



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 6.1.2/01/13

MECHANICKÉ STOPKY

Praha
Říjen 2013

Revize tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2013

Číslo úkolu: VII/2/13

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 mechanických stopek dle aplikace interních metrologických předpisů na technické a provozní podmínky kalibrační laboratoře. Kalibrační postup je platný pro vstupní neboli prvotní kalibraci nebo pro kalibraci v pravidelně se opakujících časových intervalech (periodách), takzvanou rekalicací.

2 Související normy a metrologická dokumentace

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]
Časopis METROLOGIE, 2/2013 ROČNÍK 22, strana 13	Kalibrace zařízení pro měření času nejjednoduššími prostředky Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.	[4]
ORGANIZAČNÍ SMĚRNICE	Metrologický předpis organizace	[5]
ČSN EN ISO 14253-2	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	[6]
ČSN EN ISO 10012	Systém managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[7]

3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibrace mechanických stopek je dána příslušným předpisem organizace. Příslušní pracovníci musí být seznámeni s tímto kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení 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 v článku 2.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Referenční (etalonové) stopky s rozlišením 0,01 s,
- čisticí prostředky (lékařský benzín, utěrky),

- lupa, pinzeta, malé šroubováčky (hodinářské),
- pracovní stůl.

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

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace stopek se provádí ve stálých klimatizovaných prostorách kalibrační laboratoře.

Podmínky při kalibraci v laboratorních podmínkách:

- Teplota prostředí: $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- Maximální relativní vlhkost: $(50 \pm 20) \%RH$, nekorozní prostředí
- Teplota a vlhkost jsou monitorovány.

7 Rozsah kalibrace

- Vnější prohlídka mechanických stopek,
- příprava stopek 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 Vnější prohlídka mechanických stopek

- Vizuální kontrola celkového stavu stopek, zejména kontrola možného mechanického poškození (např. prasklé sklo, poškození ukazovatele, deformace pouzdra, nefunkční spouštěcí mechanismus, atd.),
- kontrola inventárního čísla, výrobního čísla a příslušného označení stopek výrobcem,
- kontrola upevnění hodinového strojku v držáku (pouzdrě) stopek, musí být bez vůle,
- musí být zaručená čitelnost stupnice (průhledné sklo, dílky a číslice na stupnici viditelné a čitelné),
- ukazovatele se nesmějí v celé ploše dotýkat stupnice nebo skla.

8.2 Příprava mechanických stopek ke kalibraci

- Stopky se očistí lékařským benzinem,
- stopky se opatrně natáhnou úplně na doraz,
- provede se kontrola správnosti stavu funkce mechanismu stavu stopek několika násobným spuštěním, zastavením a vrácením do nulové polohy,

- při vynulování stopek nesmí mít sekundový ukazovatel od nulové polohy větší úchytku než jeden dílek,
- kontrola minutového a sekundového ukazovatele udávající-li při chodu stopek totožné údaje.

9 Postup kalibrace

9.1 Měření metrologických parametrů

9.1.1 Příčiny ovlivňující průběh a výsledek kalibrace

Reakční čas: Při kalibraci se současně spouštějí a vypínají referenční a kalibrované stopky. Toto lze provést obouřučně nebo spouštěcím přípravkem. Obouřuční spouštění a vypínání znamená, že pracovník má v jedné ruce referenční stopky a ve druhé kalibrované, které s dovedností a při maximální koncentraci současně spustí a po změření předem určeného časového intervalu vypne. Provedený úkon vyvolá reakční čas, který je u pracovníků rozdílný. Závisí na různých faktorech jako například na dovednosti, věku, zdravotním stavu (užívání léků), únavě a tak dále. Reakční čas u zkušeného zacyvičeného pracovníka bývá zpravidla 0,25 s, u nezacyvičeného až 0,5 s, proto je nutné, brát reakční jako vstupní veličinu pro příspěvek k nejistotě.

Spouštění: Jak už bylo zmíněno, při kalibraci se současně spouštějí a vypínají referenční a kalibrované stopky. Tento úkon je příčinou vzniku nejistoty vlivem spouštění. Po vypnutí se porovná $\Delta t/T$, kde Δt je rozdíl hodnoty odečtené na kalibrovaných stopkách a hodnoty odečtené na referenčních stopkách, T je měřený časový interval.

Příklad: $\Delta t = 0,1$ s; $T = 1$ h, pak je nejistota vlivem spouštění $0,1 \text{ s} / 3600 \text{ s} \approx 2,8 \cdot 10^{-5}$ (0,002 8 %).

