

Česká metrologická společnost, z. s.

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 1.1.1/13/19

MĚŘÍTKA

(plochá, tenká, ohebná a stáčecí)

Praha

Říjen 2019

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2019

Číslo úkolu: VII/2/19

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z. s.

© 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 čárková ocelová měřítka do délky 2 m. Popsána je také následná kalibrace pásmových měrek (ocelových stáčecích metrů pro délky menší, než 5 metrů) pomocí plochého měřítka.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká prvotní kalibrace. Při rekalibraci mohou být některé zkoušky vypuštěny v závislosti na způsobu používání etalonu. Tato možnost je na příslušném místě postupu zmíněna.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN 25 1100	Délková měřítka - Přehled	[L1]
ČSN 25 1101	Priame ocelové dĺžkové meradlá – Všeobecné ustanovenia	[L2]
ČSN 25 1104	Dĺžkové meradlá. Ocelové stáčacie metre a dvojmetre – Základné ustanovenia	[L3]
ČSN 25 1110	Ocelové ploché dĺžkové meradlá s presahmi	[L4]
ČSN 25 1113	Ocelové ploché dĺžkové meradlá	[L5]
ČSN 25 1124	Ocelové ohybné dĺžkové meradlá	[L6]
ČSN 25 1125	Ocelové tenké dĺžkové meradlá	[L7]
ČSN 25 1126	Ocelové ohybné dĺžkové meradlá modelárske	[L8]
ČSN 25 1135	Dřevěné skládací metry a dvoumetry	[L9]
ČSN EN ISO 9001 (+ed.2)	Systémy managementu kvality - Požadavky	[L10]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L11]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L12]
ČSN EN ISO 14253-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Zkouška obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L13]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[L14]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L15]
EA 4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[L16]
Nařízení vlády č.120/2016 Sb. o posuzování shody měřidel při jejich dodávání na trh Příloha 10	Ztělesněné míry (MI-008) Kapitola I - Hmotné délkové měrky	[L17]
ILAC-G8:03/2009	Pokyny k uvádění shody se specifikací (překlad ČIA)	[L18]
TNI 01 4109-3	Nejistoty měření – Část 3: Pokyny pro vyjádření	[L19]

TNI 01 4109-4 nejistoty měření
Nejistota měření – Část 4: Úloha nejistoty měření [L20]
při posuzování shody

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci měřidel 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

Měřítko ploché – čárkové měřítko na ploché ocelové tyči v délkách zpravidla do 2 m, I. třída přesnosti.

Měřítko tenké – čárkové ocelové měřítko tloušťky do 2 mm a délky do 1 m, II. třída přesnosti.

Měřítko ohebné – čárkové ocelové měřítko tloušťky do 0,4 mm a délky do 1 m, II. třída přesnosti.

Měřítko modelářské – ohebné měřítko s roztaženou stupnicí, II. třída přesnosti.

Stáčecí metr – měřidlo pro přímé měření předmětů stočené v ochranném pouzdře.

Chyba stupnice – rozdíl údaje stupnice a skutečné délky.

Největší dovolená chyba (MPE) – je extrémní hodnota chyby s konstantními symetrickými mezními hodnotami.

Další termíny a definice jsou obsaženy v příslušných normách, v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.



Obr. č. 1: Stáčecí metr



Obr. č. 2: Měřítko tenké bez přesahu



Obr. č. 3: Měřítko ploché s přesahem

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Odměřovací systém s optikou (např. mikroskop s větším měřicím rozsahem, nebo délkoměr, na jehož měřicí část se upevní čtecí mikroskop),
- ploché měřítko I. třídy přesnosti pro kalibraci stáčecích metrů,
- teploměr s měřicím rozsahem min. (18 až 22) °C, dílek stupnice min. 0,2 °C, navázaný na etalon,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, optická utěrka, popř. leštící pasta nebo metalografický papír o zrnitosti nejvýše 2/0,
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

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

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace měřítek se provádí za normálních podmínek:

Teplota prostředí:	(20 ± 2) °C,
změna teploty vzduchu za 1 hodinu:	max. 1 °C,
relativní vlhkost vzduchu:	max. 75 %

Teplota prostředí musí být řízena v průběhu kalibrace, ostatní podmínky prostředí nemají zřejmý vliv na výsledek kalibrace a jsou pouze informativní.

Před vlastní kalibrací mají být kalibrovaná měřítka umístěna poblíž kalibračního zařízení v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřítka i

kalibrační zařízení dosáhnou uvedenou teplotu.

