



Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.1.2/20/14

POSUVNÁ MĚŘIDLA PRO STAVEBNICTVÍ

(s tvarovým indexem pro obalovny a kamenolomy)

Praha

Říjen 2014

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/1/14

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Richard Silovský

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvných měřidel pro stavebnictví s tvarovým indexem pro obalovny a kamenolomy dále jen posuvná měřidla s indexem. Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly posuvných měřidel s indexem v dané organizaci (dále jen PK), tak i rekaliibrace během používání (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN 933-4	Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 4: Stanovení tvaru zrn - Tvarový index	[2]
ČSN EN ISO 13385-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Rozměrové měřicí vybavení - Část 1: Posuvná měřidla; Konstrukce a metrologické charakteristiky	[3]
ČSN 25 1202:1981	Posuvná měřidla. Technické požadavky (zrušená norma)	[4]
ČSN 99 0652	Posuvná měřidla s nonickou diferencí 2,02 mm. Technické požadavky	[5]
ČSN 99 0656	Posuvná měřidla. Posuvky se stavítkem. Rozměry	[6]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky	[7]
EA 4/02 M:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[8]
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony	[9]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[10]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu řízení - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[11]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci posuvných měřidel s indexem je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například: osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

4 Názvosloví, definice

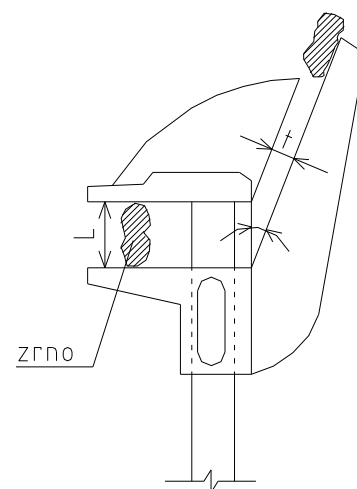
Termíny, definice a názvosloví jsou obsahem příslušných norem, které jsou uvedeny v kapitole č. 2.

Posuvné měřidlo s indexem (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je měřidlo, vybavené nonickou stupnicí s nonickou diferencí 0,05 mm, které slouží k měření vnějších délkových rozměrů. Měřidlo je vybaveno dvěma čelistmi s měřicím indexem 1:3.



Obrázek č. 1 – Typ dvoučelistového posuvného měřítka s tvarovým indexem 1:3

Posuvné měřidlo s indexem je určeno pro rychlé a snadné roztřídění jednotlivých zrn kameniva. Jednotlivá zrna jsou roztříděna na základě poměru jejich délky L k tloušťce E pomocí dvoučelistového posuvného měřítka s indexem. Tvarový index se vypočítá jako hmotnostní podíl zrn, jejich poměr rozměrů L/E je větší než 3 a vyjádří se jako procento k celkové hmotnosti zkoušených zrn.



Obrázek č. 2 – Příklady použití dvoučelistového posuvného měřítka s indexem 1:3

Chyba měření (posuvného měřítka s indexem) - je algebraický rozdíl mezi indikovanou hodnotou a pravou (skutečnou) hodnotou měřené veličiny.

Celková dovolená chyba posuvky zahrnuje úchytky měřicích ploch, dílčí chyby způsobené nepřesností stupnic, vůlí mezi měřítkem a posuvnou částí a jiné faktory mající vliv na výsledek měření.

