



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.2.2/01/25

ÚHLOMĚR

Praha
Říjen 2025

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2025

Číslo úkolu: PRM/VII/2/25

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z. s.

Zpracoval: Ing. Richard Silovský, revize 2

© 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 úhloměřů s noniem,
- mechanických úhloměřů s číselníkovým úchytkoměrem nebo s mikrometrickým šroubem,
- optických úhloměřů se skleněnou stupnicí a odčítacím mikroskopem,
- digitálních úhloměřů.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole úhloměru), (označované jako PK), tak i pro rekalibraci během používání úhloměru (dále označované jako RK).

2. Související normy a metrologické předpisy

ČSN 99 1031:1989	Mechanické úhlooměry s noniem. Typy. Technické požadavky <i>(norma zrušená bez náhrady k 1. 3. 2023; v kalibrační praxi je nadále používána pro hodnocení úhloměřů dříve hodnocených podle této normy).</i>
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)
ČSN EN ISO 9001:2016 oprava Opr.1:2018	Systémy managementu jakosti – Požadavky
ČSN EN ISO 10012 :2003	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.
ČSN EN ISO/IEC 17025 :2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří
EA 4/02 M:2022	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě.
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony.
DIN 2270	Winkelmesser – Begriffe, Anforderungen, Prüfung (Úhlooměry – pojmy, požadavky, zkoušení)
VDI/VDE/DGQ 2618, Blatt 12	Prüfanweisung für Winkelmesser, mechanisch und optisch (Německo – metodika pro zkoušení a kalibraci úhloměřů).

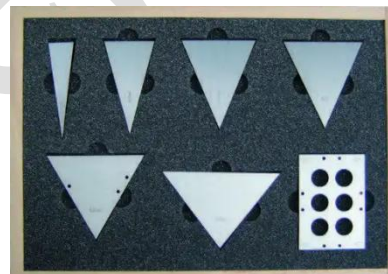
3. Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci úhloměřů je stanovena příslušnými předpisy organizace. Tito pracovníci musí být seznámeni s tímto kalibračním postupem a s navazujícími normami a předpisy.

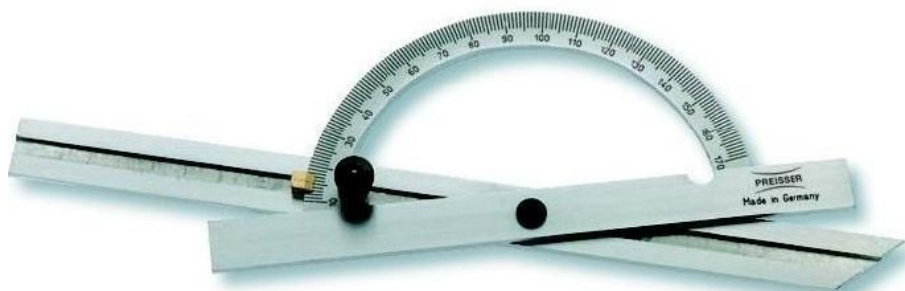
Odborná způsobilost se doporučuje doložit vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem nebo interním záznamem o zaškolení.

4. Názvosloví, definice

- **Úhломěr** – měřicí přístroj určený k měření, nastavování a orýsování rovinných úhlů.
- **Obloukový úhломěr** – základní dílenský úhломěr s rozsahem stupnice (0–180) ° a jmenovitou rozlišitelností 1°. Vlivem zabroušení hran stupnice je reálně dosažitelný odhad odečtu cca 0,5°.
- **Varianta s ryskou** – provedení s uzavřenou polokruhovou stupnicí a podélně stavitelným ramenem; odhad odečtu cca 0,25° (15').
- **Univerzální úhломěr s noniem** – přesnější dílenský úhломěr, rozsah (0–360) °, odečet na noniu s rozlišitelností 5'.
- **Úhломěr s číselníkem** – umožňuje rychlý odečet, typicky rozlišitelnost 5'.
- **Digitální úhломěr** – elektronický odečet s rozlišitelností až 1'.
- **Optický úhломěr** – provedení se skleněnou stupnicí a odčítacím mikroskopem, obvykle rozlišitelnost 5' přesnější 1'.
- **Sinusové pravítko** – pomůcka pro realizaci přesných úhlů pomocí koncových měrek.
 - Základním parametrem je **jmenovitá vzdálenost opěrných válečků L**, která slouží k výpočtu výšky H z koncových měrek ($H = L \cdot \sin \alpha$).
 - Používá se pro úhly 0–60°. Při větších úhlech narůstá tzv. **kosinová chyba**.
- **Úhlové měrky** – sady přesně broušených úhlových etalonů určených pro nastavení nebo kontrolu úhломěrů. Mohou se kombinovat pro dosažení různých úhlů. Při kombinaci hrozí tzv. **pyramidální chyba** (vzniká při nekolmosti funkčních ploch nebo stočení měrek).
- **Chyba excentricity** – vzniká, když vrchol úhlu na úhломěru neodpovídá vrcholu etalonu.
- **Chyba netotožnosti rovin** – vzniká, když roviny měření úhломěru a etalonu nejsou totožné nebo rovnoběžné.
- **Chyba měření** – rozdíl mezi indikovanou a konvenčně pravou hodnotou.
- **Nejistota měření** – parametr přidružený k výsledku měření, charakterizující rozptyl hodnot, které lze přisoudit měřené veličině.