7 Rozsah kalibrace

Kalibrační úkony se člení na:

- Předběžnou kontrolu a přípravu měřítka (Kap. 8),
- stanovení chyby měřítka (Kap. 9),
- vyhodnocení kalibrace a stanovení nejistoty měření (Kap. 10),
- vystavení kalibračního listu (Kap. 11).

8 Kontrola dodávky a příprava

8.1 Kontrola dodávky

Měřítka předložená ke kalibraci musí být označena evidenčním číslem. Nesmí být viditelně poškozená a zkorodovaná. Zkontroluje se typ a počet dodaných měřítka. Proveďte kontrolu podle objednávky nebo dodacího listu a zaevidujte se přijetí ke kalibraci.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Měřítka se umyjí v lékárenském benzínu. Sejmou se značky, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. Funkční plochy se očistí pomocí utěrky a technického benzínu. Měřítka, která nevyhověla při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek.

8.3 Příprava měřítka

Mírně korodovaná místa se přešetří jemným leštícím papírem, jemným pilníkem se opraví naražené hrany. Tento zásah se musí provádět opatrně, aby se odstranily korozní nárůstky a vytlačený materiál, ale nepoškodila stupnice.

Po provedení úprav se měřítka znovu umyjí lékárenským benzínem a přešetří utěrkou. Před měřením se teplotně stabilizují v prostředí laboratoře na průměrné desce po dobu nejméně 1/2 h.

9 Postup kalibrace

9.1 Zařízení na kalibraci měřítka

Pro kalibraci měřítka lze použít měřicí mikroskop s větším měřicím rozsahem, např. ZKM 250 firmy Zeiss Jena. Druhou možností je upravený délkoměr s delším odměrovacím systémem, např. SIP, nebo stroje dodatečně vybavené delším inkrementálním odměrovacím systémem s digitálním čtením. S výhodou lze použít délkoměry velkých rozsahů s přímým laserovým odměřováním. Vhodný délkoměr je pak třeba vybavit odečítacím mikroskopem se zvětšením asi 20x až 50x (např. mikroskop na drát apod.), který se upevní na délkoměru.

9.1 Požadavky na přesnost dle ČSN

Dovolené chyby měřitek I. třídy dle ČSN 25 1101 jsou dány výrazem $\pm(50 + 50L)$ [μm , m]. Pokud si dáme požadavek, aby kalibrační zařízení bylo 5x přesnější, pak by chyba neměla přesáhnout výraz $\pm(10 + 10L)$ [μm , m]. Tento požadavek lze v praxi dobře splnit při použití běžného inkrementálního odměrovacího systému ve spojení s mikroskopem pro čtení rysek.

Dovolené chyby stáčecích metrů a dvoumetrů jsou 0,5 mm resp. 1 mm. Při použití měřítka I. třídy jako etalonu pro kalibraci stáčecích metrů je tedy opět zachován požadavek pětinasobně lepší přesnosti etalonu.

9.2 Měření chyby dělení čárkového měřítka

Měřítka se kalibruje několika měřicími bodech, které se volí tak, aby vypovídaly o stavu celé stupnice při únosné pracovní měření. Základní měřicí body se volí rovnoměrně, např. po 50 mm. Vyhodnocovaný parametrem je úchylka délky měřítka. Kladná úchylka znamená, že měřítka je ve skutečnosti delší (natažené) a naopak.

Způsob měření je závislý na použitém měřicím stroji. Vždy je však třeba dbát aby osa měřítka a osa odměrovacího systému byly rovnoběžné. Způsob najíždění na čárku je dán možnostmi stroje, nejlepší je najíždění mezi dvourysku.

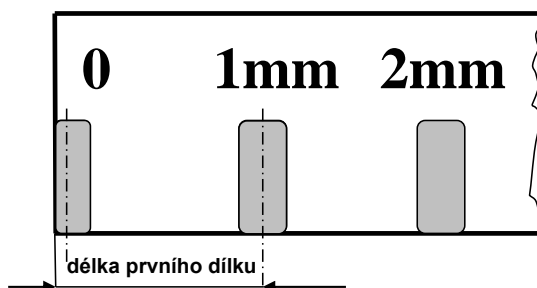
9.3 Kontrola tloušťky čárek, kolmosti čárek a přímosti měřítka

Tloušťku čárek a kolmost čárek na hranu měřidla předpisuje ČSN 25 1101. Tato kontrola se provádí pouze při první kalibraci nově koupeného měřítka. Pro měřítka bez přesahu norma udává též kolmost čelní hrany k ose měřítka.