Největší dovolená chyba (MPE) – je největší chyba měření dovolená výrobcem měřidla, popřípadě (u opotřebených měřidel) stanovená uživatelem měřidla.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Sada koncových měrek (0,5 až 100) mm, pracovní etalon 4. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti, navázaný na etalon vyššího řádu, dle ČSN EN ISO 3650,
- sada koncových měrek (125 až 500) mm, pracovní etalon 4. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti, navázaný na etalon vyššího řádu, dle ČSN EN ISO 3650,
- příslušenství koncových měrek ČSN 25 3327 (pro delší rozměry),
- příslušenství k ošetřování koncových měrek,
- průměrná deska, nebo pevná podložka pro temperaci,
- vlasový vlhkoměr,
- dotykový tělískový teploměr hodnota dílku stupnice 0,1 °C nebo 0,2 °C,
- odmagnetovací přístroj,
- lupa zvětšovací 6x až 8x,
- šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- speciální keramický brousek, kámen arkansas,
- smirkový papír Carborundum 320, lapovací papír 500,
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice),
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

Poznámka:

Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázaná na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace posuvných měřidel s indexem se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: $(20 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$,
- Změna teploty vzduchu: max. $1 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{h}$,
- Relativní vlhkost vzduchu: max. 80 % RH, nekorozní prostředí.
- Proměnlivý tlak a vlhkost vzduchu může ovlivnit kalibraci.

Před vlastní kalibrací mají být kalibrované měřidlo a koncové měrky použité ke kalibraci umístěny v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než

měřidla dosáhnou uvedené teplotu. Teplota prostředí se zaznamená před zahájením kalibrace a kontroluje v průběhu kalibrace i po jejím skončení. Vlhkost vzduchu se měří před zahájením kalibrace a je určena požadavkem na nekorozivní prostředí.

7 Rozsah kalibrace

- Kontrola dodávky při vstupní kontrole (viz čl. 8.1),
- předběžná kontrola a případná úprava posuvného měřidla (viz čl. 8.2),
- měření metrologických parametrů (viz kap. 9),
- vyhodnocení kalibrace (kap. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se typ a počet dodaných posuvných měřidel s indexem, porovná se rozsah a druh dodaného příslušenství podle objednávky nebo podle dodacího listu. Kontroluje se, zda označení měřidla evidenčním číslem odpovídá údajům v objednávce.

Převzetí posuvného měřidla s indexem k prvotní kalibraci nebo k rekalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném. Při přebírání posuvného měřidla se překontroluje, zda typ odpovídá údajům na objednávce nebo na dodacím listu dodaném podkladu (evidenční karta, výpis z počítačové evidence měřidel). (RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Při předběžné kontrole měřidla se provede:

- Sejmutí značek, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci (pouze RK),
- Zjištění, zda nemá posuvné měřítko s indexem viditelné závady znemožňující kalibraci, (nečitelné označení, čárková stupnice a její číslice musí být dobře čitelné),



Obrázek č. 3 – Posuvného měřidla s indexem (chybějící noniusová stupnice „palcová“ omezuje použití pouze pro metrickou část)

- Překontroluje se, zda posuvné měřidlo s indexem není mechanicky poškozeno. Vizualně se překontrolují měřicí plochy. Měřicí plochy nesmějí být poškrábány nebo jinak poškozeny. Šrouby na ustavujícím ústrojí nesmějí být ohnuty, nesmějí mít poškozený závit.
- Oprava lehce poškozených částí posuvného měřidla s indexem. Lehce poškozené plochy se upraví, např. lapovacím papírem, poškozené hrany vodicích ploch tělesa posuvky se upraví jemným pilníkem a dočistí kamenem arkansas, místa napadená korozí se očistí smirkovým plátnem,



Obrázek č. 4 a č. 5 – Oprava pomocných ramen a čelistí posuvných měřidel s indexem

- Celkové očištění posuvného měřidla s indexem v technickém benzínu, všechny měřicí plochy se odmastí, posuvka se podle potřeby odmagnetuje,
- vytření posuvného měřidla s indexem do sucha.

Mají-li poškození takový charakter, že je nelze odstranit uvedeným způsobem, předepíše se ultrazvukový dálkoměr k celkové opravě nebo k vyřazení.

8.3 Příprava měřidla

Kalibrované posuvné měřidlo s indexem se následně umístí do prostoru určenému ke kalibraci, k teplotní stabilizaci. Doporučená minimální doba temperování pro posuvná měřidla s indexem s rozsahem do 300 mm a etalonu určenému ke kalibraci je 60 min.

