delta_{\text{гр}} = 2,0$ мм, технічних – $\Delta_{\text{гр}} = 5,0$ мм ([6], додаток 2).

Гранична похибка роботи дорожніх машин $\Delta_{\text{дм}}$ визначається технічним станом, правильною налаштуванням й режимом роботи асфальтоукладальника та котків, задіяних для влаштування шарів основи чи покриття дорожнього одягу. При нормальному технічному стані дорожніх машин і дотриманні рекомендацій щодо технології виконання дорожньо-будівельних робіт гранична похибка роботи дорожніх машин становить $\Delta_{\text{дм}} = 5$ мм ([6], додаток 3).

Гранична похибка будівельних робіт $\Delta_{\text{бр}}$, за відомих значень інших складових сумарної похибки, згідно виразу (1) становить

$$\Delta_{\text{бр}} = \sqrt{\Delta_{\text{доп}}^2 - \Delta_{\text{гр}}^2 - \Delta_{\text{дм}}^2}. \quad (2)$$

Таким чином для забезпечення проектної поздовжньої рівності шарів основи і покриттів дорожнього одягу гранична похибка будівельних робіт $\Delta_{\text{бр}}$ при використанні нівелірів різного класу точності не повинна перевищувати таких значень

– високоточні нівеліри

$$\Delta_{\text{бр}} = \sqrt{10,0^2 - 0,2^2 - 5,0^2} = 8,67 \text{ мм};$$

– точні нівеліри

$$\Delta_{\text{бр}} = \sqrt{10,0^2 - 2,0^2 - 5,0^2} = 8,43 \text{ мм};$$

– технічні нівеліри

$$\Delta_{\text{бр}} = \sqrt{10,0^2 - 5,0^2 - 5,0^2} = 7,07 \text{ мм}.$$

Гранична похибка будівельних робіт $\Delta_{\text{бр}}$ контролюється безпосередньо при влаштуванні шарів основи та покриття дорожнього одягу. Аналіз науково-технічної літератури [12, 13] показує, що на рівність дорожнього покриття у процесі його влаштування впливає досить багато факторів, які можна поділити на п'ять груп, а саме:

- неправильний вибір та погане налаштування копіра;
- підготовка і стан основи під укладання шарів дорожнього одягу;
- склад і стан суміші для влаштування шарів дорожнього одягу;
- особливості доставки та завантаження суміші в укладальник;
- неточна робота дорожніх котків, що здійснюють укладання покриття.

Вплив першої групи факторів чітко простежується при провисанні копірної струни між точками закріплення та може бути контрольованим. На основі принципу рівних впливів [14] можна визначити граничну похибку встановлення копірної струни

$$\Delta_{\text{кс}} = \Delta_{\text{бр}} / \sqrt{n} = 7,07 / \sqrt{5} = 3,16 \text{ мм},$$

де $n = 5$ – число складових похибок.

Оцінка впливу зусилля натягу копірної струни на рівність дорожнього покриття

Копірна струна являє собою гнучку нитку постійного перерізу (рис. 1), яка під дією власної ваги q у прольоті l (горизонтальна проекція між точками закріплення A і B) провисає на певну величину f .

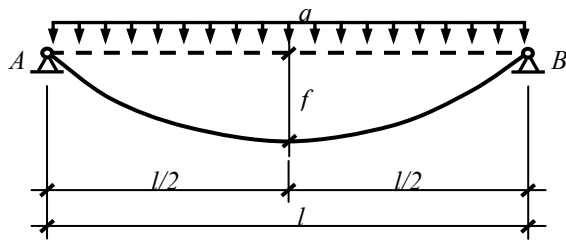


Рис. 1. Розрахункова схема гнучкої нитки

Стріла провисання гнучкої нитки f описується виразом

$$f = \frac{ql^2}{8H}, \quad (3)$$

де q – власна маса гнучкої нитки, кг/м; l – проліт гнучкої нитки, м; H – горизонтальний натяг гнучкої нитки, кг.

Якщо як копірну струну використовувати сталевий канат діаметром $\varnothing 3,1$ мм за нормами [15] (маса $q = 0,0492$ кг/п.м, площа перерізу $F = 5,66 \times 10^{-6}$ м²), то при прольоті $l = 10$ м та зусиллі натягу $H = 200$ кг, згідно з виразом (3), вона матиме стрілу провисання

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

Аналогічно можна розрахувати величину стріли провисання копірної струни зі сталевого каната $\varnothing 3,1$; $\varnothing 4,0$ та $\varnothing 4,9$ мм при зусиллях натягу $H = 100$ – 1200 кг (рис. 2).

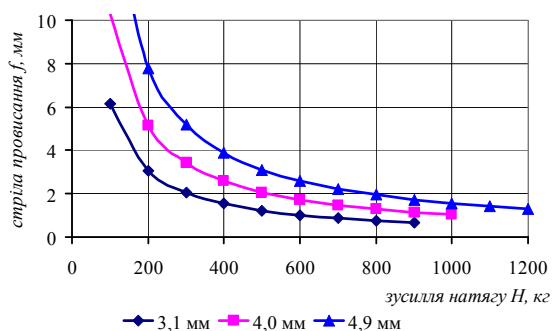


Рис. 2. Залежність стріли провисання копірної струни від зусилля натягу

Наведені на рис. 2 графіки показують, що для дотримання умови $\Delta_{\text{кв}} = 3,16$ мм копірну струну зі сталевого каната діаметром $\varnothing 3,1$ мм необхідно натягувати із зусиллям, не меншим, ніж $H = 195$ кг, $\varnothing 4,0$ мм – 327 кг, $\varnothing 4,9$ мм – 495 кг.

