



METODIKA

Metodika pro dynamické měření rozměrů vozidel

Zpracovatelé: doc. Ing. Vít Zelený, CSc., doc. Ing. Emil Doupal, CSc.
2018

Výstup řešení projektu: **Metodika pro dynamické měření rozměrů vozidel** byla financována ze Státního fondu dopravní infrastruktury, program Nové technologie v rámci projektu s názvem Systém kontroly rozměrů vozidel, ISPROFOND 5006210285.

Autoři: doc. Ing. Vít Zelený, CSc., Český metrologický institut
doc. Ing. Emil Doupal, CSc., Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Oponenti: Doc. RNDr. Pavel Smrž, Ph.D.
VUT Brno, Fakulta informačních technologií
e-mail: smrz@fit.vutbr.cz

Ing. Ondřej Holub
Ředitelství silnic a dálnic
e-mail: ondrej.holub@rsd.cz

Metodika
certifikována:

Certifikoval: Ministerstvo dopravy, Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI

Vydavatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Definování referenčních vozidel.....	1
2	Rozdělení měření.....	2
2.1	Statické měření	2
2.1.1	Vyhodnocení statického měření	2
2.2	Dynamické měření.....	4
2.2.1	Vyhodnocení dynamického měření	4
3	Závěr	7

1 Úvod

Metodika má sloužit pro stanovení správného postupu měření rozměrů vozidel pohybujících se v běžném provozu, definování způsobu doložení metrologické návaznosti a stanovení postupu vyhodnocení naměřených dat.

1.1 Definování referenčních vozidel

Referenční vozidlo bude sloužit jako etalon pro zjištění metrologických vlastností měřicího zařízení. Proto je nutné vybrat tato vozidla tak, aby byla schopna odhalit případné nedostatky měřicího zařízení. Vybraná referenční vozidla musí obsahovat výčnělky z hladkého povrchu karoserie (např. maják, klimatizační jednotka, anténa, hydraulické nakládací rameno atd.), aby byla prokázána schopnost měřicího zařízení tyto zmíněné prvky odhalit a změřit. Dalším požadavkem na volbu referenčních vozidel je také rozměrová různorodost. Tím se myslí vybrat vozidla tak, aby co nejlépe vystihovala rozměrové spektrum běžně se pohybujících vozidel na silnicích. Výběr musí obsahovat např. osobní vůz, dodávku, nákladní vozidlo, tahač s návěsem apod. Minimální počet vozidel je stanoven na 3.

2 Rozdělení měření

Měření rozměrů vozidel pohybujících se v běžném provozu se sestává ze statického měření, které je podrobně popsáno v kapitole 2.1. Statické měření má sloužit pro zjištění výchozích rozměrů referenčních vozidel. Další částí je měření dynamické (2.2), které probíhá pomocí posuzovaného měřicího zařízení (měřicí skener, optické závory atd.).

2.1 Statické měření

Statické měření vybraných typů vozidel probíhá podle doporučení normy ČSN 30 0521 a musí zahrnovat maximální rozměry vozidla. Tím se rozumí zohlednění vyčnívajících částí vozidla z hladkého obrysu karoserie. Měřené rozměry jsou v ČSN 30 0521 označeny jako:

A délka vozidla.....[mm]

B šířka vozidla.....[mm]

C výška vozidla.....[mm]

U pracovních měřidel použitých při statickém měření musí být doložena metrologická návaznost. Tato návaznost je splněna opatřením kalibračních listů od akreditované kalibrační laboratoře ke všem použitým měřidlům před provedením statického měření. Příklad viz. Příloha.

Na základě správného provedení statického měření lze vozidla prohlásit za referenční vozidla pro následné dynamické měření.

2.1.1 Vyhodnocení statického měření

Výsledkem statického měření je získání rozměrů (výška, šířka, délka) referenčních vozidel s přiřazenou rozšířenou kombinovanou nejistotou měření. Obdržená data ze statického měření poslouží k výpočtu standardní nejistoty měření.

Standardní nejistotu měření lze dělit na dvě části.

Standardní nejistota u_a :

Výpočet standardní nejistoty u_a vychází ze statistické analýzy opakované série měření. Jestliže existuje (n) nezávislých stejně přesných měření ($n > 10$), pak je odhad výsledné hodnoty reprezentován hodnotou výběrového aritmetického průměru.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Stanovení nejistoty typu A, kde s_x je směrodatná odchylka aritmetického průměru a n je počet měření se v tomto případě vypočte:

$$u_a = s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Standardní nejistota u_b :

Výpočet standardní nejistoty u_b je založen na jiných než statistických přístupech k analýze série pozorování. K vyhodnocení se využívají např. dostupné informace, hodnoty získané z kalibračních listů, nebo zkušenosti s měřením.

Nejistota typu B je dána součtem nejistot způsobených jednotlivými vlivy, např.:

- | | |
|--|----------|
| - nejistota etalonu (např. z kalibračního listu) | u_{b1} |
| - nejistota napnutí měřického pásma | u_{b2} |
| - nejistota vlivem teploty | u_{b3} |
| - další vlivy | u_{bn} |

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2} \quad (3)$$

Ke každé složce ($u_{b1}, u_{b2}, u_{b3}, \dots, u_{bn}$) se přiřadí příslušné rozdělení pravděpodobnosti.

Nejistoty typu A a B je třeba sloučit, čímž se získá kombinovaná standardní nejistota.

