



# 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 1.1.1/12/15

## SPECIÁLNÍ KALIBRY

(operační měřidla)

Praha

Říjen 2015

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

**Číslo úkolu:** VII/2/15

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

**Řešitel:** Česká metrologická společnost

**Zpracoval:** Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.

© 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 (dále jen KP) se vztahuje na kalibraci speciálních kalibrů (viz čl. 4), tedy kalibrů pro nenormalizované funkční rozměry nebo mezní úchyly, vyjádřené mimo soustavu tolerancí a uložení, s horní hranicí měření obvykle do 180 mm, KP může být však použit i pro kalibry do rozměru 500 mm a to pro stupně přesnosti IT6 a méně přesné. Nevztahuje se na běžné komunální mezní kalibry.

Kalibrace popsaná v tomto KP se týká jak prvotní kalibrace, resp. kontroly kvality po zhotovení nového kalibru (dále jen PK), a rekalibrace, resp. následné kalibrace během používání speciálního kalibru (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 ISO 20286-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – část 1: Základní tolerance, úchyly a uložení	[2]
ČSN EN ISO 20286-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – část 2: Tabulky normalizovaných tolerančních tříd a mezních úchylek pro díry a hřídele	[3]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky – etalony délek – koncové měrky	[4]
ČSN 25 3102	Kalibry hladké pro rozměry do 500 mm. Mezní úchyly	[5]
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality – Požadavky	[6]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[7]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[8]
PNÚ 1100.0	Československé schéma nadváznosti meradiel dĺžky (zrušeno, ale lze používat pokud není v rozporu s jiným předpisem)	[9]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot při kalibracích	[10]

## 3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

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

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

## 4 Názvosloví, definice

Speciální kalibr - kalibr pro délkové nenormalizované funkční rozměry nebo mezní úchytky, vyjádřené mimo soustavu tolerancí a uložení. Speciální kalibry mohou být provedeny jako válečkové kalibry (pro kontrolu prvků charakteru díra), třmenové kalibry (pro kontrolu prvků charakteru hřidel) a ploché měrky.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách, zejména v TNI 01 0115, ČSN 25 3102 a v publikacích pojednávajících o metrologické terminologii.

## 5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Sada koncových měrek podle ČSN EN ISO 3650 (pracovní etalon),
- číslíkový třmenový mikrometr,
- pasometr,
- teploměr s rozsahem (16 až 26) °C , hodnotou dílku stupnice 0,1 °C nebo 0,2 °C,
- vlhkoměr,
- planparalelní sklo,
- nožové pravítko,

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

Při údržbě a kontrole speciálních měřidel se používají tyto přístroje a pracovní pomůcky:

- Odmagnetovávací přístroj,
- popisovací přístroj, popř. elektrické značkovací pero,
- jemný brousek, speciální keramický brousek, např. Arkansas, jemný brusný pilník, brusné papíry apod.,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice,
- mazací a konzervační prostředky: lékárenská vazelína, jemný hodinářský olej apod.

## 6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace speciálních kalibrů se provádí v čisté místnosti, pokud možno klimatizované, s omezeným prouděním vzduchu za těchto podmínek:

Teplota prostředí	20,0 °C ± 1,0 °C,
změna teploty vzduchu za 1 h	max. 0,5 °C,
vlhkost vzduchu	max. 70 % relat.

Kalibrovaný speciální kalibr se temperuje spolu s měřicími prostředky, určenými k jeho kalibraci, a to minimálně 1 h v místnosti s referenční teplotou.

Teplota se měří před zahájením kalibrace, po jejím skončení, případně i během kalibrace. Relativní vlhkost se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení.

## 7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci speciálního kalibru se provádějí tyto zkoušky:

- Kontrola dodávky a příprava speciálních kalibrů ke kalibraci,
- příprava speciálního kalibru,
- vzhledová a funkční kontrola,
- měření metrologických parametrů speciálního kalibru.

## 8 Kontrola dodávky a příprava

### 8.1 Kontrola dodávky

Na základě požadavku útvaru, který požaduje kalibraci:

- zkontroluje se počet dodaných kalibrů a jejich evidenční čísla,
- překontroluje se označení speciálního kalibru.

### 8.2 Čištění a předběžná kontrola

- Vnější prohlídka speciálního kalibru,
  - kontrola funkčních ploch speciálního kalibru,
- Speciální kalibr, který nevyhověl při vnější prohlídce a při kontrole funkčních ploch, se vyřadí z dalších zkoušek.

Před vlastní přípravou kalibrace se kontroluje čistota měřidla a jeho funkčních částí.

### 8.3 Příprava měřidla

Pokud je speciální kalibr pouze mírně poškozen, lze jej upravit.

Úprava mírně poškozených speciálních kalibrů

- Korozi napadené nefunkční plochy se očistí jemným lapovacím papírem,
- naražené hrany funkčních ploch se upraví brouskem nebo lapovacím kamenem.