Obloukový úhломěr s otevřenou polokruhovou stupnicí (0°÷180°), odhad čtení ½ díku 0,5° (30')



Obloukový úhloměr s ryskou je přesnější varianta obloukového úhloměru s uzavřenou polokruhovou stupnicí ($0^\circ \div 180^\circ$) a podélně nastavitelným ramenem. Odhad čtení $\frac{1}{4}$ díky $0,25^\circ$ ($15'$)

Universální úhloměry se uplatňují pro přesnější měření úhlů ve strojírenství rozsah měření $0^\circ \div 360^\circ$ v 4 kvadrantech po 90° dělení je po 1° nebo 2° a na noniusové stupnici odečítáme s rozlišitelností 5 minut. Existuje mnoho variant metody odčítání měřeného úhlu, viz doplňující obrázky.



Úhloměr s noniem rozlišitelnost $5'$



Úhloměr digitální rozlišitelnost $1'$



Úhloměr s číselníkem rozlišitelnost $5'$



Úhloměr optický s noniem rozlišení $5'$

PK – prvotní kalibrace; RK – rekalibrace

5. Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázána na vhodný etalon a musí mít platnou dobu kalibrace.

Pro kalibraci úhloměrů se používají zejména:

Etalony a základní měřidla

- Sada úhlových měrek – pracovní etalon, sekundární etalon 3. řádu,
- Sinusové pravítko 200 mm, I. stupeň přesnosti,
- Sada koncových měrek – pracovní etalon, sekundární etalon 5. řádu,
- Příměrná deska, I. stupně přesnosti.

Pomocná měřidla a přístroje

- univerzální měřicí dílenský mikroskop,
- souřadnicový měřicí stroj s nejistotou měření do $\pm 1 \mu\text{m}$,
- číselníkový úchylkoměr nebo jiný délkový snímač s hodnotou dílku 0,001 mm (1. třída přesnosti),
- pasometr s měřicím rozsahem (0 až 25) mm,
- stojánky pro upevnění úchylkoměru a pasometru,
- měřicí válec pro kontrolu kolmosti,
- přístroj pro kontrolu kolmosti úhelníků,
- nožové pravítko,
- lístkové spároměry,
- lupa se zvětšením $6\times$ až $10\times$.

Prostředky pro kontrolu podmínek prostředí

- tělískový teploměr s rozsahem (16 až 26) °C, dílek min. 0,2 °C (nebo ekvivalentní teploměr s návazností),
- prostorový vlhkoměr – pouze pro kontrolu prostředí (záznam hodnoty, bez vlivu na výpočet nejistoty).

Ostatní pomůcky

- odmagnetovací přístroj,
- brusný kámen, brusné plátno nebo brusný papír (optické provedení),
- čisticí prostředky (čistý lékárenský benzín, miska, štětec, lněná utěrka, jelenice),
- mazací a konzervační prostředky (např. lékárenská vazelína, hodinářský olej).

6. Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace úhloměrů se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$,
- Teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným úhloměrem: max. 0,5 °C,
- Relativní vlhkost vzduchu: max. 75 % RH.

Před vlastní kalibrací musí být kalibrovaný úhloměr a použité etalony umístěny na příměrné desce v laboratoři po dostatečnou dobu k teplotní stabilizaci (temperaci). Kalibrace není zahájena, dokud všechny předměty kalibrace nedosáhnou referenční teploty v požadované toleranci.

Teplota prostředí, kalibrovaného úhloměru a etalonů se měří před zahájením kalibrace, po jejím skončení a podle potřeby také v průběhu měření.