Kombinovaná standardní nejistota měření: stanovena z nejistoty typu A a B

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (4)$$

Vypočtená nejistota u byla určena z pravděpodobností $P = 68 \%$, tj. $k = 1$. Pro jinou pravděpodobnost se nejistota přepočte vynásobením koeficientem k .

V kalibračních listech se udává nejistota výsledku měření rozšířená koeficientem $k=2$, tj. pro pravděpodobnost $P = 95 \%$. Výsledek měření se uvádí ve tvaru:

$$X \pm U$$

kde U je rozšířená kombinovaná nejistota výsledků měření.

2.2 Dynamické měření

Dynamické měření se provede pomocí průjezdu referenčních vozidel měřicím zařízením. Měřicí zařízení musí být instalováno a následně seřízeno (kalibrováno) dle technické specifikace výrobce zařízení. Pro statistické vyhodnocení je nutné provést opakovaná měření alespoň v počtu 10 průjezdů každého vozidla pro danou rychlost (Tab. 1). Měření musí být provedeno pro 3 různé rychlosti vozidel tak, aby bylo rovnoměrně pokryt rozsah měření daný technickou specifikací měřidla. Aby byla prokázána schopnost měřicího zařízení odhalit vozidla překračující povolenou rychlost, je vyžadováno měření i při rychlosti vyšší, než je povolená rychlost v daném měřicím místě.

Pro doložení správnosti funkce měřicího systému je nutné provádět dynamická měření za různých meteorologických podmínek (sněžení, déšť, mlha, námraza apod.) a tato data musí být zaznamenána i včetně změn během měření (teplota, tlak, vlhkost vzduchu apod.).

Tab. 1 Požadavky na dynamická měření

	Rychlost [km/h]	Počet průjezdů
Vozidlo 1	20, 50, 80 (100, 120)*	10 (3)**
Vozidlo 2	20, 50, 80 (100, 120)*	10 (3)**
Vozidlo 3	20, 50, 80 (100, 120)*	10 (3)**

)* doporučené rychlosti – vyšší než povolené

)** počty průjezdů pro vyšší než povolené rychlosti

2.2.1 Vyhodnocení dynamického měření

Postup výpočtu nejistoty dynamického měření je analogický ke stanovení nejistoty statického měření. Liší se pouze v příspěvcích nejistot typu B (vliv nejistoty u_b), jak je naznačeno v (Tab. 2). Velikost a typy příspěvků nejistot závisí na principu měření zvoleného měřicího systému. Výsledky dynamického měření (naměřená data) nesmí být filtrována, tzn. nesmí být vyloučeno žádné měření. Extrémní hodnoty v souboru naměřených dat nemusí být chybou měření, nýbrž správnou reakcí měřicího zařízení na výčnělky karoserie referenčního vozidla. Při filtraci by tato data mohla být chybně vyloučena ze souboru dat.

Typ nejistoty	Číslo průjezdu	Nominální výška vozidla [mm]	Naměřená výška vozidla [mm]	Rychlost vozidla [km/h]	Průměrná hodnota [mm]	Směrodatná odchylka	Počet měření	u_a	u_a^2	u_b	u_b^2	Standardní kombinovaná nejistota u [mm]	Rozšířená kombinovaná nejistota u [mm]
A	1	4043	4072	50	4068	4,09	10	1,3	1,7	81,4	6625	81,4	162,8
	2	4043	4060										
	3	4043	4066										
	4	4043	4065										
	5	4043	4065										
	6	4043	4068										
	7	4043	4072										
	8	4043	4075										
	9	4043	4068										
	10	4043	4067										
B	Vliv nejistoty u_b							u_{bn}	u_{bn}^2				
		měřicí systém						30	900				
		akcelerace/decelerace vozidla						50	2500				
		kalibrace referenčního vozidla						5	25				
		tlak v pneumatikách						10	100				
		nerovnost vozovky						10	100				
		teplota						10	100				
		vliv odrazivosti povrchu						20	400				
	vliv nestability rozměru						50	2500					

Tab. 2 Příklad výpočtu nejistoty dynamického měření

Na základě výsledku měření s přiřazenou rozšířenou kombinovanou nejistotou měření musí být měřicí systém posouzen, zda je ve shodě, resp. neshodě se schopností plnit požadovaný účel. Způsob rozhodnutí o shodě je popsán v dokumentu ILAC-G8:03/2009.

3 Závěr

Metodický postup slouží pro zajišťování metrologické návaznosti měřicího systému k určování rozměrů v běžném provozu pohybujících se vozidel. Osoby, které budou tuto činnost vykonávat, musí projít odborným školením pro pracovníky v oboru metrologie délkových měření. Posouzení schopnosti měřicího systému plnit požadovaný účel musí provádět osoba s odpovídajícím vzděláním a zkušenostmi v oboru metrologie.

Postup měření

- Získání dokumentace k instalaci a kalibraci měřicího systému
- Výběr vhodných vozidel.
- Zajištění a doložení metrologické návaznosti použitých měřidel (kalibrační listy)
- Statická měření rozměrů vybraných vozidel
- Vyhodnocení statických měření – prohlášení vybraných a staticky změřených vozidel za referenční
- Dynamická měření referenčních vozidel pomocí daného měřicího systému.
- Vyhodnocení dynamického měření
- Posouzení schopnosti měřicího systému plnit požadovaný účel.

Reference

- [1] TNI 01 0115. *Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [2] *Dokument EA-4/02 M:2013. Vyjádření nejistoty měření při kalibraci.*
- [3] Český institut pro akreditaci, o.p.s. *Dokument ILAC-G8:03/2009. Pokyny k uvádění shody se specifikací.*