U válečkových speciálních kalibrů kromě toho

- Drobné rýhy na funkční válcové ploše se přešetří hadříkem napouštěným lapovací pastou a poté očistí lékařským benzínem.

U třmenových kalibrů a plochých měrek kromě toho

- Funkční plochy kalibru nebo měrky se zkontrolují planparalelním sklem nebo nožovým pravítkem,
- drobné nerovnosti se přešetří hadříkem napouštěným lapovací pastou a poté očistí lékařským benzínem.

## 9 Postup kalibrace

### 9.1 Měření speciálních válečkových kalibrů

Speciální kalibry ve tvaru válečkových kalibrů se měří pasametrem nebo číslicovým mikrometrem. Dobrá i zmetková strana kalibru se měří ve třech řezech válcové plochy (uprostřed, v jedné třetině válcové plochy od čela a v poslední třetině), v každém řezu ve dvou na sebe kolmých řezech (pootočení kalibru o 90 °).

Pasometr nebo číslicový mikrometr se nastaví na jmenovitý rozměr kalibru pomocí koncových měrek.

### 9.2 Měření speciálních třmenových kalibrů

Speciální kalibry ve tvaru třmenových kalibrů se měří koncovými měrkami. Měří se ve třech místech funkční plochy kalibru (uprostřed, v jedné třetině měřicí plochy od čela a v poslední třetině).

Z koncových měrek se složí příslušná kombinace a složená kombinace se zasouvá mezi měřicí plochy třmenového kalibru. Složená kombinace koncových měrek se musí snadno (bez použití abnormální síly) nasunout mezi měřicí plochy kalibru, nesmí však vlastní hmotností z kalibru vypadnout. V případě, že kombinace měrek se vsouvá s příliš velkou vůlí nebo naopak, nelze-li do kalibru vsunout, změní se tato kombinace, dokud zasunutí měrek neodpovídá požadavku.

### 9.3 Měření plochých měrek

Speciální kalibry ve tvaru plochých měrek se měří pasometrem, popř. číslicovým mikrometrem. Pasometr nebo číslicovým mikrometr se nastaví na jmenovitý rozměr kalibru pomocí koncových měrek. Dále se postupuje podle obdobných ustanovení čl. 9.2.

## 10 Vyhodnocení kalibrace

### 10.1 Vlastní vyhodnocení měření

Měření speciálního kalibru se vyhodnocuje podle jmenovitých hodnot funkčních rozměrů včetně výrobních tolerancí (dobrá strana, zmetková strana) a podle meze dovoleného opotřebením speciálního kalibru.

V případě, že některá z těchto hodnot není na výrobním výkresu speciálního kalibru uvedena, odvodí se v souladu s normou ČSN 25 3102 (viz čl. 2). Protože hodnoty dobré a zmetkové strany, jejich výrobní tolerance a meze dovoleného opotřebením jsou obvykle u speciálních kalibrů udávány číselnými hodnotami (ne stupni přesnosti IT), převede se příslušná hodnota, resp. tolerance na stupeň přesnosti s tím, že se volí hodnoty vždy podle nižšího (tj. přesnější) stupně přesnosti IT – viz příklad.

Příklad: Díra obrobku průměru 20 mm, výrobní tolerance  $T = 0,06$  mm. Pro příslušný speciální kalibr budou jeho mezní úchytky stanoveny takto: Nejblíže nižší stupeň přesnosti IT obrobku pro rozměr 20 mm a výrobní toleranci  $T = 0,06$  mm je IT9. Pro speciální válečkový kalibr budou platné tyto příslušné hodnoty:

- tolerance pro výrobu kalibru, resp. jeho válcové části  $H = 4$   $\mu\text{m}$ ,
- úchytky středu tolerančního pole pro zhotovení dobré strany kalibru na díry  $z = 5$   $\mu\text{m}$ .

Poznámka: Dovolená mez opotřebením dobré strany kalibru na díry za hranicí tolerančního pole obrobku nepřichází v úvahu ( $y = 0$   $\mu\text{m}$ .), pojistné pásmo pro vyrovnání chyb při měření kalibrů na díry nepřichází rovněž v úvahu ( $\alpha = 0$   $\mu\text{m}$ ).

Měřené hodnoty, resp. měřené úchytky od jmenovitých hodnot a hodnoty dovoleného opotřebením se zanesou do záznamu o měření, resp. kalibračního listu. Zjištěné hodnoty, zvětšené o rozšířenou nejistotu měření  $U$  se porovnají s výkresovými hodnotami, resp. dovolenými mezními úchytkami uvedenými ve výkresové dokumentaci speciálního kalibru.

## 10.2 Stanovení nejistoty měření

Nejistoty měření, prováděného podle čl. 9, se vyhodnocují v souladu s dokumentem EA 4/02 (viz čl. 2). Zde specifikujeme zdroje dílčích nejistot, které se berou v úvahu při stanovení kombinované nejistoty měření speciálního kalibru::

- Speciální kalibr, resp. jeho geometrické parametry,
- etalony použité při kalibraci speciálního kalibru,
- okolní vlivy při kalibraci, zejména teplota,
- měřicí metody použité při kalibraci,
- metrologické vlastnosti metrologa provádějícího kalibraci.

