



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 1.1.2/21/14

PÁČKOVÉ ÚCHYLKOMĚRY

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. Vladislav Batěk

© 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 páčkových číselníkových úchylkoměrů s hodnotou dílku stupnice 0,01 mm a 0,001 mm. Postup lze analogicky použít i na páčkové úchylkoměry s jiným dělením a případně i páčkové úchylkoměry digitální.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, resp. kalibrace v rámci vstupní kontroly měřidla (dále označované jako PK), tak i recalibrace během používání měřidla (dále označované jako RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

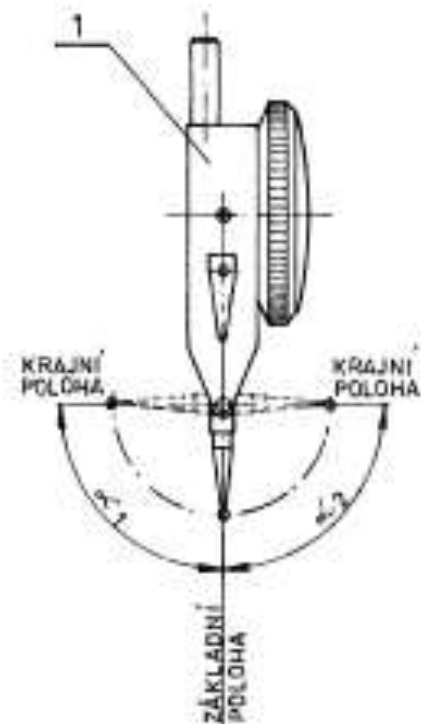
| | | |
|--------------------------------|---|------|
| TNI 01 0115 | Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM) | [1] |
| ČSN 25 1820 (Zrušená norma) | Páčkové číselníkové úchylkoměry s hodnotou dílku 0,01 mm. Technické požadavky. | [2] |
| ČSN EN ISO 463 | Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Délková měřidla – Konstrukční a metrologické charakteristiky číselníkových úchylkoměrů | [3] |
| DIN 878 (2006) | Geometrické specifikace výrobků (GPS) – Mechanische Meßuhren | [4] |
| ČSN 25 1802 | Číselníkové odchýlkomery s hodnotou dílku 0,01 mm. Metódy kontroly | [5] |
| ČSN EN ISO 14978 | Geometrické specifikace výrobků (GPS) – Všeobecné pojmy a požadavky na měřicí vybavení pro GPS | [6] |
| ČSN EN ISO 9001 | Systémy managementu jakosti - Požadavky | [7] |
| ČSN EN ISO 10012 | Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. | [8] |
| ČSN EN ISO/IEC 17025 | Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří | [9] |
| EA-4/02 M:2013 | Vyjádření nejistoty měření při kalibraci | [10] |
| ČSN EN ISO 14253-2 | GPS-Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením- Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku | [11] |
| CZ-18001 | Katalog měřicího přístrojů firmy Mitutoyo | [12] |

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci páčkových úchylkoměrů 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



Páčkový číselníkový úchylkoměr je číselníkový úchylkoměr, jehož kulový měřicí dotek je umístěn na výkyvné páčce. Pohyb páčky se pomocí vhodného mechanického systému přenáší na ukazovatel, který se otáčí před analogovou kruhovou stupnicí (číselníkem).

Základní poloha je poloha, při níž je osa výkyvné páčky souhlasná s podélnou osou tělesa úchylkoměru.

Krajní poloha je poloha výkyvné páčky přestavěné o úhel α_1 nebo α_2 od základní polohy.

Největší dovolená chyba (MPE) je extrémní hodnota chyby daná jednou dvoustrannou specifikací s konstantními symetrickými mezními hodnotami.

Rozpětí chyby je velikost indikace s nulou umístěnou na dolní mezní hodnotě měřicího rozpětí.

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

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Univerzální délkoměr, nebo přístroj pro kontrolu úchylkoměrů, s rozlišením 0,1 μm ,
- upínací držáky pro páčkové úchylkoměry,
- siloměr,
- dotykový teploměr s měřícím rozsahem (16 až 26) $^{\circ}\text{C}$, hodnota dílku stupnice 0,1 $^{\circ}\text{C}$ nebo 0,2 $^{\circ}\text{C}$,
- vlhkoměr,
- lupa se zvětšením min. 4x,
- čisticí prostředky, čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice, lapovací papír nebo pasta.

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

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace páčkových úchylkoměrů se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí: (20 ± 2) °C,
- změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. 1 °C,
- relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % RH.