Relativní vlhkost vzduchu se změří vlhkoměrem před zahájením kalibrace za účelem prokázání splnění podmínek prostředí dle ČSN EN ISO/IEC 17025. Vliv vlhkosti na výsledek kalibrace úhloměrů je při dodržení uvedených podmínek zanedbatelný.

7. Rozsah kalibrace

- předběžná kontrola a případná úprava úhloměru (viz čl. 8),
- kontrola dodávky při vstupní kontrole (viz čl. 8.1),
- vzhledová kontrola úhloměru (viz čl. 9.2),
- funkční kontrola úhloměru (viz čl. 9.3),
- měření metrologických parametrů úhloměru (viz čl. 9.4).

8. Kontrola dodávky a příprava při kalibraci

8.1 Kontrola dodávky úhloměru předložené ke kalibraci

Před zahájením kalibrace se ověří dodávka úhloměru podle objednávky nebo dodacího listu. Každý úhloměr musí být označen evidenčním číslem a podroben vizuální kontrole. Ověří se úplnost dodávky a příslušenství, zda úhloměr není mechanicky poškozen nebo zkorodován. Úhloměr nesmí mít poškozené rameno, stupnici, nonius ani měřicí plochy. Úhloměry, které nevyhovují těmto požadavkům, se vracejí zadavateli k opravě nebo k vyřazení. Vyhovující úhloměry se zaevidují a převezmou ke kalibraci.

(PK, RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola úhloměru

Úhloměr se před kalibrací očistí lékařským benzínem a jemnou utěrkou, podle potřeby se odmagnetuje. Měřicí plochy musí být čisté, bez rýh a koroze. Ověří se čitelnost stupnic (hlavní stupnice, nonius, číselník nebo digitální displej) a plynulost pohybu nastavitelných částí. U optických úhloměrů se v případě potřeby očistí sklíčka optiky utěrkou navlhčenou benzínem.

(PK, RK)

8.3 Příprava úhloměru ke kalibraci

Pokud jsou měřicí plochy lehce znečištěné nebo poškozené, provede se jejich šetrné vyčištění a případné přeleštění jemným brusným kamenem nebo plátnem. Úhloměr se před kalibrací uloží v měřicí laboratoři společně s etalony a přípravky na dobu potřebnou k teplotní stabilizaci. Teplota úhloměru, etalonů a prostředí musí být vyrovnaná v souladu s požadavky kapitoly 6 tak, aby rozdíly teplot neovlivnily výsledek kalibrace. Obsluha zajistí, aby při manipulaci nedošlo k ohřevu měřidla.

Při recalibraci se dále ověřuje označení úhloměru evidenčním číslem porovnáním s evidenčním listem nebo jiným dokladem a kontroluje se výrobní značení, zda odpovídá deklarovaným technickým parametrům.

(Pouze RK)

9. Postup kalibrace

9.1 Kontrola dodávky při vstupní kontrole

Při prvotní kalibraci se ověří počet, typ a provedení úhloměrů a úplnost jejich příslušenství podle objednávky nebo dodacího listu.

Současně se provádějí i kroky uvedené v čl. 9.2 až 9.4

(Pouze PK)

9.2 Vzhledová kontrola úhloměru

- Stupnice (hlavní, nonius, číselník nebo digitální displej) musí být dobře čitelná; čárky a číslice se kontrolují prostým okem.
- Povrch měřicích ploch a hran ramene se kontroluje lupou; nesmí být poškozené, poškrábané ani zkorodované.
- U číselníkových úhloměrů: čárková stupnice musí být pravidelná, všechny čárky stejné šířky, ukazovatel nesmí být ohnutý a musí se pohybovat v konstantní výšce nad číselníkem.
- U optických úhloměrů: sklíčka optiky musí být čistá a bez škrábanců, stupnice ve zorném poli jasně čitelná.

(PK, RK)

9.3 Funkční kontrola úhloměru

- Chod pravítek a otáčivý pohyb částí úhloměru musí být v celém rozsahu plynulý a bez znatelné vůle.
- Funkce aretačního zařízení musí být spolehlivá (pravítko i otočné části musí držet nastavenou polohu).
- U úhloměrů s číselníkovým úchylkoměrem se přezkouší plynulost chodu úchylkoměru.
- U digitálních úhloměrů se ověří funkce displeje a reakce na pohyb ramene v celém rozsahu.

(PK, RK)

9.4 Měření metrologických parametrů úhloměru

9.4.1 Rovnoběžnost a přímost průměrných ploch úhloměrů

- Úchylka **přímosti** průměrných ploch se určuje na průměrné desce pomocí koncových měrek a číselníkového úchylkoměru s dílkem 0,001 mm. Alternativně lze použít nožové pravítko.
- Úchylka **rovnoběžnosti** průměrných ploch pravítek se zjišťuje pomocí pasometru upnutého ve stojánku; rozdíl mezi největší a nejmenší naměřenou šířkou v celé délce pravítka představuje úchylku rovnoběžnosti.