Довжина копірної струни L по кривій провисання становить

$$L = l \left(1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right). \quad (4)$$

Якщо прийняти, що копірна струна зі сталевого каната $\varnothing 3,1$ мм з попереднього розрахунку в прольоті $l = 10$ м при зусиллі натягу $H = 200$ кг провисає на $f = 0,003075$ м, то її довжина L буде становити

$$L = 10 \left(1 + \frac{8}{3} \frac{0,0031^2}{10^2} \right) = 10,0000025 \text{ м.}$$

Наведені розрахунки показують, що довжина копірної струни по кривій провисання L є майже рівною прольоту l (розбіжність менше ніж $0,001\%$), тому величину натягу H та розподіл власної маси q можна вважати рівномірно розподіленими по всій довжині.

Як відомо, за підвищення температури навколишнього середовища матеріал копірної струни буде розширюватися, що призведе до її подовження на величину ΔL

$$\Delta L = \alpha(t_2 - t_1)l, \quad (5)$$

де α – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу (для сталі $\alpha = 12 \times 10^{-6}$); t_1, t_2 – температура копірної струни відповідно на момент натягу та після підвищення.

Отже, довжина копірної струни L_2 за зміни температури становить

$$L_2 = L_1 + \Delta L = l \left(1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right) + \alpha(t_2 - t_1)l. \quad (6)$$

Наприклад, за збільшення температури з $t_1 = 20$ °С до $t_2 = 30$ °С довжина копірної струни буде становити

$$L_2 = 10 \left(1 + \frac{8}{3} \frac{0,0031^2}{10^2} \right) + 12 \times 10^{-6} (30 - 20) 10 \approx 10,0012 \text{ м.}$$

Підставляючи необхідні дані до виразу (3), отримаємо стрілу провисання копірної струни від власної ваги з урахуванням подовження за збільшення температури

$$f = \frac{0,0492 \times 10,0012^2}{8 \times 200} = 0,003076 \text{ м} = 3,076 \text{ мм.}$$

Таким чином, копірна струна зі сталевго каната $\varnothing 3,1$ мм за підвищення температури на 10°C матиме стрілу провисання $f = 3,076$ мм, що не перевищує прийнятої граничної похибки встановлення копірної струни $\Delta_{\text{кв}} = 3,16$ мм та відповідає нормативним вимогам щодо контролю якості влаштування поверхні дорожніх основ і покриттів.

Висновок

Результати проведених досліджень показують, що застосування сталевго каната як копіра для забезпечення автоматизованого геодезичного управління укладальником у цілому забезпечує точність відтворення проектного поздовжнього профілю, а отже, й рівність дорожнього покриття, за умови дотримання нормативних допусків і технологічних регламентів при влаштуванні шарів основи та покриття дорожнього одягу. При цьому слід обов'язково контролювати силу натягу сталевго каната за допомогою динамометра чи відкаліброваної пружини, особливо за значних перепадів температури навколишнього середовища протягом робочої зміни.

Література

1. Величко Г.В. Забезпечення рівності автомобільних доріг / Г.В. Величко, В.В. Філіппов // Автошляховик України: зб. наук. ст. – 2003. – № 2. – С. 40–43.
2. Долгилевич Ю.П. Влияние некоторых составляющих асфальтобетонной технологии на долговременную ровность дорожных покрытий [Электронный ресурс] / Ю.П. Долгилевич. – Режим доступа: <http://library.stroit.ru>.
3. Ряпухін В.Н. Проектна рівність покриттів автомобільних доріг / В.Н. Ряпухін, Н.В. Крупа // Автошляховик України: зб. наук. ст. – 2004. – № 3. – С. 31–34.
4. Костельов М.П. Практические проблемы устройства асфальтобетонных покрытий с высокой ровностью [Электронный ресурс] / М.П. Костельов. – Режим доступа: <http://library.stroit.ru>.
5. Ільченко В.В. Особливості виконання геодезичних і будівельних робіт при влаштуванні дорожніх покриттів із високою рівністю поверхні / В.В. Ільченко, В.І. Козарь, Л.М. Козарь // Вісник Кременчуцького державного університету: зб. наук. ст. – 2009. – Вип. 6/2009 (59). – С. 175–178.
6. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений: ВСН 5-81. – М.: Транспорт, 1983. – 110 с.
7. Цупиков С.Г. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог / С.Г. Цупиков. – М.: Инфра-Инженерия, 2005. – 992 с.
8. Методические рекомендации по повышению ровности асфальтобетонных покрытий, устраиваемых автоматизированными асфальтоукладчиками. – М.: СоюздорНИИ, 1980. – 24 с.
9. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 84 с.
10. Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ і покриттів: ДСТУ Б В.2.3-3:2000. – Введено вперше 23.02.2000 р. – К.: Держбуд України, 2000. – 10 с.
11. 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. – 2011. – Вып. 26. – С. 151–169.
12. Ищенко И.С. Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий / И.С. Ищенко, Т.Н. Калашникова, Д.А. Семенов. – М.: Аир-Арт, 2001. – 176 с.
13. Методические рекомендации по технологическому обеспечению качества строительства асфальтобетонных покрытий. – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2004. – 336 с.
14. Правила выполнения измерений. Общие положения: ГОСТ 26433.0-85. – Введен в действие с 01.01.1986 г. – М.: Стандартинформ, 2005. – 14 с.
15. Канат одинарной свивки типа ЛК-0: ГОСТ 3062-80. – Введен в действие с 01.01.1982 г. – М.: Госстандарт, 1980. – 7 с.

Рецензент: Є.Б. Угненко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 28 лютого 2013 р.