7 Rozsah kalibrace

- Kontrola dodávky a příprava (čl. 8),
- stanovení největší chyby v celém měřicím rozsahu (čl. 9.1),
- stanovení chyby reverzibility (čl. 9.2),
- stanovení variačního rozpětí (čl. 9.3),
- vyhodnocení kalibrace (čl. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se typ a počet dodaných páčkových číselníkových úchylkoměrů, 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 páčkového číselníkového úchylkoměru k recalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Páčkový číselníkový úchylkoměr se pečlivě vyčistí utěrkou, popř. vatou a benzínem, provede se jeho vizuální kontrola, zejména se zjistí případná poškození nebo koroze funkčních ploch.

(PK, RK)

Lehce poškozená místa (drobná poškození, koroze) se upraví, po úpravě znovu očistí. Pokud páčka úchylkoměru vážne, vypere se v nádobce s benzínem. Ponořit se smí pouze páčka s převodem a musí se dbát, aby benzín nevnikl dovnitř úchylkoměru. Převodové ústrojí se nesmí mazat olejem.

(pouze RK)

Kontroluje se příslušenství měřidla. Příslušenství zpravidla obsahuje upínací stopku a někdy též výměnné páčky s kuličkami. Délka páčky je pro určitý typ úchylkoměru pevně daná a nelze jí měnit. Změna délky páčky se projeví chybou měřidla.

Páčkový úchylkoměr, který nevyhověl při vnější prohlídce a konstrukčnímu provedení dle výrobce, se vyřadí z dalších zkoušek.

8.3 Příprava měřidla

Kalibrovaný páčkový úchylkoměr se upne v základní poloze na kalibračním zařízení, kterým může být univerzální délkoměr, nebo speciální kalibrátor. Pokud nelze páčkový úchylkoměr upnout v základní poloze, je třeba otočit páčku tak, aby byla kolmá na směr pohybu doteku měřicího stroje. Při nedodržení tohoto požadavku vzniká tzv. kosinová chyba:

$$P = O \cos \alpha$$

Kde:

P = Pravá hodnota (skutečná)

O = Odečtená hodnota na stupnici úchylkoměru

α = Chybový úhel

Při měření, zejména u víceotáčkových páčkových úchylkoměrů, se úhel α mění. Proto je někdy třeba správnou výchozí polohu páčky určit zkusmo tak, aby chyba měření v celém rozsahu byla co nejmenší.

9 Postup kalibrace

9.1 Stanovení největší chyby v celém měřicím rozsahu páčkového úchylkoměru

Celková největší chyba páčkového číselníkového úchylkoměru se zjišťuje v jednom nebo v obou směrech pohybu páčky. Směr zezadu dopředu (viz obr.) se považuje za základní, neboť odpovídá nejčastějšímu způsobu užití páčkového úchylkoměru. Při této zkoušce se nastaví ukazovatel přesně na příslušnou čárku stupnice kalibrovaného páčkového číselníkového úchylkoměru. Přitom se doporučuje ke zvýšení přesnosti nastavení použít lupu s min. čtyřnásobným zvětšením. Najíždí se přesně na čárku stupnice vždy v jednom směru. Při najetí na nulu se vynuluje kalibrační zařízení. Dále se najíždí na další čárky podle zvoleného intervalu měření a pravá hodnota P se čte na kalibračním zařízení. Potom chyba měřidla je (včetně znaménka) daná výrazem:

$$Ch = O - P$$

Kde:

P = Pravá hodnota (skutečná)

O = Odečtená (nastavená) hodnota na stupnici úchylkoměru

Kalibrace se obvykle začíná určením chyby v celém měřicím rozsahu. Za tím účelem se volí 10 až 15 měřicích bodů rovnoměrně rozložených v celém měřicím rozsahu podle typu páčkového úchylkoměru. Na příslušné čárky se najíždí v jednom směru od nuly do maxima rozsahu a zpět. Naměřené hodnoty se zapisují do tabulky záznamu o měření a následně vynášejí do grafu.

Chyby v dílčím rozsahu se stanovují v intervalech, které se volí s ohledem na specifikaci výrobce. Místo měření se volí s ohledem na nejhorší výsledky měření v celém rozsahu.

Páčkové úchylkoměry umožňují zpravidla měření v obou směrech, tj. zezadu dopředu nebo zpředu dozadu. Směr měření lze přepnout zvláštní páčkou, nebo některé páčkové úchylkoměry takto fungují i bez přepínání. Je-li to vzhledem k užití úchylkoměru účelné, měření se opakuje i v druhém směru.