9.4 Měřítka s počátkem stupnice na čelní hraně měřítka

U měřitek bez přesahu normy neuvádějí, jak má detailně vypadat začátek měřítka. Lze předpokládat, že čelní hrana měřítka by měla být v polovině (v ose) nulté čárky. Norma ČSN 25 1101 uvádí v tab. 1 dovolené chyby pro každý úsek pod 100 mm délky, tedy i pro první dílek měřítka. Čárka 0 není stejně široká jako ostatní čárky a na hraně bývá poškozená. Proto je obtížné od ní při kontrole dělení stupnice vycházet.

Při kontrole dělení stupnice vychází od osy čárky 1 mm. Délka prvního dílku měřítka se určí od osy čárky 1 mm k čelní hraně měřítka. Dovolená chyba prvního dílku je rovna základní chybě příslušné třídy přesnosti měřítka. Pro případné úpravy měřítka a při sestavování několika pevných měřitek za sebou je vzdálenost osy čárky 1 mm od čelní hrany důležitá. Proto je vhodné uvádět délku prvního dílku v kalibračním listu měřítka. Všechny chyby měřítka udávané v kalibračním listě se přepočtou na čelní hranu měřítka.



Obr. č. 4: Detail začátku měřítka bez přesahu

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Vyhodnocení podle NV č. 120/2016 Sb.

Největší dovolená chyba (MPE) je pro libovolnou délku L dána výrazem:

$$MPE = \pm (a + b \cdot L + c),$$

kde:

- L - je délka zaokrouhlená na nejbližší celý metr
- a, b - jsou koeficienty uvedené v tab. č. 1
- c - hodnota se připočte, jen pokud stupnice začíná plochou (háčkem)

Třída přesnosti	a (mm)	b (mm)	c (mm)
I	0,1	0,1	0,1
II	0,3	0,2	0,2
III	0,6	0,4	0,3

Tab. č. 1: Koeficienty pro výpočet dovolené chyby

Pro běžné použití se obvykle vyrábějí pevná měřítka (neohebné měrky) ve třídě přesnosti I, ocelová stáčecí měřítka (pásmové měrky) ve třídě přesnosti II a metry skládací (skládací měrky) ve třídě přesnosti III.

NV č. 120/2016 Sb. stanovuje také dovolené chyby pro délku mezi dvěma po sobě jdoucími značkami stupnice a rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími dílky.

Délka dílku i	Největší dovolené chyby (MPE) nebo rozdíl v milimetrech podle tříd přesnosti		
	I	II	III
$i \leq 1 \text{ mm}$	0,1	0,2	0,3
$1 \text{ mm} \leq i < 1 \text{ cm}$	0,2	0,4	0,6

Tab. č. 2: Chyby po sobě jdoucích dílků

Je-li měřka skládací, musí být spoje takové, aby kromě výše uvedených chyb nezpůsobovali žádné další chyby, které by byly větší než 0,3 mm pro třídu II a 0,5 mm pro třídu III.

Rozsah měřítek m	Třída přesnosti I		Třída přesnosti II		Třída přesnosti III	
	Pevná měřítka		Ohebná a stáčecí měřítka		Reklamní, textilní a skládací měřítka	
	s přesahem	s počátkem na hraně	s přesahem	s počátkem na hraně, s háčkem	s počátkem na hraně, s háčkem	skládací
od 0 do 0,5 m	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,9	±1,4
přes 0,5 do 1,5 m	±0,2	±0,3	±0,5	±0,7	±1,3	±1,8
přes 1,5 do 2,5 m	±0,3	±0,4	±0,7	±0,9	±1,7	±2,2
přes 2,5 do 3,5 m	±0,4	±0,5	±0,9	±1,1	-	-
přes 3,5 do 4,5 m	±0,5	±0,6	±1,1	±1,3	-	-
přes 4,5 do 5 m	±0,6	±0,7	±1,3	±1,5	-	-

Tab. č. 3: Vypočtené dovolené chyby pro typické příklady měřítek podle NV 120/2016 Sb.