9 Postup kalibrace

Funkční zkouška

Pohyb posuvné části musí být plynulý, bez zadržávání a pouze s minimální vůlí v celém měřicím rozsahu. Při aretování posuvné části se nesmí hodnota nastavená na stupnici změnit. Zvětšenou vůlí posuvné části lze seřídít vymezujícími šrouby ze strany posuvu.

(PK, RK)

9.1 Měření rovnoběžnosti měřicích ploch

Rovnoběžnost měřicích ploch pro vnější měření se kontroluje pomocí koncových měrek. Rovnoběžná poloha měřicích ramen musí zůstat zachována i po zatažení ustavujícího ústrojí.

Úchylka rovnoběžnosti měřicích ploch pro vnější měření nesmí být větší než 0,03 mm/100 mm u posuvných měřidel s noniovou diferencí 0,1 mm, u ostatních posuvek, tj. posuvek s noniovou diferencí 0,05 mm je dovoleno 0,02 mm/100 mm.



Obrázek č. 6 – Měření rovnoběžnosti čelistí posuvného měřítka

9.2 Celková chyba posuvného měřidla

Celková chyba posuvného měřidla se zjišťuje koncovými měrkami v místech měřicího rozsahu, uvedenými v závislosti na horní mezi měřicího rozsahu v následující tabulce (v tabulce jsou místa měření označena jako X). Zvolení měřicích bodů a jejich počtu je závislé na rozsahu měřeného posuvného měřidla. Kalibrují se hlavní ramena i vedlejší pomocná ramena. Při měření větších rozměrů se doporučuje upínat koncové měrky do držáku měrek (ČSN 25 3327).

Tabulka naměřených hodnot

Jmenovitá hodnota	0	10,3	22,8	50	90	150	200
Naměřená chyba	+0,05	+0,05	+0,03	0,00	-0,03	-0,05	-0,05

Hodnoty v mm

Celkové dovolené chyby posuvek 1. třídy přesnosti jsou odvozeny ze vzorce:

$$\pm (50 + 0,1.L) \mu\text{m},$$

kde je L měřená délka v milimetrech.

Pro posuvky s horní mezi měřicího rozsahu do 400 mm s noniovou diferencí 0,1 mm je připuštěna 2. třída přesnosti. Dovolená chyba této posuvky je max. $\pm 100 \mu\text{m}$.

Celkové dovolené chyby pro tzv. posuvky s omezeným použitím stanoví organizace vlastníci posuvku sama podle své potřeby. Posuvky s omezeným použitím se mohou používat při měřeních, která nemohou ovlivnit jakost výroby, pokud je to uvedeno v příslušném podnikovém předpisu, např. příručce jakosti nebo metrologickém řádu.



Obrázek č. 7 a č. 8 – Průběh kalibrace posuvného měřidla s indexem pomocí koncových měrek

Kalibrace pomocných čelistí pro tvarový index se provádí obdobným způsobem jako hlavní ramena. Etalonové měrky se vkládají mezi pomocné čelisti a odečítají se indikované chyby na noniu posuvného měřidla. Hodnoty se zapisují do předem připravené tabulky a vyhodnotí jednotný tvarový index, střední hodnotu. V závislosti na velikosti pomocných ramen posuvného měřidla s indexem se hodnoty kalibrují ve třech místech. Tvarový index je dán poměrem mezi hodnotou odečtenou na stupnici a velikostí použité měrky. Měření se provede čtyřikrát v celém rozsahu pomocných čelistí.