9.2 Stanovení chyby reverzibility (hystereze)

Chyba reverzibility se zjišťuje jednou ze dvou metod:

- vyhodnotí se z diagramu naměřených hodnot jako rozdíl hodnoty měřené při zatlačování a uvolňování měřicí páčky v místě stupnice, kde obě hodnoty se nejvíce liší,
- zjišťuje se jako rozdíl dvou měření v určitém místě měřicího rozsahu při vzestupném a zpětném pohybu měřicí páčky. Doporučuje se měřit na počátku, ve středu a na konci měřicího rozsahu. Za chybu reverzibility se považuje největší ze zjištěných rozdílů.

Poznámka:

Celé měření chyby úchylkoměru lze provádět také tak, že na každou čárku najíždíme v obou směrech a zároveň odečítáme obě hodnoty pro dopředný i zpětný chod. To je výhodné zejména u tisícinových úchylkoměrů, kdy takto zjištěná hystereze není zatížena teplotní chybou. Předpokladem je kalibrační zařízení bez vlastní hystereze (ne mikrometrický šroub).

9.3 Stanovení variačního rozpětí

Variační rozpětí se zjišťuje pětinasobným zvednutím páčky úchylkoměru opřené o měřicí kontakt nebo o jinou vhodnou rovinnou plochu. Rozdíl mezi největším a nejmenším údajem páčkového úchylkoměru se rovná variačnímu rozpětí údajů v příslušném místě měřicího rozsahu. Variační rozpětí se kontroluje na začátku, ve středu a na konci měřicího rozsahu páčkového úchylkoměru.

10 Vyhodnocení kalibrace

Měřené hodnoty a další údaje, charakterizující podmínky zkoušky, se zapisují do záznamu o měření. Záznam slouží k vypracování kalibračního listu.

Měřené hodnoty se porovnávají s mezními dovolenými chybami. Jako kritérium se berou hodnoty mezních chyb podle specifikace výrobce, nebo z dřívějších norem (např. ČSN 25 1820), nebo katalogu výrobce. Měřidlo vyhoví, leží-li měřená hodnota, zvětšená o nejistotu měření U v mezích dovolených chyb. Pokud by měřená hodnota zvětšená o nejistotu měření ležela vně těchto mezí, ale sama měřená hodnota ležela v těchto mezích, nelze v takovém případě prokázat shodu ani neshodu a v kalibračním listě se uvede pouze výsledek měření (Y) a příslušná nejistota měření (U) ve tvaru $Y \pm U$.

Norma ČSN EN ISO 463 upřednostňuje hodnocení pomocí největší dovolené chyby (MPE). Hodnocení podle největší dovolené chyby umožňuje sestavit přehledný graf chyb

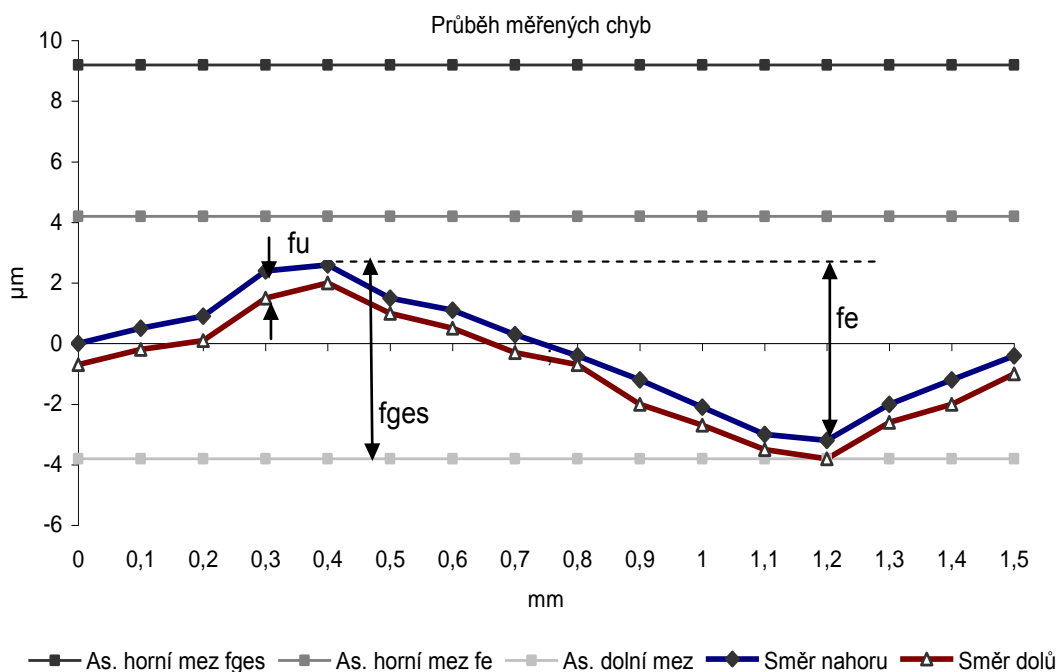
v pevných a souměrných mezích. Zpravidla se hodnotí nejprve celý rozsah a potom dílčí rozsahy v místech, kde průběh celkové chyby naznačuje problémy. Pro páčkové úchylkoměry však stále řada výrobců uvádí dovolené chyby podle staré normy DIN 878 (1983):