10.2 Vyhodnocení podle normy ČSN 25 1101

Norma uvádí dvě třídy přesnosti měřítek, které jsou dány těmito výrazy:

I. třída přesnosti $\pm(0,05 + 0,05L)$ [mm; m].

II. třída přesnosti $\pm(0,1 + 0,1L)$ [mm; m]

kde: L = délka měřeného úseku v metrech

Vyjádřeno tabulkou (tab. 1 podle ČSN 25 1101):

Délka v mm		Třída přesnosti	
nad	do	I	II
		Dovolená chyba v mm	
	100	±0,055	±0,11
100	200	±0,060	±0,12
200	300	±0,065	±0,13
300	400	±0,070	±0,14
400	500	±0,075	±0,15
500	600	±0,080	±0,16
600	700	±0,085	±0,17
700	800	±0,090	±0,18
800	900	±0,095	±0,19
900	1000	±0,100	±0,20
1000	1100	±0,105	±0,21
1100	1200	±0,110	±0,22
1200	1300	±0,115	±0,23
1300	1400	±0,120	±0,24
1400	1500	±0,125	±0,25
1500	1600	±0,130	±0,26

1600	1700	±0,135	±0,27
1700	1800	±0,140	±0,28
1800	1900	±0,145	±0,29
1900	2000	±0,150	±0,30

Tab. č. 4: Dovolené chyby podle ČSN 25 1101

Podle tabulky dovolených chyb se měřidlo zařadí do třídy přesnosti. Dovolené chyby libovolné délky stupnice měřené od libovolného dílku stupnice nesmí překročit hodnoty uvedené v tabulce 4 (tab. 1 v ČSN 25 1101). Například pro měřítko první třídy přesnosti nesmí být chyba libovolně zvoleného úseku o délce 100 mm větší, než 0,055 mm.

Z porovnání dovolených chyb podle ČSN 25 1101 a NV č. 120/2016 Sb. vyplývá, že ČSN má asi o jednu třídu přísnější požadavky.

10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrované měřítko nevyhoví specifikaci a nelze prohlásit shodu, uvedou se pouze naměřené hodnoty a příslušná nejistota měření. Zadavatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadavku normy a na neodstranitelná poškození.

11 Kalibrační list

Výsledky kalibrace lze přehledně uvádět tabulkovou formou:

Rozsah měřítka mm	Dovolená chyba dle ČSN 25 1101 pro třídu I mm	Největší naměřená odchylka mm	Nejistota $U (k = 2)$ mm
první dílek od hrany od 0 do 200 mm	±0,050	+0,038	±0,010
přes 200 do 400 mm	±0,060	+0,028	±0,012
přes 400 do 600 mm	±0,070	+0,037	±0,014
přes 600 do 800 mm	±0,080	-0,010	±0,016
přes 800 do 1000 mm	±0,090	-0,045	±0,018
	±0,100	-0,075	±0,020

Tab. č. 5: Příklad uvedení výsledku měření v kalibračním listu

Odchylka délky měřítka 1000 mm je udávána jako absolutně největší hodnota nalezená v příslušném úseku o délce 200 mm vzhledem k nultému dílku, resp. čelní hraně. Délka úseků je volena s ohledem na délku kalibrovaného měřítka a s ohledem na nejistotu měření, která je asi 20 % chyby dovolené pro I. třídu přesnosti. Pokud největší naměřená odchylka vyhovuje včetně nejistoty měření dovolené chybě, lze uvést v kalibračním listu shodu s příslušnou třídou přesnosti podle normy ČSN 25 1101.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,

- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného měřítka,
- e) datum přijetí měřítka ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/13/19),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měřítko kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o 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). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřeními hodnotami) a archivovala ho.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let, 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.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřítko kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

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 při kalibraci (příklad)

14.1 Stanovení nejistoty kalibrace měřitek

Kalibruje se pevné měřítko $L = 1000$ mm na mikroskopu s měřicím rozsahem 250 mm. Měřítka se postupně čtyřikrát překládá. Nejistota odměřovacího systému, kterou odhadujeme ze známé mezní chyby, je v tomto případě veličinou korelovanou. Teploty měřítka i kalibračního zařízení jsou vyrovnané v mezích $\Delta t = \pm 2$ °C od normální teploty. Rozdíl součinitelů teplotní roztažnosti kalibrovaného měřítka $\alpha_x = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (ocel) a odměřovacího systému mikroskopu $\alpha_n = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (sklo) se zahrne do nejistoty. Teplota kalibrovaného měřítka i stroje je přibližně shodná.

Nejistota typu A:

Nejistota typu A z opakovaných měření je při pečlivém nastavení počátků jednotlivých úseků zanedbatelná.