- U úhloměrů s omezeným použitím se hodnota rovnoběžnosti vztahuje na délku 200 mm.
- V případě dostupnosti lze přímost a rovnoběžnost ploch měřit také na souřadnicovém měřicím stroji (SMS), a to taktilní nebo optickou metodou podle vybavení laboratoře).

Poznámka: U výměnných nebo pomocných pravítek, kde je šířka plochy vůči délce zanedbatelná, se měření rovinnosti neprovádí.

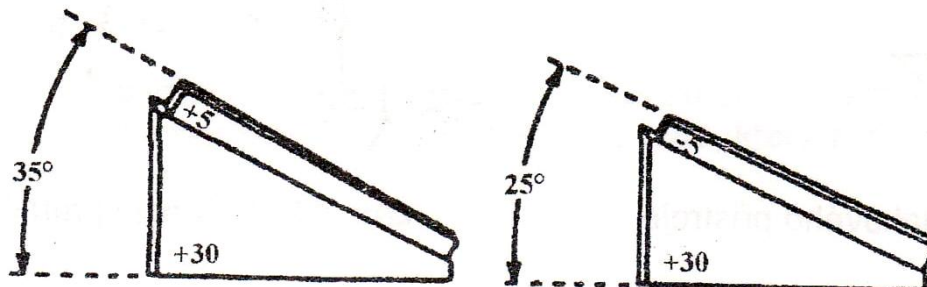
(PK, RK)

9.4.2 Kalibrace stupnice úhloměru

Kalibrace stupnice úhloměrů se provádí porovnáním indikace úhloměru s hodnotami referenčních etalonů. Základní metodou je použití sady úhlových měrek, případně sinusového pravítka s koncovými měrkami. Pro vybrané případy lze využít také souřadnicový měřicí stroj (SMS), avšak tato metoda se v běžné praxi používá jen výjimečně pro speciální účely vzhledem k její pracnosti.

Univerzální úhloměry (s noniem a lupou)

- Kalibrace se provádí pomocí sady úhlových měrek. Základní úhly 30° , 60° , 90° 120° a 150° tvoří minimální rozsah, doporučuje se použití i jemnějších měrek s minutami (např. $15^\circ 05'$, $15^\circ 10'$, $15^\circ 15'$).
- Úhly lze realizovat skládáním (sčítáním) více měrek nebo jejich otočením (odečítáním).



- Po ustavení měrky mezi ramena úhloměru se odečte hodnota na noniu a porovná se s jmenovitou hodnotou etalonu.



Kalibrace úhloměru pomocí úhlových měrek

Obloukové úhломěry (s ryskou nebo se šípkou)

