

Методика за избор и експериментално получаване микропрофила на пътя

Лило Кунчев

A Method for Selecting and Experimental Obtaining of Road Micro Profile: In this study is present a method of geometric leveling by leveling instrument and leveling rod. The experimental results for a road section are shown.

Key words: Road Profile, Vehicle Dynamics, Correlation Function, Spectral Density.

ВЪВЕДЕНИЕ

Динамичното поведение на купето и елементите от окачването на автомобила в най-голяма степен се влияе от микронеравностите на пътя [6]. В този смисъл авторите, изследващи пътните повърхнини са ги разделили в три основни групи в зависимост от дължината на вълните – грапавини, микронеравности и наклони. Тук е въведено и понятието усъвършенствани пътни покрития, които включват главно асфалтобетони, паважи и някои настилки като валиран трошен камък и/или поддържани земни пътища имащи стационарност на случайните функции описващи ординатите на техните неравности.

Профилът на пътя бива надлъжен и напречен. При изследване плавността на движение на транспортно средство по усъвършенствани пътни покрития е определящ надлъжният профил [4].

Надлъжен профил на пътя се нарича сечение на релефа в направление на движението на автомобила. Сечението на повърхността на конкретен участък от пътя се нарича реализация на профила, а съвкупността от такива реализации представлява профила на пътя като случаен процес. Профилът на пътя зависи от избора на сечение. Сеченията обикновено се избират в зоната на колеята (следата) на автомобилите.

Профилът на пътя обикновено се разглежда като функция на разстоянието (пътя). Релефът на пътя, изразен като функция на времето, се нарича смущение и зависи от конкретната схема на автомобила (броят на осите, базата на автомобила, скоростта на движение и др.).

Целта на настоящата работа е да се създаде методика за експериментално получаване ординатите на микропрофила на пътя.

Получените данни могат да бъдат използвани за целите на математическото моделиране и анализ на параметрите на динамичните процеси в транспортни средства преминаващи по съответните пътните участъци.

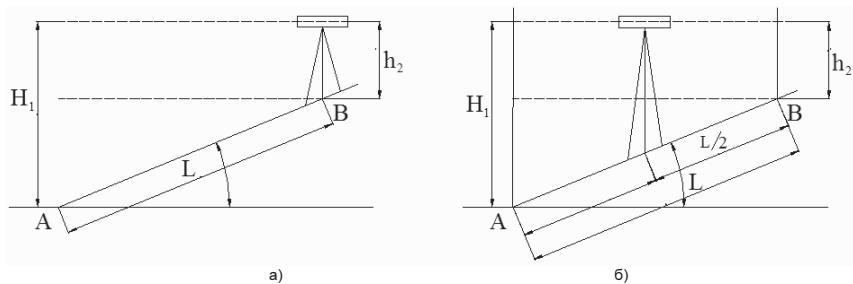
МЕТОДИКА И АПАРАТУРА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА МИКРОПРОФИЛА НА ПЪТНАТА ПОВЪРХНОСТ С ЛАЗЕРЕН НИВЕЛИР

1. Методика на измерване

Използва се методът на геометричната нивелация, при който се измерват ординатите на отделните точки от профила (микропрофила) на пътя спрямо определена базова права (хоризонталният лъч на лазерния нивелир). Използват се два варианта на измерване в зависимост от разположението на нивелира по дължината на измервания участък:

- измерване от края (фиг.1.а);
- измерване от средата (фиг.1.б);

Този метод на измерване се използва основно за измерване на относително къси профили на пътя от порядъка на 100, 200 до 1000 m, тъй като се характеризира с ниска скорост на измерване [5].



Фиг. 1. Измерване от края (а) и измерване от средата (б) на измервания участък.

При измерване на микропрофил на пътя с помощта на лазерен нивелир се използва основно първият вариант, тъй като при него нивелира се намира по дължината на микропрофила на пътя и се движи само латата, а нивелирът е неподвижен (не се завърта наляво или надясно). Така се постига и по-голяма скорост на измерване. Профила на пътя има три съставляващи: макропрофил - $h_3(x)$, $\lambda > 100$ [m]; микропрофил - $h_2(x)$, $0.1 < \lambda < 100$ [m] и грапавини - $h_1(x)$, $\lambda < 0.1$ [m].

Върху плавността на движение на ТС оказва влияние основно микропрофилът на пътя, затова и параметрите характеризиращи измерения профил на пътя се избират така, че да се получи информация основно за микропрофила.

