



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 1.2.1/07/13

ÚHLOVÉ MĚRKY

Praha
Říjen 2013

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

Číslo úkolu: VII/1/13

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. František Podlaha

© 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 je určen pro kalibraci úhlových měrek s jedním nebo více definovanými úhly dle aplikace metrologických předpisů na technické a provozní podmínky kalibrační laboratoře. Kalibrační postup je platný pro vstupní kontrolu resp. prvotní kalibraci nebo pro kalibraci v pravidelně se opakujících časových intervalech (periodách), takzvanou rekalibraci.

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[2]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[3]
Ing. Igor Brezina	Základy metrologie uhlov, Alfa Bratislava 1982	[4]
ÚNMZ, laboratórium Bratislava	Presné meranie uhlov a skúšanie úhlových meradiel	[5]
I – 11 03	Inštrukcia na skúšanie a overovanie uhlovych mierok a polygónov.Praha, VÚNM 1975, 22 s	[6]
ORGANIZAČNÍ SMĚRNICE	Metrologický předpis organizace	[7]
NÁVODY	Návody k obsluze měřících zařízení (etalonů)	[8]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Kontrola obrobků a měřícího vybavení měřením – Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřícího vybavení a při ověřování výrobku	[9]
ČSN EN ISO 10012	Systém managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřící vybavení	[10]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibraci úhlových měrek je dána příslušným předpisem organizace. Příslušní pracovníci musí být seznámeni s tímto kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se certifikace 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 ve článku č. 2.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Přístroj na měření úhlů – goniometr,
- laboratorní souřadnicový měřicí stroj (dále jen SMS),
- měřicí mikroskop,
- sinusové pravítko 200 mm s opěrkou,
- sada koncových měrek ČSN EN ISO 3650 třídy přesnosti 1,
- průměrná deska ČSN 25 5519,
- digitální úchylkoměr s číslicovým krokem 0,0005 mm (např. Mitutoyo) se stojánkem pro úchylkoměry,
- optická měrka na kontrolu rovinnosti měřicí plochy,
- dotykový tělískový teploměr,
- čisticí prostředky (lékařský benzín, utěrky, štěteček, jelenice, textilní rukavice), dle možností ultrazvuková pračka,
- lapovací papír SIA, lapovací kámen, jemný brousek (obtahovací),
- odmagnetovací přístroj.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Úhlové měrky se kalibrují ve stálých prostorách kalibrační laboratoře.

Podmínky při kalibraci v laboratorních podmínkách:

- Teplota prostředí: $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$
- Maximální relativní vlhkost: $(50 \pm 20) \%RH$, nekorozní prostředí

Teplota a relativní vlhkost musí být monitorovány.

7 Rozsah kalibrace

- Charakteristika úhlových měrek,
- vnější prohlídka úhlových měrek,
- příprava úhlových měrek ke kalibraci,
- měření metrologických parametrů,
- stanovení chyb jednotlivých metrologických parametrů,
- vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci,
- závěr kalibrace.

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Charakteristika úhlových měrek

Úhlová měrka (dále měrka), obdobně jako koncová měrka, je ztělesnění v tomto případě jednoho nebo více rovinných úhlů. Jmenovitý úhel měrky α definují měřicí plochy, které se vyznačují vysokou kvalitou povrchu. Jmenovitá hodnota úhlu β , je hodnota úhlu, který svírají normály měřicích ploch. Pak platí: $\alpha + \beta = 180^\circ = \pi$. Při kalibraci měrek se zjišťuje skutečná hodnota úhlu měrky α_s . Skutečná hodnota úhlu normál měřicích ploch je β_s . Pak platí: $\alpha_s + \beta_s = 180^\circ = \pi$. Rozdíl mezi skutečnou (naměřenou) hodnotou úhlu měrky a jmenovitou hodnotou úhlu měrky je úchylka úhlu měrky $\Delta\alpha$. Měrky jsou vyrobeny z otěruvzdorné oceli s koeficientem teplotní roztažnosti $(11,5 \pm 1) \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$. Na horní základně měrky je značka výrobce a vyznačená jmenovitá hodnota úhlu. Povrch měřicích ploch má mít vysoký zrcadlový lesk bez okem viditelných rýh. Kvalita povrchu měrek musí zaručit přilnavost, to znamená vzájemné nasátí dvou a více měrek k sobě měřicími plochami. Klasifikace stavu povrchu měřicích ploch měrek:

- Lapovaný povrch s vysokým až zrcadlovým leskem, bez okem viditelných rýh, jemných a nahodilých rýh nebo bodů, bez známek koroze. Na skle dobrá přilnavost. Hodnocení 100 %.
- Lapovaný povrch s jednotlivými viditelnými rýhami, které jsou nahodilé, netvoří shluky, nemění rovinnost a hodnotu úhlu. Na skle dobrá přilnavost. Hodnocení 75 %.
- Povrch s jednotlivými nahodilými rýhami hlubšími a slabými vytvářející menší shluky na okrajích lapovaných ploch. Shluky vytvářejí matová místa, která mohou měnit rovinnost a tím přilnavost měřicích ploch, eventuálně hodnotu úhlu. Hodnocení 50 %.
- Povrch měřicí plochy je viditelně poškozen shluky čar a rýh. Měřicí plocha na sklo nepřilne. Hodnocení 25 %.
- Celý povrch značně mechanicky poškozen, hluboké rýhy. Hodnocení 0 %.
- Koroze na měřicí ploše.

Dovolené úchylky Δ_{DOV} :

Třída přesnosti I: $\pm 3''$

Třída přesnosti II: $\pm 10''$

Třída přesnosti III: $\pm 30''$

Dovolená úchylka rovinnosti měřicích ploch je $0,3 \mu\text{m}$. V úseku do 3 mm od vrcholu úhlu je povolena úchylka rovinnosti měřicích ploch maximálně $0,6 \mu\text{m}$.

8.2 Vnější prohlídka měrek

- Kontrola inventárního čísla, výrobního čísla a příslušného označení sady úhlových měrek,
- kontrola kompletnosti sady,
- vizuální kontrola jednotlivých měrek – kontrola značení, kontrola kvality povrchu měřicích ploch (rýhy, vyvalené hrany, koroze).

8.3 Příprava měrek ke kalibraci

- Provede se očištění měrek lékařským benzínem (manuálně nebo v ultrazvukové pračce),
- v případě, že jsou měrky zmagnetované, odmagnetují se na odmagnetovacím přístroji,

- jsou-li hrany měřicích ploch od nasávání vyvalené, sraží se krouživým pohybem na lapovacím kameni, na kterém je benzín smíchaný s petrolejem nebo jemným brouskem,
- jsou-li na měrce drobné rýhy a škrábance odstraní se lapovacím papírem SIA,
- po ošetření povrchu se měrky znovu očistí lékařským benzínem a otřou se utěrkou, která nepouští textilní částice, nebo se otřou jelenicí, pokud ji máme k dispozici,
- měrky se dají temperovat na referenční teplotu $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

9 Postup kalibrace

9.1 Měření metrologických parametrů

9.1.1 Kontrola rovinnosti měřicích ploch měrek

Optická měrka na kontrolu rovinnosti se přiloží na jednu a potom na druhou měřicí plochu. Na měřicích plochách by se neměly objevit žádné interferenční proužky, maximálně jeden žluté nebo hnědé barvy. Úchylka rovinnosti se určí jako součin n počtu interferenčních proužků a jejich osové vzdálenosti $0,3 \mu\text{m}$.

9.1.2 Stanovení skutečného úhlu měrky

Skutečný úhel měrky lze stanovit bezdotykovým nebo dotekovým způsobem měření v závislosti na použití typu měřicího zařízení. Při bezdotykovém způsobu měření lze použít různá měřicí zařízení jako například goniometr, teodolit, elektronický mikroskop. Stanovení skutečného úhlu měrky s použitím goniometru:

Měření se provádí dle návodu k obsluze měřicího zařízení. Před vlastním měřením se provede justování goniometru. Na pracovní stolek se umístí měrka tak, aby měřicí plochy v prvním a poté ve druhém směru měření byly kolmé na osu autokolimátoru. Autokolimátor se zaměří na první měřicí plochu a odečte se hodnota φ_1 v prvním směru měření. Poté se měření opakuje na druhé měřicí ploše a odečte se hodnota φ_2 ve druhém směru měření. Naměřené hodnoty se zapíší do záznamu o měření. Z naměřených hodnot se stanoví skutečný úhel $\alpha_s = 180^\circ - \beta_s$; $\beta_s = \varphi_1 - \varphi_2$. Při dotykovém způsobu měření lze použít jako měřicí zařízení například SMS nebo klasický způsob kombinace: sinusové pravítko – koncové měrky – stojánek s digitálním úchylkoměrem – průměrná deska.

