



**Česká metrologická společnost, z.s.**

**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

tel/fax: 221 082 254

e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)

[www.csvts.cz/cms](http://www.csvts.cz/cms)

**Kalibrační postup**

**KP 1.1.2/03/20**

**ČÍSELNÍKOVÝ ÚCHYLKOMĚR**

**Praha**

říjen 2020

**Vzorový kalibrační postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2020

Číslo úkolu: VII/2/20

**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 kalibraci mechanických číselníkových úchylkoměrů s hodnotou dílku stupnice 0,01 mm a 0,001 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak interně prováděných kalibrací a rekalibrací, např. v rámci technické kontroly, tak i externě zadávaných kalibrací prováděných v kalibračních střediscích.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 463:2006	Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Délková měřidla – Konstrukční a metrologické charakteristiky mechanických číselníkových úchylkoměrů	[L1]
ČSN 25 1802	Číselníkové odchýlkomery s hodnotou dílka 0,01 mm. Metody kontroly	[L2]
ČSN EN ISO 14253-1:2018 anglicky	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L3]
ČSN EN ISO 14253-2:2012	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	[L4]
ČSN EN ISO 3650:2000	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Etalony délek – Koncové měrky	[L5]
ČSN EN ISO 9001:2018	Systemy managementu kvality - Požadavky	[L6]
ČSN EN ISO 10012:2003	Systemy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L7]
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L8]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L9]
EA 4/02 M:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[L10]

## 3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci číselníkových 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

### 4.1 Termíny

**Číselnicový úchylkoměr** – měřidlo, u kterého se zdvih měřicí tyčky zvětšuje pomocí vhodného mechanického systému (např. ozubené tyče a pastorku) a přenáší se na ukazatel, který se otáčí před analogovou kruhovou stupnicí (číselníkem).

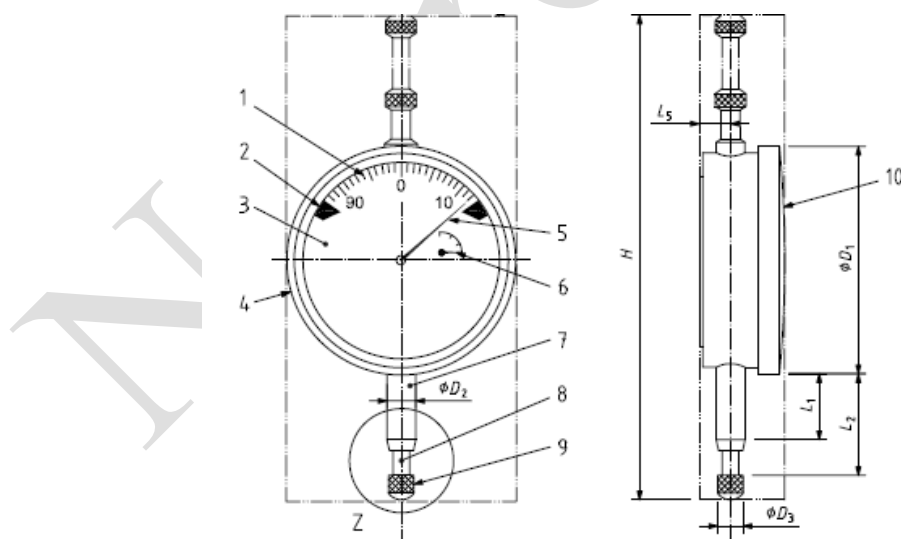
**Největší dovolená chyba (MPE)** – je extrémní hodnota chyby daná jednou dvoustrannou specifikací s konstantními symetrickými mezními hodnotami.