- f_e – rozpětí chyby v celém měřicím rozsahu při jednom směru měření
- f_{ges} – rozpětí chyby v celém měřicím rozsahu při obou směrech měření
- f_u – reverzibilita (hystereze)

Hystereze je podle obou norem (DIN 878(1983) a EN ISO 463) definována shodně, Rozpětí chyby f_e se často číselně blíží dovolené chybě v celém rozsahu (MPE).

| Parametr | Dovolená chyba dle katalogu výrobce | Naměřená hodnota |
|--|-------------------------------------|-------------------|
| | CZ-18001 | |
| Rozpětí chyb v celém rozsahu f_{ges} | 13 μm | 6,4 μm |
| Rozpětí chyb v jednom směru f_e | 8 μm | 5,8 μm |
| Hystereze f_u | 3 μm | 0,9 μm |

Rozšířená nejistota výsledku kalibrace $U = \pm 3 \mu\text{m}$



Obr. č. 1: Grafické vyhodnocení chyb podle DIN 878(1983)

Norma ČSN EN ISO 463 připouští také hodnocení pomocí rozpětí chyby, viz přílohu A a C této normy. Rozpětí chyby se vyhodnotí tak, že se nula přemístí na dolní mezní hodnotu naměřeného rozpětí. Mez dovoleného rozpětí chyby je potom pouze jednostranná.

Norma ČSN EN ISO 463 nezná pojem variační rozpětí. Také výrobci tento parametr specifikují jen výjimečně. Přesto je variační rozpětí vhodné zjišťovat, protože je ukazatelem celkového opotřebení převodů a kontrolou utužení ručky na hřídeli.

Výrobce má specifikovat metrologické charakteristiky úchylkoměru podle normy ČSN EN ISO 463. Pro účely kalibrování po prodeji mají zákazníci volnost ve stanovení vlastních hodnot dovolených chyb (MPE) podle potřeb organizace.

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. Zejména pokud nemůžeme s ohledem na nejistotu rozhodnout, zda měřidlo vyhovuje či nevyhovuje předpisu, je vhodné uvádět kalibračním graf podle obr. č.1.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) 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 páčkového úchylkoměru,
- e) datum přijetí úchylkoměru 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 1.1.2/21/14),
- 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 úchylkoměr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku, 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 měřenými 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 měřidlo 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 (příklad výpočtu)

Kalibrace páčkového číselníkového úchylkoměru s měřicím rozsahem 1,5 mm a hodnotou nejmenšího dílku 0,01 se provádí na délkoměru o nejistotě $U_D = 0,5 \mu\text{m}$ (pro $k = 2$). Nejistotu typu A určíme ze tří opakovaných měření. Nevyrovnání teploty mezi úchylkoměrem a délkoměrem předpokládáme nejvýše 1 °C. Teplotní změny se mohou projevit na páčce doteku o délce $L = 20 \text{ mm}$. Součinitele teplotní roztažnosti úchylkoměru i kalibrátoru jsou shodné a blízké normálnímu $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Za těchto podmínek má výchozí rovnice tvar

$$l_x = l_u - l_n + l_c + \Delta t \cdot \alpha \cdot L$$

| | | |
|-------------|------------|---|
| <i>kde:</i> | l_n | délka čtená na etalonovém zařízení |
| | l_u | délka nastavená na úchylkoměru |
| | l_c | nekompenzovaná část kosinové chyby |
| | Δt | zbytkové nevyrovnání teploty |
| | α | součinitel teplotní roztažnosti |
| | l_x | chyba v kalibrovaném místě stupnice úchylkoměru |

Při výpočtu nejistoty v tabulkové formě předpokládáme, že stejný vztah jako pro veličiny platí i pro jejich nejistoty. Citlivostní koeficient pro přepočet teplotních změn na délku se vypočte ze vztahu:

$$\alpha \cdot L = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,02 = 0,23 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$$