## 10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný speciální kalibr vykazuje větší úchytky, navrhne kalibrační laboratoř vlastníkovu kalibru další postup (úpravu nebo opravu kalibru, popř. jeho vyřazení).

Poznámka: Akreditovaná kalibrační laboratoř postupuje podle specifických předpisů.

# 11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list.

## 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 adresa zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného speciálního kalibru,
- e) datum přijetí speciálního kalibru 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 1.1.1/12/15),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá pro 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 měřidlo 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, popřípadě 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 jej.

**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 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	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 měření (příklad výpočtu)

Kalibruje se speciální kalibr pro kontrolu vnitřních rozměrů (díry). Kontrolovaná díra je průchozí, má hloubku  $L = 30$  mm a tolerovaný průměr  $\varnothing 20$  mm s výrobní tolerancí 0,06 mm jeho mezní úchylky jsou: +0,10 mm a +0,04 mm. Měří se pasametrem (měřicí rozsah 25 mm, hodnota dílku stupnice 1  $\mu\text{m}$ ).

Koeficient teplotní délkové roztažnosti měřené součásti, pasametru, koncových měrek a speciálního kalibru je  $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \pm 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Všechna uvedená měřidla jsou temperována, rozdíl mezi referenční teplotou a teplotou měřidla je max.  $\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Zdroje nejistot měření

1. Rozšířená nejistota při kalibraci koncových etalonových měrek

$U = (0,16 + 1,6 \cdot L) \mu\text{m}$ , kde  $L$  je délka koncové měrky v metrech (převzato z kalibračního listu koncových měrek), koeficient rozšíření  $k = 2$

2. Nejistota při kalibraci pasametru

$U = (0,8 + 1,6 \cdot L) \mu\text{m}$ , kde je  $L$  délka měřená pasametrem v metrech (převzato z kalibračního listu parametru), koeficient rozšíření  $k = 2$

3. Opakovatelnost měření speciálního kalibru pasametrem

Měření se provede opakovaně 6x. Nejistota měření stanovena odhadem ze směrodatné odchylky

$$u_A = 0,60 \mu\text{m}$$

Předpokládá se normální (Gaussovo) rozdělení.

4. Odhad zlomku dílku stupnice pasametru

Odhaduje se 1/5 dílku (v tomto případě 0,2  $\mu\text{m}$ ). Předpokládá se rovnoměrné rozdělení

$$u_{\text{Bodh}} = (0,2 \cdot 2) / (2 \cdot 3) = 0,12 \mu\text{m}.$$

Poznámka: Protože v opakovatelnosti měření je zahrnuta i nejistota odhadu nejmenšího dílku stupnice, bere se do celkového rozpočtu pouze ta složka (3. nebo 4.), která dává větší hodnoty. V tomto případě to bude opakovatelnost.

5. Teplotní chyba pasametru

Odhaduje se z maximální dovolené odchylky  $\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Předpokládá se rovnoměrné rozdělení.

$$u_{\text{BT}} = 0,066 \mu\text{m}$$

6. Vliv koeficientu teplotní délkové roztažnosti

Změny hodnoty koeficientu se uvažují z dovolených mezních hodnot  $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Předpokládá se rovnoměrné rozdělení.

$$u_{\text{BKT}} = 0,0074 \mu\text{m}$$

S ohledem na velikost ostatních složek lze tuto dílčí nejistotu zanedbat.

Příklad výpočtu z předchozích údajů (rozpočet nejistoty)

Dílčí nejistota	veličina	odhad	typ rozdělení	dílčí nejistota	koeficient citlivosti	příspěvek k nejistotě
při kalibraci koncové měrky (z kalibračního listu)	$l_E$	0,182 $\mu\text{m}$	$k = 2$ normální	0,096 $\mu\text{m}$	1	0,096 $\mu\text{m}$
při kalibraci pasometru (z kalibračního listu)		0,832 $\mu\text{m}$	$k = 2$ normální	0,416 $\mu\text{m}$	1	0,416 $\mu\text{m}$
Opakovatelnost		0,600 $\mu\text{m}$	normální	0,600 $\mu\text{m}$	1	0,600 $\mu\text{m}$
vliv teploty		0,5 °C	rovnoměrné		$L. \alpha$	0,066 $\mu\text{m}$

Kombinovaná standardní nejistota (odmocnina ze čtverců dílčích nejistot)

$$u = 0,725 \mu\text{m}$$

Rozšířená nejistota

Rozšířená nejistota je dána součinem kombinované standardní nejistoty  $u$  a koeficientu rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %.

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 0,725$$

$$U = 1,44 \mu\text{m}$$

Po zaokrouhlení

$$U = 1,5 \mu\text{m}$$

## 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.

### Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

### 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).