Pomocné čelisti pro tvarový index:	použité měrky	3 mm	9 mm	15 mm	21 mm
	naměřená hodnota	8,95	26,75	44,6	62,4
	tvarový index	2,9834	2,9723	2,9734	2,9715



Obrázky č. 9 až č. 12 – Kalibrace pomocných ramen posuvného měřidla s tvarovým indexem

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty, resp. úchyly od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchyly zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U se porovnají s dovolenými chybami.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrované posuvné měřidlo s tvarovým indexem nevyhoví včetně rozšířené nejistoty měření požadavkům normy, předpisu nebo požadavku zákazníka, označí kalibrační laboratoř měřidlo jako nevyhovující a předá zadavateli kalibrace odděleně od vyhovujících měřidel.

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list. Pokud nelze s ohledem na nejistotu měření jednoznačně prohlásit shodu nebo neshodu se specifikací, je nejlepší formou uvádění výsledků kalibrační tabulka a (nebo) kalibrační graf.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat minimálně následující údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, resp. zákazníka,
- d) název a identifikační číslo kalibrovaného měřidla, popřípadě jméno výrobce,
- e) datum přijetí posuvného měřidla ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/20/14),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňující veličiny apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měřidlo kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

11.2 Výsledek kalibrace uvedený na kalibračním listu:

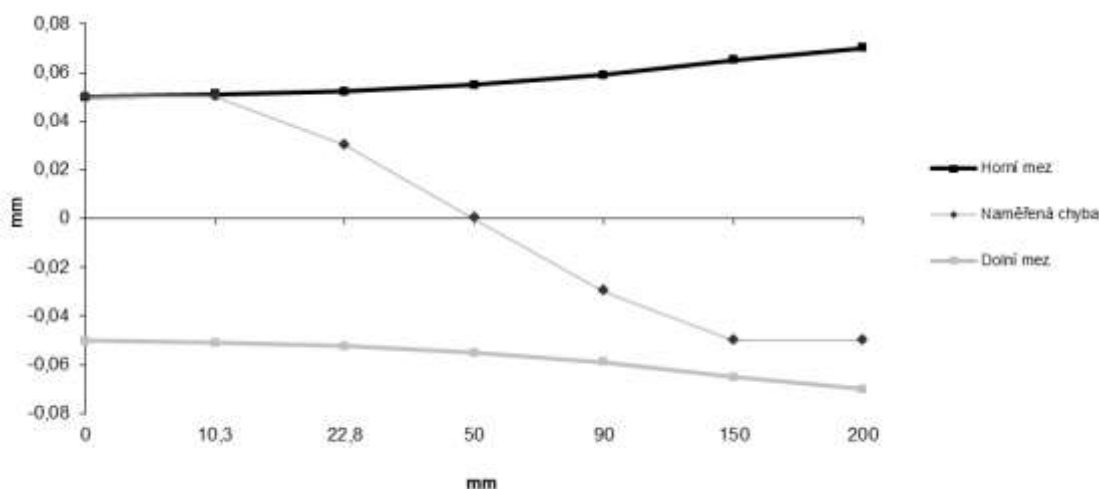
Parametr	Dovolené hodnoty dle ČSN 25 1202:1981	Naměřená hodnota	Rozšířená nejistota měření
// Rovnoběžnost měřicích ploch v celé délce	11 μm	10 μm	±2 μm
Celková chyba v rozsahu od 0 mm do 90 mm	±0,065 mm	±0,05 mm	±0,03 mm
Celková chyba v rozsahu od 90 mm do 200 mm	±0,070 mm	-0,05 mm	±0,04 mm

Tvarový index	Předepsaný	Naměřený
	3	2,98 ±0,04

Tabulka naměřených hodnot

Jmenovitá hodnota	0	10,3	22,8	50	90	150	200
Naměřená chyba	+0,05	+0,05	+0,03	0,00	-0,03	-0,05	-0,05

Hodnoty v mm



Graf naměřených chyb posuvného měřidla na etalonu

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku a odkaz na akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti. I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř zpracovat záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovat jej.