Pro stanovení nejistoty typu A z opakovaných měření provedeme 3 měření za různých podmínek v určených mezích. Naměřené chyby na nejhorším místě, odečítané na délkoměru, jsou:

$$(5,3; 7,5; 6,4) \mu\text{m}$$

Střední hodnota chyby:

$$f_{ges} = 6,4 \mu\text{m}$$

Nejistota typu A z opakovaných měření:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{0,90}{\sqrt{3}} \cdot 2,3 = 1,19 \mu\text{m}$$

kde: s - Směrodatná odchylka určená na kalkulátoru

n - Počet měření

k_A - Koeficient určený v závislosti na počtu měření podle následující tabulky:

| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k_A | 7,0 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |

Nejistotu typu A připočteme pro zjednodušení v tabulce pro stanovení nejistoty kalibrace. Faktor rozdělení b je převrácenou hodnotou koeficientu rozdělení, viz [11]:

- normální rozdělení: $b = \frac{1}{2} = 0,5$
- rovnoměrné rozdělení: $b = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,6$

Tabulka kombinované standardní nejistoty pro páčkový úchylkoměr setinový

| Zdroje nejistot | Ozn. | Meze nejistot (μm) | Faktor rozdělení b | Citlivostní koeficient | Příspěvek k nejistotě (μm) |
|---|------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|---|
| Etalonové zařízení Délkoměr $U = 0,5 \mu\text{m}$ | l_n | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,25 |
| Nastavení na stupnici- rozlišíme 1/5 dílku, tj. $\pm 1^\circ\text{C}$ | l_u | 1 | 0,6 | 1 | 0,60 |
| Nekompenzovaný vliv kosinové chyby, odhad $\pm 1 \mu\text{m}$ | l_c | 1 | 0,6 | 1 | 0,60 |
| Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 1^\circ\text{C}$ | Δt | 1 | 0,6 | 0,23 | 0,14 |
| Nejistota typu A z opakovatelností měření | u_A | 1,19 | 1 | 1 | 1,19 |
| Chyba v kalibrovaném místě | l_x | Nejistota $u (k = 1) \mu\text{m}$ | | | 1,49 |

Rozšířená nejistota:

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 1,49 = 2,98 \mu\text{m} \text{ (pro } k = 2)$$

V kalibračním listu páčkového úchylkoměru s dělením 0,01 uvedeme zaokrouhlenou hodnotu $U = 3 \mu\text{m}$, což je asi třetina dílku.

Při stanovení nejistoty kalibrace páčkového úchylkoměru s dělením 0,001 mm postupujeme obdobně. Naměřené chyby na nejhorším místě, odečítané na délkoměru, jsou:

$$(2,2; 2,9; 2,5) \mu\text{m}$$

Střední hodnota chyby:

$$f_{ges} = 2,5 \mu\text{m}$$

Nejistota typu A z opakovaných měření:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{0,29}{\sqrt{3}} \cdot 2,3 = 0,38 \mu\text{m}$$

Tabulka kombinované standardní nejistoty pro páčkový úchylkoměr tisícinový

| Zdroje nejistot | Ozn. | Meze nejistot (μm) | Faktor rozdělení b | Citlivostní koeficient | Příspěvek k nejistotě (μm) |
|--|------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|---|
| Etalonové zařízení Délkoměr $U = 0,5 \mu\text{m}$ | l_n | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,25 |
| Nastavení na stupnici- rozlišíme 1/5 dílku, tj. $\pm 1^\circ\text{C}$ | l_u | 0,1 | 0,6 | 1 | 0,06 |
| Nekompenzovaný vliv kosinové chyby, odhad $\pm 1 \mu\text{m}$ | l_c | 0,2 | 0,6 | 1 | 0,12 |
| Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 1^\circ\text{C}$ | Δt | 1 | 0,6 | 0,23 | 0,14 |
| Nejistota typu A z opakovatelnosti měření | u_A | 0,38 | 1 | 1 | 0,38 |
| Chyba v kalibrovaném místě | l_x | Nejistota $u (k = 1) \mu\text{m}$ | | | 0,50 |

Rozšířená nejistota:

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 0,5 = 1,0 \mu\text{m} \text{ (pro } k = 2)$$

V kalibračním listu páčkového číselníkového úchylkoměru s dělením 0,001 mm uvedeme zaokrouhlenou hodnotu $U = 1 \mu\text{m}$, což je jeden dílek.

Rozšířená nejistota měření při kalibraci páčkových úchylkoměrů dosahuje asi čtvrtiny velikosti dovolených chyb, což je očekávaný výsledek.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 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).