Stanovení skutečného úhlu měrky s použitím SMS:

Měrka se umístí na pracovní plochu stolu SMS a osadí se teplotním čidlem. Měření úhlu se provádí podle postupu daného výrobcem. Z nasnímaných hodnot měřicí software stanoví skutečný úhel α_s .

Stanovení skutečného úhlu měrky s použitím kombinace sinusové pravítko s opěrou – koncové měrky – stojánek s digitálním úchylkoměrem – průměrná deska:

Měření se provádí na kalibrované průměrné desce, na kterou se položí sinusové pravítko (dále pravítko) a to v místě, kde má deska nejmenší úchylku rovinnosti. Na pravítko se upevní měrka, které se podepře koncovou měrkou o rozměru $l = L \cdot \sin \alpha$ (mm); kde L (mm) je rozteč podpěrných válečků sinusového pravítka, α je úhel měřené měrky. Za předpokladu, že je odchylka úhlu nulová, je měřicí plocha měrky rovnoběžná s měřicí základnou. Případná úchylka rovnoběžnosti se zjistí přeměřením měřicí plochy měrky po celé její délce digitálním úchylkoměrem upnutém ve stojánku. Měření se opakuje pětkrát. Naměřené hodnoty se zapíší do záznamu o měření.

9.2 Stanovení chyb jednotlivých metrologických parametrů

Stanovení odchylky $\Delta\alpha$ jmenovitého úhlu:

Rozdíl mezi skutečnou (naměřenou) hodnotou úhlu α_s měrky a jmenovitou hodnotou úhlu α měrky je úchylka úhlu měrky $\Delta\alpha$.

$$\Delta\alpha = (\alpha_s - \alpha)''$$

Pro goniometr platí (článek 9.1.2):

$$\Delta\alpha = (180^\circ - \beta_s - \alpha)''$$

Pro kombinaci sinusové pravítka s opěrou – koncové měrky – stojánek s digitálním úchylkoměrem – průměrná deska platí:

$$\Delta\alpha = (h/l \cdot 206 \cdot 10^3)''$$

kde:

h je naměřená úchylka rovnoběžnosti na celé délce měřicí plochy měrky v mm,

l je délka měřicí plochy měrky v mm,

$206 \cdot 10^3$ koeficient převodu na vteřiny.

9.3 Vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci

Zjištěné úchylky $\Delta\alpha''$ spjaté s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci $U_{k=2}''$ se porovnají s mezními úchylkami Δ_{DOV} , které povolují třídy přesnosti uvedené v tomto kalibračním postupu. Na základě tohoto porovnání se rozhodne o shodě, která se vyjádří v kalibračním listě.

Pro vyjádření shody platí podmínka: $|\Delta\alpha|'' < \Delta_{DOV}'' - U_{k=2}''$, v opačném případě se neshoda v kalibračním listě nevyjadřuje, pouze se uvedou naměřené hodnoty.

Příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci mikrokátoru dle dokumentu EA 4/02 je uveden ve článku 14 tohoto kalibračního postupu. Předmětem kalibrace byla měrka 10° . Teplota při kalibraci se pohybovala v hodnotách $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Měrka se kalibrovala kombinací: sinusové pravítka s opěrou – koncové měrky – stojánek s digitálním úchylkoměrem – průměrná deska.

10 Vyhodnocení kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci měrek po provedení kalibrace vystaví k příslušné sadě měrek kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a označí sadu značkou laboratoře. Má-li zákazník zpracován systém značení pracovních měřidel, který musí být nedílnou součástí metrologického řádu (jako organizační směrnici např. ve vztahu k certifikaci) a vznesli požadavek, pak laboratoř provede označení sady dle jeho systému značení pracovních měřidel. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu. Kopie kalibračních listů včetně záznamů o měření laboratoř archivuje po dobu pěti roků od data uvolnění kalibračního listu. Datem uvolnění se rozumí datum podpisu kalibračního listu oprávněnou osobou. Kalibrační listy a záznamy o měření mohou být ukládány formou elektronické případně magnetické paměti.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list obsahuje 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 kalibrované sady měrek,
- e) datum přijetí sady ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.2.1/07/13),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření, nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měrky (sadu) kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede název/logo akreditačního orgánu, číslo osvědčení o akreditaci, údaje o oprávnění, na jehož základě je kalibrační list vydán, prohlášení, že kalibrační list nesmí být bez písemného schválení kalibrační laboratoře rozmnožován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, popř. vůbec nevystavován.