**Největší dovolená mezní hodnota (MPL)** – je extrémní hodnota metrologické charakteristiky dovolená specifikací.

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

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

### 4.2 Konstrukce a názvosloví



Obr. č. 1 Číselnicový úchylkoměr – všeobecné provedení a názvy částí

Legenda

- 1 stupnice
- 2 mezní značky
- 3 číselník

- 6 ukazatel počtu otáček
- 7 upínací stopka
- 8 tyčka doteku

4 kroužek krytu  
5 ukazatel

9 měřicí dotek  
10 kryt číselníku

## 5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Přístroj pro kontrolu úchylkoměrů nebo délkoměr,
- etalonové koncové měrky S 12 nebo S 21 ČSN 25 3310 1. třídy přesnosti a minimálně 4. sekundárního řádu,
- třmenový mikrometr s měřicím rozsahem (0 až 25) mm,
- posuvka s měřicím rozsahem do 160 mm,
- siloměr nebo vhodné váhy,
- dotkový teploměr s měřicím rozsahem 16 °C až 26 °C, hodnota dílku stupnice 0,1 °C nebo 0,2 °C,
- vlasový vlhkoměr,
- lupa se zvětšením min. 4x,
- čisticí prostředky, čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice.

### Poznámka:

1. Přístroj pro kontrolu číselníkových úchylkoměrů, koncové měrky, třmenový mikrometr, posuvka, siloměr, dotkový teploměr, vlasový vlhkoměr musí být kalibrované.
2. Největší dovolená chyba měřidla uvedeného v poznámce 1. musí být minimálně 3x menší, než je největší dovolená chyba kalibrovaného úchylkoměru nebo kontrolovaného parametru.

## 6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace číselníkových úchylkoměrů se provádí za těchto referenčních podmínek a příslušných mezních odchylek:

Teplota prostředí:	20 °C ± 2 °C
Změna teploty vzduchu za 1 hodinu:	max. 1 °C
Relativní vlhkost vzduchu:	max. 80 % relat.

Kalibrovaný číselníkový úchylkoměr a měřidla potřebná k jeho kalibraci se umístí v místnosti, kde se měřidlo kalibruje. Kalibrace se nezahájí dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty (doporučuje se minimálně 0,5 hodiny).

Teplota prostředí se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení, popř. i v jejím průběhu, relativní vlhkost se měří před zahájením kalibrace.

## 7 Rozsah kalibrace

Kalibrace číselníkového úchylkoměru se člení na tyto úkony:

- Kontrola dodávky úchylkoměrů předložených ke kalibraci (viz čl. 8.1),
- čištění a úpravy číselníkového úchylkoměru (viz čl. 8.2),
- kontrola způsobilosti číselníkového úchylkoměru pro kalibrování (viz čl. 8.3),
- kontrola vnějších rozměrů (viz čl. 8.4),
- kontrola variačního rozpětí (viz čl. 8.5)
- stanovení chyby indikace (viz čl. 9.1),
- stanovení opakovatelnosti chyby indikace (viz čl. 9.2),
- stanovení hystereze chyby indikace (viz čl. 9.3),
- stanovení měřicí síly (viz čl. 9.4).

## 8 Předběžná kontrola a úprava číselníkového úchylkoměru

### 8.1 Kontrola dodávky úchylkoměrů předložených ke kalibraci

Zkontroluje se typ a počet dodaných číselníkových úchylkoměrů, porovná se rozsah a druh dodaného příslušenství podle objednávky nebo podle dodacího listu. Zkontroluje se označení úchylkoměru evidenčním číslem. Provede se základní vzhledová kontrola a kontrola úplnosti a funkčnosti úchylkoměru.

Převzetí číselníkového úchylkoměru ke kalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném.

Hrubě poškozená, neopravitelná měřidla se vyřadí z evidence, nebo vrátí zákazníkovi odděleně od měřidel kalibrovaných.

### 8.2 Čištění a úpravy úchylkoměru

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

Lehce poškozená místa (drobná poškození, koroze) se upraví, po úpravě znovu očistí. Pokud vřeteno úchylkoměru vážně, vypere se v nádobce s benzínem. Ponořit se smí pouze upínací stopka a musí se dbát, aby benzín nevníkl dovnitř úchylkoměru. Vřeteno se nesmí mazat olejem.