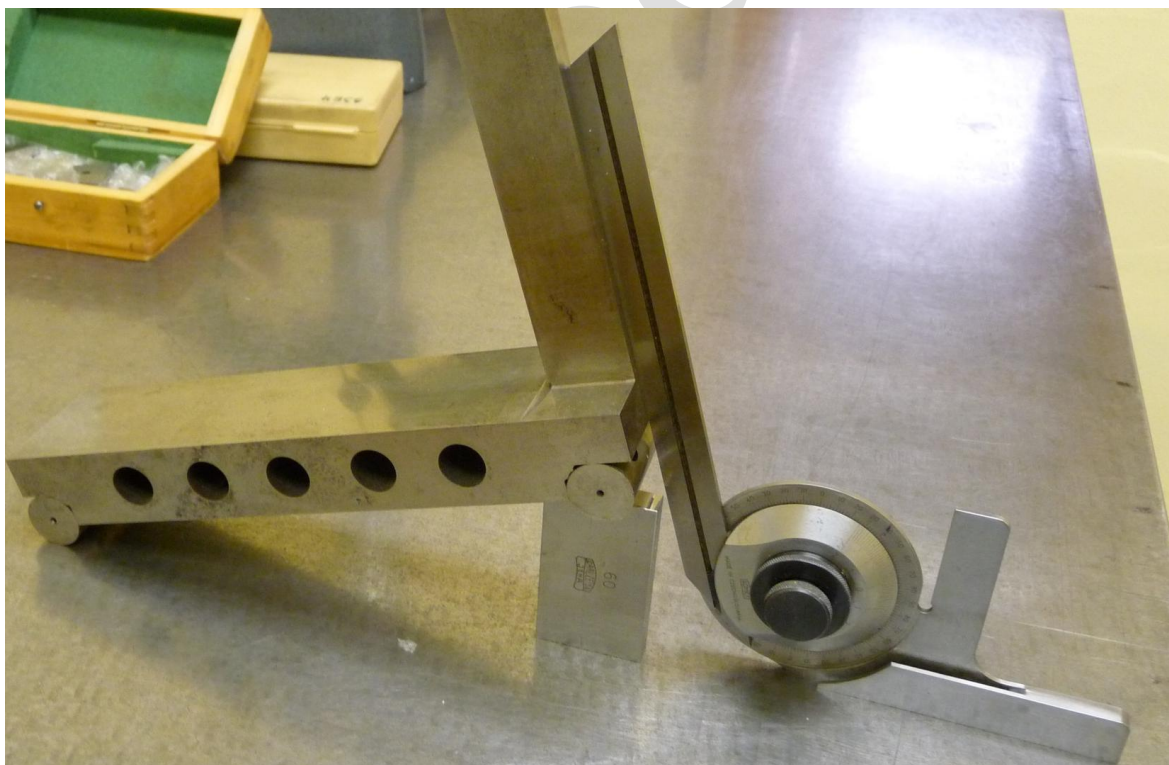
- Kalibrace se provádí obdobně pomocí úhlových měrek.
- Pokud sada měrek není k dispozici, provádí se omezená kontrola pouze v základních polohách 0° , 90° a 180° .
- Úhel 90° lze kontrolovat pomocí měřicího válce na průměrné desce, úhel 0° a 180° přímo na desce alternativně pomocí prisma.
- V případě potřeby vyšší přesnosti se využívají optické přístroje (např. univerzální měřicí mikroskop).

Alternativní metoda – sinusové pravítko

- Při nedostupnosti sady úhlových měrek lze využít sinusové pravítko 200 mm s koncovými měrkami.
- Tato metoda umožňuje plynulé nastavení libovolného úhlu v rozsahu 0° až 60° , s dostatečnou přesností.

Poznámka – kosinová chyba:

Při kalibraci úhломěrů na sinusovém pravítku se porovnává indikace měřidla s úhlem realizovaným etalonem. Vlivem geometrického uspořádání vzniká tzv. kosinová chyba, jejíž vliv roste s velikostí úhlu. Proto je metoda vhodná zejména pro úhly do 60° . Pro větší úhly se doporučuje využít jiné etalony (úhlové měrky, optické přístroje).



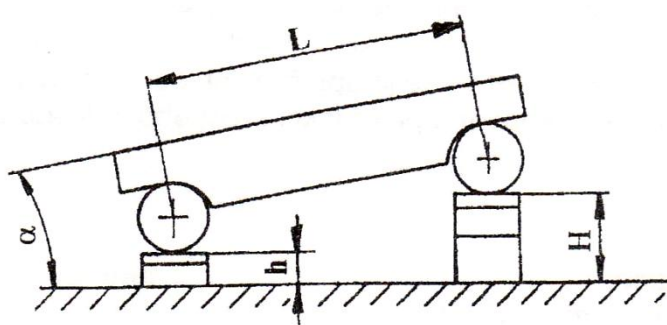
Kalibrace úhломěru pomocí sinusového pravítka

Sinusové pravítko je založené na vztahu

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

kde α je měřený úhel, H výška podložení koncovými měrkami a L jmenovitá vzdálenost os válečků pravítka.

- Při větších úhlech (nad cca 45°) už sinusová funkce postupně „zplošťuje“ změny a malé změny ve výšce H vedou k výraznějším chybám úhlu.
- Proto jsou sinusová pravítka doporučena do 60°, prakticky ideální do 45°.
- Přesnost pak klesá, protože výpočet vychází z hodnoty $\sin \alpha$, ale geometrické ustavení pravítka způsobuje, že se vnáší také vliv $\cos \alpha$.



platí: $\sin \alpha = \frac{H - h}{L}$

Shrnutí praktických variant

- **Varianta I – Úhlové měrky:** základní a doporučená metoda.
- **Varianta II – Sinusové pravítko s koncovými měrkami:** alternativa při nedostatku úhlových měrek.
- **Varianta III – SMS:** metoda výjimečná, vhodná pouze pro speciální případy vzhledem k pracnosti.