8.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu minimálně pět roků zároveň se záznamem o měření. Doporučuje se archivovat záznamy o měření 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.

8.3 Umístění značek

Po provedené kalibraci může kalibrační laboratoř označit sadu měrek značkou laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř umístit na sadu nebo jednotlivé měrky značku s datem příští kalibrace.

12 Péče o kalibrační postup

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

Změny, popř. revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel, změny schvaluje vedoucí zpracovatele (zpravidla vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		převzal		
výtisk číslo	obdrží útvar	jméno	podpis	datum

13.2 Úprava, schválení

Kalibrační postup	jméno	podpis	datum
upravil			
úpravu schválil			

13.3 Revize

strana	popis změny	zpracoval	schválil	datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Použité kalibrační zařízení: sinusové pravítko s opěrou 200 mm – koncové měrky – stojánek s digitálním úchylkoměrem s číslicovým krokem 0,0005 mm a přesností 0,001 mm – průměrná deska.

Monitorovací zařízení: dotykový tělískový teploměr, dělení 0,2 °C.

Předmět kalibrace: úhlová měrka s jedním úhlem 10° a délkou měřicí plochy 70 mm.

Teplota při kalibraci: 20 °C ± 1 °C.

Podíl nejistoty způsobený vlivem kolísání teploty během kalibrace se neuvažuje.

Rozměr koncové měrky: $l = (L \cdot \sin \alpha) = 200 \cdot \sin 10^\circ = 34,729 \text{ mm}$

Rovnice:

$$\alpha_s = \alpha + \Delta\alpha \pm U_{k=2}$$

kde:

α_s je skutečná hodnota úhlu ve ''

α je jmenovitá hodnota úhlu ve ''

$\Delta\alpha$ je zjištěná odchylka úhlu ve ''

$U_{k=2}$ je rozšířená nejistota měření při kalibraci ve ''.

Zdroje nejistot měření, veličina	Hodnota	Meze nejistoty měření	Typ rozdělení	Standardní nejistota	Koeficient citlivosti	Podíl nejistoty měření	
Zjištěná úchylka úhlu měřky 10°	$\Delta\alpha$	0,0''	-	-	-	-	
Mezní chyba digitálního úchylkoměru	δl_d	0	1,5 μm	Rovnoměrné $\cdot 1/\sqrt{3}$	0,87 μm = 0,00087 mm	$1/70$ $\cdot 206 \cdot 10^3$	2,6''
Úchylka středové délky koncových měrek	Δl_m	0	0,8 μm	Rovnoměrné $\cdot 1/\sqrt{3}$	0,46 μm = 0,00046 mm	$1/70$ $\cdot 206 \cdot 10^3$	1,4''
Úchylka rovinnosti sinusového pravítka-z kalibračního listu	δl_p	0	1,5 μm	$k = 2$	0,75 μm = 0,00075 mm	$1/70$ $\cdot 206 \cdot 10^3$	2,2''
Úchylka rovinnosti průměrné desky z kalibračního listu	δl_d	0	2 μm	$k = 2$	1 μm = 0,001 mm	$1/70$ $\cdot 206 \cdot 10^3$	2,9''
Kombinovaná standardní nejistota pro $k = 1$						u_x	4,7''

Poznámka: Podíl nejistoty se stanoví jako součin dílčí nejistoty a koeficientu citlivosti například $0,00087 \cdot 1/70 \cdot 206 \cdot 10^3 = 2,6''$. Koeficient citlivosti vyjadřuje přepočtení dílčí nejistoty v milimetrech vztažené na délku měřicí plochy 70 mm na podíl nejistoty ve vteřinách.

Rozšířená nejistota $U_{k=2} = k \cdot u_x$

$$U_{k=2} = \pm 2 \cdot 4,7 = \pm 9,4''$$

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 provádějící kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle předpisů (zejména MPA a EA).