Nejistota typu B:

Výchozí rovnice má pro tento případ tvar: $l_x = l_n + dl + dl_0 + \Delta t \cdot L (\alpha_x - \alpha_n)$

Zdroj nejistoty	Veličín a	Mezní chyby	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koeficient citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Odměřovací systém mikroskopu 250mm, chyba v mezích $\pm 3 \mu\text{m}$ stejný systém použiji čtyřikrát	l_n	$3 \mu\text{m}$	normál. 2	$1,5 \mu\text{m}$	4 úseky korelované 4	$6,0 \mu\text{m}$
Čtení rysky mikroskopem odhad chyby v mezích $\pm 5 \mu\text{m}$	dl	$5 \mu\text{m}$	rovnom. $\sqrt{3}$	$2,9 \mu\text{m}$	1	$2,9 \mu\text{m}$
Nastavení počátku -odhad chyby v mezích $\pm 5 \mu\text{m}$ nastavuji čtyřikrát nezávisle	dl_0	$5 \mu\text{m}$	rovnom. $\sqrt{3}$	$2,9 \mu\text{m}$	4 počátky nezávislé $\sqrt{4} = 2$	$5,8 \mu\text{m}$
Krajní teplotní chyba v průběhu kalibrace $20 \pm 2^\circ\text{C}$	Δt	2°C	rovnom. $\sqrt{3}$	$1,2^\circ\text{C}$	$L (\alpha_x - \alpha_n)$ $2 \mu\text{m/K}$	$2,4 \mu\text{m}$
Výsledná hodnota	l_x	Nejistota u ($k = 1$) při kalibraci na délce 1m				$9,2 \mu\text{m}$

Standardní kombinovaná nejistota kalibrace měřítka na délce 1m:

$$U = 2 \cdot u = 2 \cdot 0,0092 = 0,0184 \approx 0,02 \text{ mm} \quad \text{pro } k = 2$$

Udávat nejistotu pouze ke koncovému bodu měřítka může být nepraktické. Nejistota měření je funkcí vzdálenosti měřeného úseku od počátku měřítka. Teorie výpočtu nejistot nevede obecně k lineárním závislostem, chyba vzniklá linearizací však není, vzhledem k mnoha odhadům použitým ve výpočtu, podstatná. Stanovením nejistoty pro různé kalibrované délky lze dojít k závěru, že pro nejistotu kalibrace měřítka na obecné délce L [m] platí po zaokrouhlení vztah:

$$U(L) = 0,01 + 0,01L \text{ [mm; m]} \quad \text{pro } k = 2$$

Nejistota měření při kalibraci měřítka na mikroskopu je tedy 5x přesnější, než výrobní přesnost I. třídy měřítok dle ČSN 25 1101, což vyhovuje.

14.2 Stanovení nejistoty kalibrace stáčecích metrů

Kalibruje se stáčecí dvoumetr porovnáním s plochým měřítkem třídy přesnosti I. dle ČSN 25 1101. Odečítá se lupou s odhadem 1/5 dílku. Dvoumetr i měřítko jsou ze stejného materiálu, $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Stáčecí metr se zachytne zobáčkem na čele měřítka bez přesahu, proto nejistotu z nastavení počátku zanedbáme. Výpočet nejistoty provedeme pro délku $L = 2 \text{ m}$.

Výchozí rovnice má pro tento případ nejjednodušší tvar:

$$l_x = l_n + dl + \Delta t \cdot \alpha \cdot L$$

Zdroj nejistoty	Veličina	Mezní chyby	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koeficient citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Etalon – měřítko tř. I délka 2 m Největší dovolená chyba ±0,15mm	l_n	0,15 mm	normál. 2	0,075 mm	1	0,075 mm
Čtení stupnice rozliší se 1/5 dílku = 0,2 mm	dl	0,2 mm	rovnom. $\sqrt{3}$	0,115 mm	1	0,115 mm
Nevyrovnaní teploty největší rozdíl etalon-metr 2°C	Δt	2°C	rovnom. $\sqrt{3}$	1,15°C	$\alpha.L$ 0,023 mm/K	0,026 mm
Výsledná hodnota	l_x	Nejistota u ($k = 1$) při kalibraci na délce 2 m				0,14 mm

V kalibračním listu se uvede rozšířená nejistota odpovídající třetině dovolené chyby dílku:

$$U = 2 \cdot u = 0,28 \approx 0,3 \text{ mm} \quad \text{pro } k = 2$$

Tuto nejistotu můžeme vztáhnout ke každému kalibrovanému bodu stáčecího dvoumetru, neboť příspěvek k nejistotě závislý na délce je nevýznamný. Použije-li se kratší měřítko při kalibraci stáčecího metru opakovaně, je třeba postupovat při výpočtu obdobně jako při kalibraci měřítka na mikroskopu a opakovaně zahrnout do výpočtu nejistoty korelaci chybu etalonu a nastavení počátku. Pokud by bylo třeba kalibrovat např. dřevěné skládací metry, zahrne se do nejistoty ještě vliv paralaxy.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.2.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby ho 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).