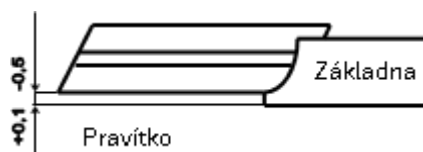
Poznámka: Při všech metodách je nutno zajistit správné ustavení ramen úhloměru, kolmost na rovinu referenčního etalonu a eliminovat chybu z netotožnosti rovin měření.

9.4.2 Chyba úhloměru v nulové poloze

Chyba úhloměru v nulové poloze – Na úhloměru se nastaví 0° a aretuje se. Úhloměr se přiloží základnou na průměrnou desku. Vzdálenost dosedacích ploch se kontroluje měrkou 0,5 mm, která nesmí pod pravítkem projít. Kladná tolerance se kontroluje obdobně měrkou 0,1 mm.

Dovolená odchylka:

- horní tolerance: +0,1 mm
- dolní tolerance: -0,5 mm



Poznámka: Hodnoty odpovídají obvyklým údajům uváděným výrobcí, protože ČSN 99 1031 chybu v nulové poloze nespecifikuje.

10. Vyhodnocení kalibrace úhломěru

10.1 Postup vyhodnocení

Naměřené hodnoty (odchylky od jmenovitých hodnot etalonů) se zapisují do záznamu o měření a následně do kalibračního listu. Každá odchylka se vyhodnocuje spolu s rozšířenou nejistotou měření U , stanovenou pro koeficient rozšíření $k = 2$ (přibližně 95% hladina spolehlivosti).

Vyhodnocení spočívá v porovnání vztahu:

$$|\Delta| + U \leq F_{\max}$$

kde:

- Δ naměřená odchylka,
- U rozšířená nejistota měření ($k = 2$),
- $F_{\max}$ největší dovolená chyba podle normy, technické dokumentace výrobce nebo požadavků zákazníka.

Pokud je podmínka splněna, je výsledek považován za **vyhovující**. Pokud není splněna, měřidlo je hodnoceno jako **nevyhovující**.

Poznámka: Pokud zákazník stanoví vlastní limity nebo kritéria shody, laboratoř provede vyhodnocení i vůči těmto kritériím.

10.2 Rozhodnutí o výsledku kalibrace

Na základě vyhodnocení výsledků laboratoř uvede v kalibračním listu:

- zda měřidlo **vyhovuje** kritériím (normovým, výrobce, uživatele),
- nebo zda měřidlo **nevyhovuje** a nelze jej dále používat pro metrologicky zajištěná měření,
- případně může být zařazeno mezi měřidla **s omezeným použitím**, pokud to vyhovuje potřebám uživatele a je to doloženo jeho interním předpisem.

10.3 Předání a reklamace

Po ukončení kalibrace se měřidlo vyčistí, v případě potřeby konzervuje a předá zákazníkovi spolu s kalibračním listem.

V případě reklamace (rozsah nebo správnost kalibrace, úplnost měřidla nebo správnost kalibračního listu) provede laboratoř analýzu stížnosti a rozhodne o nápravných opatřeních. Pokud se reklamace potvrdí, provede laboratoř novou bezplatnou kalibraci a vystaví nový kalibrační list.

10.4 Tabulky a kritéria hodnocení

Naměřené odchylky indikace úhломěru se vždy porovnávají s dovolenými chybami stanovenými:

- příslušnou normou (např. ČSN 99 1031 – pro mechanické úhломěry s noniem),

- specifikací výrobce, pokud je k dispozici,
- nebo požadavkem uživatele, je-li tento požadavek přísnější než hodnota z normy či katalogu výrobce.

Pokud žádná norma nebo výrobce konkrétní hodnotu nestanoví, používají se jako orientační limity obecně přijímané hodnoty, vycházející z tradiční praxe kalibračních laboratorů a technických katalogů. Tyto hodnoty umožňují jednotné hodnocení a zároveň zajišťují srovnatelnost výsledků.

A) Chyba v nulové poloze

V nulové poloze (0°) se úhломěr přiloží základnou na průměrnou desku a zkouší se průchodnost měrek:

- měrka 0,5 mm nesmí pod pravítkem projít ($-0,5$ mm),
- měrka 0,1 mm musí projít ($+0,1$ mm).

Tento postup je běžně doporučován výrobcí, protože norma ČSN 99 1031 hodnotu pro nulovou polohu nestanovuje.

B) Chyba dělení stupnice

Správnost dělení stupnice se kontroluje pomocí úhlových měrek, sinusového pravítka nebo vhodných optických přístrojů. Orientačně se používají tyto dovolené hodnoty:

- úhloměry s noniem ... ± 1 dílek nonia,
- obloukové úhloměry s ryskou ... $\pm 30'$,
- obloukové úhloměry se šípkou ... $\pm 1^\circ$.