Профилът на пътя се характеризира със следните параметри:

- дължина на пътния участък - L_p , [m];
- дължина на подучастъка - $L = 50$ [m] (метода с лазерен нивелир позволява достатъчна точност до 10m. Това е и причината участъкът да се раздели на подучастъци от 10m);
- разстояние между две съседни точки, на които е измерена височината на профила - $\Delta l = 0.1$ [m];
- разположение на профила на пътя по неговата ширина (измерват се предимно профилите на пътя на разстояние около 0.6 и 2.1m от десния бордюр по посока на движението на ТС);

Измерването на профила на пътя с помощта на лазерен нивелир се характеризира с определена последователност от действия, както следва:

- 1) Определяне на профила на пътя, който ще се измерва (участък от пътя, дължина, разположение по широчината на пътното платно);
- 2) Разделяне на профила на пътя на участъци с дължина от по 10m;
- 3) Поставяне на разпънатата лента на рулетката в непосредствена близост (0.01 ± 0.02 m) до профила, който ще се измерва (при измерване на асфалт, металната рулетката се поставя върху профила който ще се измерва);
- 4) Фиксиране на двата края на рулетката;
- 5) Поставяне на стойката на лазерния нивелир в единия край на рулетката (при измерване на профил с няколко под участъка нивелира се поставя винаги от предната страна на рулетката);
- 6) Фиксиране на стойката и грубо хоризонтиране;
- 7) Поставяне на лазерния нивелир и ориентирането му по дължината на профила на пътя;
- 8) Поставяне на латата във вертикално положение;
- 9) Проверка на вертикалното положение на латата по двата вертикални нивелира;
- 10) Коригиране на положението на латата, ако е необходимо;
- 11) Отчитане на положението на маркера на лазера върху разграфената скала на латата;
- 12) Записване на показанията (Таблица 1);

- 13) Преместване на латата в нова точка за измерване (през $\Delta l = 0.1\text{m}$ за асфалт и $\Delta l = 0.02\text{m}$ за паваж);
- 14) Повтаряне на действия от 8÷13;
- 15) Измерване на последната точка от участъка;
- 16) Преместване на рулетката като началото ѝ съвпада с последната измерена точка от профила (първото измерване на втория участък съвпада с последното на първия);
- 17) Повтаряне на действия от 4÷14;

Таблица 1. Ординати на микропрофила.

Δl	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
L, m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	$q'(0)$	$q'(0.1)$	$q'(0.2)$	$q'(0.3)$	$q'(0.4)$	$q'(0.5)$	$q'(0.6)$	$q'(0.7)$	$q'(0.8)$	$q'(0.9)$
2	$q'(1.0)$	$q'(1.1)$	$q'(1.2)$	$q'(1.3)$	$q'(1.4)$	$q'(1.5)$	...	...	...	...
3	$q'(2.0)$	$q'(2.1)$	$q'(2.2)$	$q'(2.3)$	$q'(2.4)$	...	...	...	...	...
4	$q'(3.0)$	$q'(3.1)$	$q'(3.2)$	$q'(3.3)$	...	...	...	...	...	...
5	$q'(4.0)$	$q'(4.1)$	$q'(4.2)$	...	...	...	...	...	...	...
	$q'(5.0)$	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Използвана апаратура:

- лазерен нивелир модел RT-7610-5 с автоматично хоризонтиране (до 6^0 в надлъжна посока, до 4^0 в напречна посока);
- дуралуминиева лата разграфена в милиметри;
- стойка за лазерния нивелир („метална“ с височина $0.05 \pm 0.3 \text{ m}$);
- два допълнителни нивелира за латата (закрепват се отвесно отзад и отстрани на латата);
- двадесет метрова рулетка с възможност за закрепване в двата края;

2. Обработка на резултатите

2.1. Въвеждане на информацията в текстови файл (входни данни)

При използване на програмата MATLAB информацията за профила на пътя за всеки участък (10m) се въвежда в една колона в отделен файл с разширение „.txt“. В този вид програмата автоматично свързва профилите на пътя от отделните участъци в един профил с дължина равна на сумата от дължините на отделните профили. Файловете с информацията за профила на пътя се поставят в директорията, където се намира файлът за обработка на информацията.