### 8.3 Kontrola způsobilosti číselníkového úchylkoměru pro kalibrování

Přezkouší se lehkost chodu měřicí tyčky úchylkoměru v celém měřicím rozsahu. Pohyb měřicí tyčky musí být plynulý, bez citelného zadírání, případná radiální vůle měřicí tyčky nesmí ovlivnit přesnost měření.

Jednotlivé čárky stupnice musí být dobře čitelné prostým okem a úplné. Ukazovatel stupnice nesmí být ohnutý, musí se pohybovat ve stále stejné výšce nad rovinou stupnice, nesmí se dotýkat skla číselníku a nesmí zachytávat o toleranční značky.

Ukazovatel ve výchozí poloze musí být nejméně 1/10 otáčky před nulovým údajem, ukazovatel na konci své dráhy musí být nejméně 1/10 otáčky za horní mezí pracovního rozsahu.

Měřicí doteky musí být vyměnitelné, závit v měřicí tyčce i měřicím doteku nesmí být poškozen. Provede se vizuální a funkční kontrola závitu.

Měřená hodnota v každé poloze měřicí tyčky musí být jednoznačně identifikovatelná. Objímka unášející číselník se musí otáčet po celém obvodu s minimálním odporem a musí zaručovat nastavenou polohu číselníku proti neúmyslnému pootočení.

#### 8.4 Kontrola vnějších rozměrů

Překontrolují se vnější rozměry třmenovým mikrometrem, popř. posuvkou, zejména

- upínací průměr úchylkoměru,
- délka upínací části,
- případně ostatní rozměry (podle údajů výrobce).

Kontrola rozměrů se provádí pouze u nově dodaných úchylkoměrů.

#### 8.5 Kontrola variačního rozpětí

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

Variační rozpětí se zjišťuje pětinasobným spuštěním měřicí tyčky úchylkoměru na měřicí stolek nebo na jinou vhodnou rovinnou plochu. Rozdíl mezi největším a nejmenším údajem číselníkového úchylkoměru se rovná variačnímu rozpětí údajů v příslušném místě měřicího rozsahu. Variační rozpětí se kontroluje na začátku, ve středu a na konci měřicího rozsahu číselníkového úchylkoměru.

## 9 Postup kalibrace

### 9.1 Stanovení chyby indikace (největší chyby v celém měřicím rozsahu)

Chyba indikace číselníkového úchylkoměru se zjišťuje přístrojem pro kontrolu úchylkoměrů nebo na délkoměru. Měří se při pohybu měřicí tyčky směrem ven a směrem dovnitř. Při zjišťování největší chyby se nemá měřicí tyčka aretovat ani měnit směr jejího pohybu. Při této zkoušce se nastaví ukazovatel přesně na příslušnou čárku stupnice kalibrovaného číselníkového úchylkoměru. Přitom se doporučuje ke zvýšení přesnosti nastavení použít lupu s min. čtyřnásobným zvětšením. Odpovídající hodnota se čte na přístroji pro kontrolu číselníkových úchylkoměrů v celém rozsahu. Doporučuje se provádět kalibraci nejméně v deseti bodech měřicího rozsahu a vynášet naměřené hodnoty do diagramu.

Chyby v dílčím rozsahu se stanovují na rozsazích odpovídajících 1/10 otáčky, 1/2 otáčky a 1 otáčky ukazovatele. Velikost dílčího rozsahu se volí s ohledem na specifikaci výrobce. Místo měření se volí s ohledem na výsledky měření v celém rozsahu. Například největší

chyba v libovolném úseku 1 mm se zjišťuje při nepřetržitém pohybu měřicí tyčky v intervalech 0,1 mm u setinových úchylkoměrů.

### 9.2 Stanovení opakovatelnosti chyby indikace

Opakovatelnost se měří při opakovaném pohybu měřicí tyčky směrem ven a směrem dovnitř a vyhodnocuje se jako rozdíl indikace v obou směrech. Opakovatelnost se kontroluje na začátku, ve středu a na konci měřicího rozsahu číselníkového úchylkoměru.