C) Rovnoběžnost měřicích ploch

Rovnoběžnost měřicích ploch pravítek se kontroluje na délkoměru nebo pasametrem, případně na souřadnicovém měřicím stroji. Dovolené úchytky rovnoběžnosti (podle délky ramene):

Délka ramene [mm]	Max. úchylka [μm]
do 150	8
150–200	10
200–315	12

Poznámky k použití

- Úchytky přímosti a rovnoběžnosti se obvykle nevztahují na krajní pásma měřicích ploch (cca 1 mm na délce do 150 mm a 1,5 mm u delších ramen).
- Pokud úhломěr nevyhoví předepsaným mezím, může být přerazen mezi měřidla s omezeným použitím. Tyto limity stanovuje uživatelská organizace ve svém metrologickém řádu.
- Při vyhodnocení výsledků se vždy uvažuje i rozšířená nejistota měření U ($k=2$), viz kapitola 10.1.

11. Kalibrační list, označení úhломěr – dle typu

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat minimálně následující 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 úhломěru,
- e) datum přijetí měřicí úhломěru 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 1.2.2/01/25).
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) pracovní etalony použité při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (pracovní 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 lupu kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka který schválil kalibrační list, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je také prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a že kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý (viz EA-4/02 M:2022)

Pokud největší naměřená chyba včetně rozšířené nejistoty měření je v absolutní hodnotě menší než dovolená chyba stanovená výrobcem nebo zákazníkem, lze v kalibračním listu uvést shodu s tímto požadavkem. Tento výrok o shodě musí být formulován v souladu s **ILAC G8:09/2019** a musí obsahovat odkaz na použitá rozhodovací pravidla (decision rules).

A, Výrok o shodě:

Naměřené hodnoty vyhovují specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě **byla zohledněna nejistota měření** při kalibraci uvedená v tomto kalibračním listu s pravděpodobností pokrytí 95 % ($k = 2$). Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019, kap. **4.2.2** (binární výrok s ochranným pásmem; $w = 1U$).

B, Výrok o shodě:

Naměřené hodnoty **vyhovují** specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě, **nebyla brána v úvahu nejistota měření** při kalibraci, která je uvedena v kalibračním listu. Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019 kap. **4.2.1** (binární výrok jednoduchého přijetí; $w = 0$).

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 uloženy v elektronické podobě. V takovém případě je nutné, aby laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a tento záznam archivovala po stanovenou dobu.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předává zadavateli kalibrace. Kalibrační laboratoř si ponechá kopii kalibračního listu a archivuje ji spolu se záznamem o měření po dobu minimálně 5 let, pokud není legislativou, požadavky zákazníka nebo vnitřním předpisem stanovena doba delší (např. v leteckém či jaderném průmyslu po dobu životnosti zařízení).

Archivace se provádí chronologicky v listinné nebo elektronické podobě tak, aby byla zajištěna čitelnost, dohledatelnost a ochrana proti ztrátě či neoprávněným zásahům. Výsledky kalibrace mohou být rovněž zaneseny do kalibrační karty měřidla nebo do vhodného elektronického systému evidence měřidel.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrovanou měрку 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 přidělena příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popřípadě 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

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, schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14. Stanovení nejistoty při kalibraci úhломěru

Výsledná nejistota kalibrace úhломěrů je stanovena kombinací nejistot jednotlivých vlivů. Dominantním zdrojem je odečet na stupnici úhломěru, ostatní vlivy mají menší význam.

Příklad výpočtu – mechanický úhломěr s nonickou diferencí 5', kontrola na úhlu 45° 30' pomocí sestavy etalonových úhlových měrek:

Nejistota měření při kalibraci úhломěrů je stanovena kombinací dílčích nejistot, které vyplývají z vlastností etalonů, podmínek měření a samotného měřidla. Postup hodnocení je v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2022 a ILAC-G8:09/2019.

Hlavní zdroje nejistot

- **Etalony** – kalibrované úhlové měrky, případně sinusové pravítko s koncovými měrkami. Do nejistoty vstupují chyby etalonu uvedené v jeho kalibračním listu.
- **Ustavení úhломěru** – chyba z netotožnosti rovin měření (nekolmosti ramen úhломěru na rovinu měrek nebo sinusového pravítka).
- **Odečet na stupnici** – dominantní příspěvek zejména u noniových a číselníkových úhломěrů.
- **Přímota a rovnoběžnost ramen** – geometrické odchylky, které se promítají do výsledku měření.
- **Opakovatelnost měření** – rozptyl opakovaných indikací při stejném ustavení.
- **Vliv prostředí** – teplota a vlhkost při dodržení podmínek kalibrace (20 ± 2 °C, ΔT mezi etalonem a měřidlem ≤ 1 °C, vlhkost ≤ 75 % RH) mají zanedbatelný vliv a nejsou zahrnuty do rozpočtu.