2.2. Обработка на информацията за профила на пътя (изходни данни)

- наклон на пътя – α , [deg];

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{H_1 - h_2}{L}\right) \quad (1)$$

- измерена височина на профила на пътя – $q'(l)$, [m];

$$L(i) = L - (i - 1) \cdot \Delta l, \quad (2)$$

$$\Delta h(i) = L(i) \cdot \sin(\alpha), \quad (3)$$

$$q'(i) = \Delta h(i) - [H(i) - h_2], \quad (4)$$

- математическо очакване – M , [m];

$$M = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n q'(i) \quad (5)$$

- относителна височина на профила на пътя – $q(i)$, [m];

$$q(i) = q'(i) - M; \quad (6)$$

- дисперсия – D;

$$D = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n q^2(i) \quad (7)$$

- пътна честота – ν , [1/m];

$$\theta = \nu = \frac{2 \cdot \pi}{s}, \quad (8)$$

- корелационна функция – $R_q(\Delta x)$;

$$R_q(\Delta x) = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \int_0^L q(x)q(x + \Delta x)dx = \frac{1}{n} \sum_i q(x)q(x + \Delta x) \quad (9)$$

$$R_q(\Delta x) = \frac{1}{n} \sum_i q(x)q(x + \Delta x) \quad (10)$$

$$R_q(\Delta x) = 2 \cdot \int_0^{\infty} S_q(\theta) \cdot \cos(\theta \cdot \Delta x) d\theta \quad (11)$$

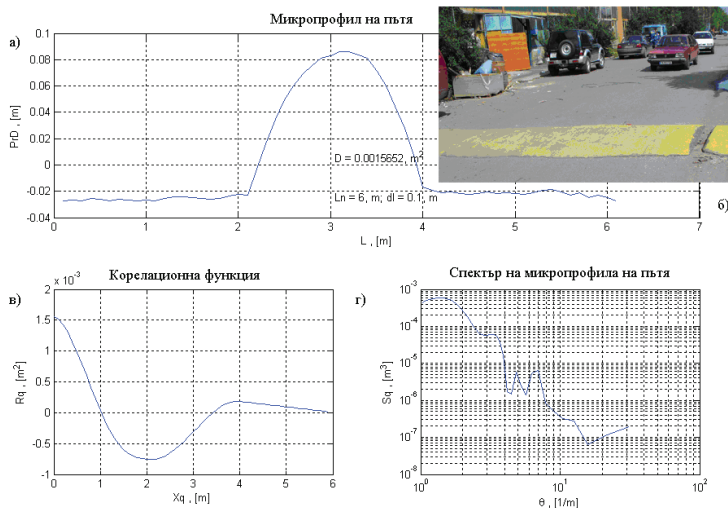
- спектър на пътя – $S_q(\theta)$;

$$S_q(\theta) = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} R_q(\Delta x) \cdot \cos(\theta \cdot \Delta x) d(\Delta x) \quad (12)$$

Обработката на информацията за профила на пътя се извършва с програма в работна среда на MATLAB, която дава стойностите на графиките на посочените погоре параметри.

2.3. Експериментални резултати

На фиг. 2 е показан микропрофил на асфалтова пътна настилка, нейните корелационна функция и спектър на участък от пътя по маршрута на движение на съчленени автобуси изследвани в гр. София [2], [4]. Измерването на микропрофила на пътя е извършено по описаната методика.



Фиг. 2. Микропрофил, корелационна функция и спектър на микропрофила на характерен участък от пътя („легнал полицей“, в гр. София). а) микропрофил на пътя; б) снимка на пътя; в) корелационна функция на микропрофила на пътя; г) спектър на пътя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приложената методика за получаване микропрофила на пътя дава достатъчно достоверни резултати. Същите могат да се използват в математическото моделиране на динамичните процеси на транспортните средства, както и за анализ при избора на повърхнини за експериментални изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Иванов, И.Ц. Електронни и лазерни геодезически инструменти. С., Техника, 1991.

[2] Кунчев Л.П., Неделчев К.И. Влияние на дължината на вълните на микропрофила на пътя върху напрегнатото състояние в зоната на въртящия се кръг при съчленени автобуси. МОТАУТО 04.

[3] Леонович, И.И. Диагностика автомобильных дорог. М., Инфра-М, 2011.

[4] Неделчев, К.И. Изследване на динамичните процеси при съчленен автобус, задвижван от третата ос. Дисертация за получаване на научна степен „доктор”, ТУ – София, 2007.

[5] Пархиловский, И.Г. Автомобильные листовые рессоры. М., Машиностроение, 1978.

[6] Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. М., Машиностроение, 1972.

За контакти:

Доц. д-р инж. Лило Кунчев, Катедра “Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет - София, тел.: 965-2106, e-mail: lkunchev@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.