### 9.3 Stanovení hystereze chyby indikace (chyby reverzibility)

Chyba hystereze indikace se zjišťuje jednou ze dvou metod:

- vyhodnotí se z diagramu naměřených hodnot (viz čl. 9.1) jako rozdíl hodnoty měřené při zasouvající se a vysouvající se tyčce 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 tyčky. Doporučuje se měřit na počátku, ve středu a na konci měřicího rozsahu. Za chybu reverzibility se považuje největší ze zjištěných rozdílů.

### 9.4 Stanovení měřicí síly



Měřicí síla se měří ve třech místech měřicího rozsahu (na počátku, ve středu a na konci) při pomalém zasouvání a vysouvání měřicí tyčky. Přitom se zjišťuje hodnota měřicí síly i chyba reverzibility měřicí síly.

Obr. č. 2 Stanovení měřicí síly

## 10 Vyhodnocení kalibrace

### 10.1 Vyhodnocení výsledků kalibrace podle ČSN EN ISO 463

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



Výrobce musí specifikovat metrologické charakteristiky PME a PML číselníkového úchylkoměru podle tabulky 1. Pro účely ověřování po prodeji mají zákazníci volnost ve stanovení vlastních PME a PML podle potřeb organizace. Pokud není stanoveno výrobcem jinak, musí úchylkoměr splňovat hodnoty hystereze, opakovatelnosti a PME/PML v jakékoliv poloze.

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 1801, ČSN 25 1816, apod.). Měřidlo vyhoví, leží-li měřená hodnota, zvětšená o nejistotu měření  $U$  v mezích dovolených chyb.

Charakteristika		PME nebo PML
Hystereze chyby indikace		
Opakovatelnost chyby indikace		
Chyby indikace v rozsahu	1/10 otáčky	μm
	1/2 otáčky	
	jedné otáčky	
	měřicího rozsahu	
Měřicí síla	maximální	N
	minimální	
	hystereze	

**Tab. č. 1 Metrologické charakteristiky**

Pokud nejsou o úchylkoměru dostupné žádné údaje o dovolených chybách, lze orientačně použít tabulku 1 převzatou z původního návrhu normy ISO 463.

Zkoušený parametr	Největší dovolené chyby v μm při měření úchylkoměrů s hodnotou dílku:			
	0,01 mm	0,002 mm	0,001 mm	
Hystereze	3	2	1	
Opakovatelnost	3	0,5	0,5	
Mezní odchylna v rozsahu:	1/10 otáčky	±5	±1	±1
	1/2 otáčky	±8	±3	±2
	1 otáčka	±10	±4	±3
	celý rozsah	±20	±8	±5

**Tab. č. 2 Informativní hodnoty největší dovolené chyby**

Tabulka mezních chyb přibližně odpovídá pro úchylkoměry se základním měřicím rozsahem (zdvihem). Pro úchylkoměry s prodlouženým zdvihem může být dovolená mezní chyba v celém rozsahu přibližně dvojnásobná.

### 10.2 Postup v případě neshody

Pokud není jiná dohoda mezi dodavatelem a zákazníkem, použije se pro rozhodnutí o

shodě nebo neshodě se specifikacemi ČSN EN ISO 14253-1

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  $Y \pm U$ . Zadavatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadavku normy a na neodstranitelná poškození.

Při hodnocení podle bývalých ČSN 25 1801 a ČSN 24 1816 lze postupovat takto: Pokud kalibrovaný číselníkový úchylkoměr 1. třídy přesnosti nevyhoví předepsaným požadavkům, lze jej přeradit do 2. třídy přesnosti, pokud vyhoví mezním dovoleným chybám, pro 2. třídu přesnosti. Číselníkové úchylkoměry 2. třídy přesnosti, které nevyhoví předepsaným požadavkům, lze přeradit do kategorie číselníkových úchylkoměrů s omezeným použitím, pokud je tato kategorie v organizaci zavedena a pokud jsou uvedeny její mezní dovolené chyby, uveden způsob použití a způsob označování (specifikována v metrologickém dokumentu organizace, např. v metrologickém řádu).