11.3 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně 5 roků nebo po dobu stanovenou zadavatelem zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

11.4 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na kalibrační štítek datum příští kalibrace.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Předmětem kalibrace je posuvné měřidlo pro stavebnictví s tvarovým indexem pro obalovny a kamenolomy. Rozsahy posuvných měřidel s indexem jsou zpravidla do 200 mm.

Posuvné měřidlo s indexem je určené pro rychlé a snadné rozřídění jednotlivých zrn kameniva. Jednotlivá zrna jsou rozříděna na základě poměru jejich délky L k tloušťce E pomocí dvoučelistového posuvného měřítka s indexem. Tvarový index se vypočítá jako hmotnostní podíl zrn, jejich poměr rozměrů L/E je větší než 3 a vyjádří se jako procento k celkové hmotnosti zkoušených zrn.

Posuvné měřidlo s indexem (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je měřidlo, vybavené noniovou stupnicí s noniovou diferencí 0,05 mm, které slouží k měření vnějších délkových rozměrů. Měřidlo je vybaveno dvěma čelistmi s měřicím indexem 1:3. V kalibračním listu se uvede naměřený tvarový index výrazem $X \pm U$, kde:

$$\text{Střední hodnota tvarového indexu: } X = \Sigma x_i / 4$$

$$\text{Nejistota stanovení tvarového indexu: } U = 1,7 \cdot \sigma_{n-1} + 0,02; \text{ pro } k = 2$$

Posuvka vyrobená z oceli se kalibruje koncovými měrkami třídy 1, které jsou vyrobené také z oceli a slouží jako pracovní etalon. Měřicí rozsah posuvného měřidla s indexem je 200 mm. Nejmenší čtený dílek na posuvce je 0,05 mm (hlavní stupnice je dělena po 1 mm a nonius na 1/20 mm).

Pro kalibraci používáme koncové měrky 4. řádu, u kterých úchylka od jmenovité hodnoty nepřesáhne $\pm 1 \mu\text{m}$. Používám sestavu nejvýše tří měrek.

Předpokládá se, že Abbeho chyba se projeví při kalibraci v naměřené chybě posuvky a do výpočtu nejistoty se proto nezahrne.

Výchozí rovnice pro úchylku indikace délky posuvného měřidla s indexem má tento zjednodušený tvar:

$$l_x = l_e + l_s + l_{d0} + l_e + \Delta t \cdot \alpha \cdot L$$

kde:

- l_x Měřená délka kalibrovaného posuvného měřidla s indexem,
- l_s Základní chyba čtení posuvného měřidla s indexem s dělením nonia 0,05 mm,
- l_e Chyba etalonové měřky, maximálně 3 slepené měřky,
- Δt odchylka od normální teploty
- α součinitel délkové roztažnosti

Tabulka zdrojů nejistot

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koefic. citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Etalonové měřky, maximálně 3 slepené měřky, 1 μm /měrka	l_e	3 μm	normální $k = 3$	1 μm	1	1 μm
Základní chyba čtení měřidla -odhad chyby $\frac{1}{2}$ dílku nonia	l_s	25 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	14,43 μm	1	14,434 μm
Teplotní rozdíl mezi posuvným měřítkem a etalonovými měrkami – odhad 2°C	Δt	2 °C	rovnoměr. $\sqrt{3}$	1,15 °C	$\alpha = 11,5$ $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ $L = 0,200 \text{ m}$	2,656 μm
Výsledná chyba kalibrace posuvného měřítka s indexem	l_x	Nejistota kalibrace u pro $k = 1$				14,711 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$, pokryje 95% pravděpodobnost				29,43 μm
		Uvádění nejistoty k výsledku kalibrace U				$\pm 0,03 \text{ mm}$

V praxi může být, při dodržení shora uvedených podmínek, rozšířená nejistota kalibrace posuvného měřítka závislá na míře L (mm) odhadnuta ze vztahu:

$$U = \pm(0,03 + 0,02L) \text{ mm}$$

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17 025:2005 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).