Kombinovaná standardní nejistota:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{q=1}^m u_q^2(y)}$$

Rozšířená nejistota kalibrace ($k=2$, $P \approx 95$ %):

$$U = k \cdot u_c(y)$$

Příklad rozpočtu nejistoty pro mechanický úhloměr s nonickou diferencí 5', kalibrace na úhlu 45° 30' pomocí sady etalonových úhlových měrek.

Zdroj nejistoty	Hodnota	Rozdělení	Dílčí nejistota u (k=1)	Koeficient citlivosti	Příspěvek
Etalon – úhlové měrky (U k=2 = ±2,8'')	±2,8''	normální	1,4'' ≈ 0,05'	1	0,05'
Ustavení – netotožnost rovin	±1'	rovnoměrné	0,58'	1	0,58'
Odečet na noniu (½ dílku = ±2,5')	±2,5'	rovnoměrné	1,44'	1	1,44'
Opakovatelnost indikací	±0,5'	rovnoměrné	0,29'	1	0,29'
Přímot ramen (2 μm/200 mm ≈ 2'')	±2''	rovnoměrné	1,16'' ≈ 0,02'	1	0,02'
Nejistota kalibrace úhloměru		Kombinovaná standardní nejistota u pro k = 1			1,6'
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro k = 2			3,2'

Výsledná rozšířená nejistota při kalibraci běžnými laboratorními metodami (úhlové měrky, případně sinusové pravítko) se pohybuje přibližně v intervalu $U(k=2) \approx \pm 3-4'$.

Tato hodnota odpovídá praktické realitě v akreditovaných laboratořích, kde je největším zdrojem nejistoty **subjektivní odečet na noniu** a částečně i geometrické ustavení úhloměru na etalonu. Přesnost etalonových měrek je vůči tomuto vlivu zanedbatelná.

Jinými slovy – i když jsou etalony velmi přesné (chyba jen několik úhlových vteřin), lidský faktor při odečtu a opakovaném ustavení způsobí, že nejistota kalibrace je v praxi řádově v minutách. Proto je **běžná nejistota kalibrace noniových úhloměrů udávána do 4'**, a tato hodnota plně vyhovuje jak běžným výrobním požadavkům, tak i požadavkům norem (např. ČSN 99 1031)

Příklad rozpočtu nejistoty pro obloukový úhloměr s ryskou (dílek 1°), kalibrace na úhlu 45° 30' pomocí sady etalonových úhlových měrek.

Zdroj nejistoty	Hodnota	Rozdělení	Dílčí nejistota u (k=1)	Koeficient citlivosti	Příspěvek
Etalon – úhlové měrky (U _{k=2} = ±2,8'')	±2,8''	normální	0,05'	1	0,05'
Ustavení	±5'	rovnoměrné	2,9'	1	2,9'
Odečet na rysce (1/6° ≈ ±10')	±10'	rovnoměrné	5,8'	1	5,8'
Opakovatelnost	±3'	rovnoměrné	1,8'	1	1,8'
Nejistota kalibrace úhloměru	Kombinovaná standardní nejistota u pro k = 1			7,4'	
	Rozšířená nejistota kalibrace U pro k = 2			14,8'	

Rozšířená nejistota (k=2, P≈95 %):

$$U=2 \cdot 7,4' = 14,8 \approx \pm 15'$$

Obloukové úhломěry s ryskou (dílek 1°) odhad 1/6 dílku Zde dominuje odečítací chyba na hrubé stupnici. Kalibrace se provádí zpravidla jen v základních úhlech (0°, 90°, 180°), ostatní dělení je spíše orientační.

Výsledná rozšířená nejistota se pohybuje okolo $U(k=2) \approx \pm 10\text{--}15'$, což odpovídá zhruba 1/6 dílku stupnice. Tyto hodnoty jsou pro účely běžného dílenského použití zcela dostatečné.

15. Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.7.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Tento kalibrační postup byl zpracován a posouzen v rámci úkolu rozvoje metrologie, řešeném pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod číslem PRM VII/2/25. Vzhledem k tomu nesmí být rozmnožován ani předáván jiným organizacím bez souhlasu České metrologické společnosti.

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).