## 11 Kalibrační list

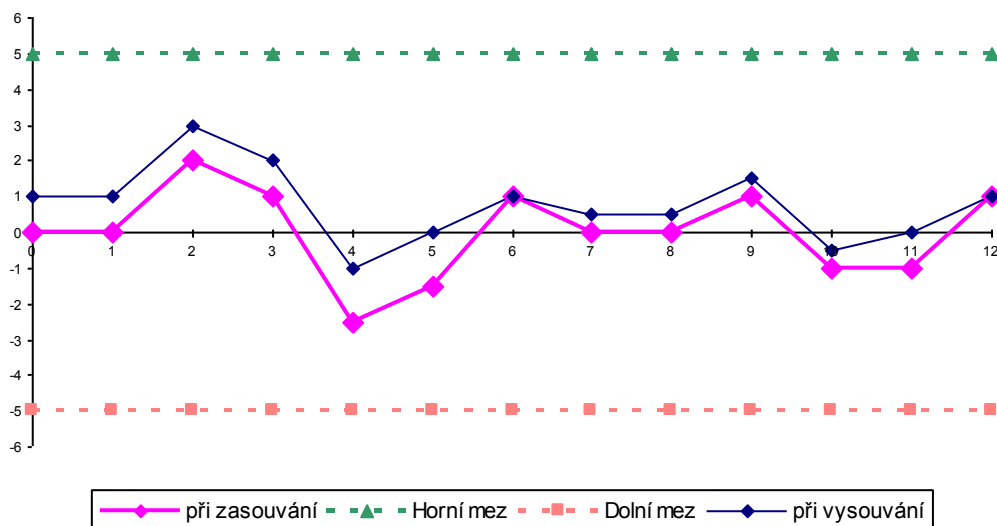
Výsledky kalibrace lze přehledně uvádět tabulkovou formou:

Číselníkový úchylkoměr 0,01 mm, zdvih 10 mm	Dovolená chyba dle ČSN EN ISO 463 Podle katalogu Mitutoyo CZ-20003	Naměřená hodnota
Chyba indikace v celém rozsahu při zajištění dovnitř (fe)	15,0 μm	5,0 μm
Chyba indikace v celém rozsahu při vyjždění ven (fe)	15,0 μm	5,0 μm
Chyba indikace v celém rozsahu v obou směrech (fges)	15,0 μm	7,0 μm
Chyba v rozsahu 1/10 otáčky; 0,1 mm	5,0 μm	2,0 μm
Chyba v rozsahu 1/2 otáčky; 0,5 mm	9,0 μm	2,0 μm
Chyba v rozsahu 1 otáčky; 1 mm	10,0 μm	3,0 μm
Chyba hystereze ( fu ) (reverzibilita)	3,0 μm	1,0 μm
Chyba opakovatelnosti ( ft )	3,0 μm	1,0 μm

Rozšířená nejistota výsledku kalibrace  $U = \pm 3,0 \mu\text{m}$

### Tab. č. 3 Příklad uvedení výsledku v kalibračním listu

Norma ČSN EN ISO 463 upřednostňuje hodnocení pomocí největší dovolené chyby (MPE). Hodnocení podle největší dovolené chyby umožňuje sestavit přehledný graf chyb (viz obr. 1) v pevných a souměrných mezích. Zpravidla se hodnotí nejprve celý rozsah a potom dílčí rozsahy v místech, kde průběh celkové chyby naznačuje problémy.



**Obr. č. 3 Grafické vyhodnocení největší dovolené chyby**

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 měřicího rozpětí. Mez dovoleného rozpětí chyb je potom pouze jednostranná.

### 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,
- jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného úchylkoměru,
- datum přijetí číselníkového úchylkoměru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/03/20),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který úchylkoměr 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 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 archiovat 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 kalibrovanou posuvku 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	Obdržel 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 při kalibraci číselníkového úchylkoměru (příklad)

Kalibrace číselníkového úchylkoměru s měřicím rozsahem 1 mm a hodnotou nejmenšího dílku 0,001 se provádí na kalibrátoru úchylkoměrů o nejistotě  $U_k = 0,3 \mu\text{m}$ . (pro  $k = 2$ ). Vliv nejistoty typu A z opakovaného odečítání se považuje za zanedbatelný v porovnání s nejistotou odhadu části dílku. Nevyrovnání teploty mezi úchylkoměrem a kalibrátorem předpokládáme nejvýše  $1^\circ\text{C}$ . Teplotní změny se mohou projevit na tyčce 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

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

kde:  $l_n$  délka nastavená na etalonovém zařízení  
 $l_c$  délka čtená na komparátoru  
 $\Delta t$  zbytkové nevyrovnání teploty  
 $\alpha$  součinitel teplotní roztažnosti  
 $l_x$  korekce v kalibrovaném místě stupnice komparátoru

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

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

Veličina	Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě $u$
Etalonová zařízení Kalibrátor $U_k = 0,32 \mu\text{m}$ ( $k = 2$ )	$l_n$ 0,3 $\mu\text{m}$	$k = 2$	0,15 $\mu\text{m}$	1	0,15 $\mu\text{m}$
Při čtení stupnice se odhaduje pětina dílku, tj. $\pm 0,2 \mu\text{m}$	$l_c$ 0,2 $\mu\text{m}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,12 $\mu\text{m}$	1	0,12 $\mu\text{m}$
Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 1^\circ\text{C}$	$\Delta t$ 1 $^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,58 $^\circ\text{C}$	0,23 $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ( $\alpha \cdot L$ )	0,13 $\mu\text{m}$
Korekce v kalibrovaném bodě	$l_x$	Kombinovaná standardní nejistota $u(y)$			0,23 $\mu\text{m}$

Tab. č. 4

**Rozšířená nejistota** (normální rozdělení, 95 %)

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 0,23 \approx 0,5 \mu\text{m} \quad \text{pro } k = 2,$$

což je polovina dílku.

Nejistota z opakovaných měření ( $u_A$ ) není do výpočtu zahrnuta, neboť opakovatelnost se vyhodnocuje jako chyba. Vypočtená nejistota je tedy zároveň nejlepší měřicí schopnost (BMC) pro kalibraci úchylkoměrů s tisícínovým dělením stupnice.

Při kalibraci úchylkoměrů s dělením 0,01 mm se při zachování všech okolností změní odhad dílku:

Veličina	Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě $u$
Etalonová zařízení Kalibrátor $U_k = 0,32 \mu\text{m}$ ( $k = 2$ )	$l_n$ 0,32 $\mu\text{m}$	$k = 2$	0,16 $\mu\text{m}$	1	0,16 $\mu\text{m}$
Při čtení stupnice se odhaduje pětina dílku, tj. $\pm 2 \mu\text{m}$	$l_c$ 2 $\mu\text{m}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	1,17 $\mu\text{m}$	1	1,15 $\mu\text{m}$
Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 1^\circ\text{C}$	$\Delta t$ 1 $^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,58 $^\circ\text{C}$	0,23 $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ( $\alpha \cdot L$ )	0,13 $\mu\text{m}$
Korekce v kalibrovaném bodě	$l_x$	Kombinovaná standardní nejistota $u(y)$			1,17 $\mu\text{m}$

Tab. č. 5

**Rozšířená nejistota:**

$$U = k \cdot u(y) = 2 \cdot 1,17 = 2,34 \mu\text{m} \quad \text{pro } k = 2,$$

což je přibližně čtvrtina dílku.

## 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 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).

### Změny proti předchozímu vydání z roku 2008

Tento kalibrační postup byl upraven podle normy ČSN EN ISO 463 z roku 2006 a Opravy 1 z roku 2008 a přizpůsoben vzoru kalibračního postupu ČMS.