Přesnost měření času: Je ovlivněna nedekadickou časovou stupnicí stopek, jak uvádí tabulce č. 1.

Tabulka č. 1:

Nejistota 1 s	Za interval	Poměrné vyjádření	Nejistota absolutně	Nejistota v %
1	1 minuta	1/60	$1,7 \times 10^{-2}$	1,7
1	1 hodina	1/3600	$2,8 \times 10^{-4}$	0,028
1	1 den	1/864 00	$1,2 \times 10^{-5}$	0,0012
1	1 týden	1/604 800	$1,65 \times 10^{-6}$	0,000 17

Z tabulky vyplývá vliv délky intervalu měření stopek na velikost nejistoty. Umožní-li různé okolnosti (dodržení termínu kalibrace, kapacita laboratoře, atd.) měření stopek co nejdelší interval, tím je nejistota menší.

9.1.2 Metody kalibrace

- Metoda přímého porovnání s etalonovými hodinami
- Metoda porovnání s referenčními (etalonovými) stopkami

- Metoda přímého porovnání s etalonovými hodinami

Tato metoda je nejjednodušší s minimálními náklady a nároky na etalony. Oproti tomu její nevýhodou je největší nejistota. Zkoušené stopky se porovnávají s etalonovým signálem, jehož zdrojem mohou být kalibrované přesnější stopky, hodiny navázané na DCF, signál šířený po internetu nebo hodiny odvozené z přijímačů GPS.

Nejistoty pro reakční dobu pracovníka 0,3 s uvádí tabulka č. 2.

Tabulka č. 2:

Hodiny	Minuty	Sekundy	Nejistota v %
		10	3
	1	60	0,5
	10	600	0,05
	30	1 800	0,005 6
1	60	3 600	0,001 67
2	120	7 200	0,004 2
6	360	21 600	0,001 4
12	720	43 200	0,000 69
24	1 440	86 400	0,000 35

b) Metoda porovnání s referenčními (etalonovými) stopkami

Při kalibraci stopek se měří příslušný časový interval současně referenčními a kalibrovanými stopkami. Spouštění stopek se provádí obouručně (článek 7.3.1) tak, že spouštěcí tlačítko referenčních stopek se stlačí současně se spouštěcím tlačítkem kalibrovaných stopek. Další možný způsob spouštění je, že se spouštění provádí na pracovním stole v horizontální poloze referenčních a kalibrovaných stopek a to tak, že se mezi obě spouštěcí tlačítka vloží obyčejná guma na gumování písma, nastaví se proti sobě a rychle stlačí. Pro spouštění je vhodné použít přípravek na spouštění. Nedůsledné a nepřesné spuštění způsobí časovou prodlevu, která ovlivní přesnost měření. Zastavení stopek se provádí shodným způsobem. Kalibrace se provádí v horizontální a vertikální poloze. Pro intervaly nad 60 sekund se provádí tři měření v horizontální poloze na pracovním stole. Pro intervaly 60 sekund a menší se provádí pět měření v ruce pokud možno ve vertikální poloze. Po vlastní kalibraci se stopky nechají dojít až do samovolného zastavení. Naměřené hodnoty se zapisují do záznamu o měření.

Tabulka č. 3 – Časové intervaly a počet měření při kalibraci

Sekundová stupnice	30 s	30 s	60 s	60 s	1/100 min	Počet měření
Minutová stupnice	15 min	30 min	30 min	60 min	30 min	
Měřený interval	15 s	15 s	-	-	-	5 x
	30 s	30 s	30 s	30 s	30 s	
	60 s	60 s	60 s	60 s	60 s	
	5 min	15 min	15 min	15 min	15 min	3 x
	15 min	30 min	30 min	30 min	30 min	
	-	-	-	60 min	-	

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Stanovení chyb (úchylek) jednotlivých metrologických parametrů

Úchylka kalibrovaných stopek se určí ze střední hodnoty, která se vypočte z naměřených hodnot pro každý měřený časový interval a její korekci. Stanovení chyb je obsahem záznamu o měření.

10.2 Vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci

Zjištěná úchylka u (s) spjatá s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci $U_{k=2}$ (s) se uvede v kalibračním listě. Na základě zjištěných úchylek a vyjádřené nejistoty měření při kalibraci si rozhodne o dalším používání stopek zadavatel, protože na stopky neexistuje metrologický předpis. Příklad stanovení rozšířené nejistoty měření U při kalibraci dle dokumentu EA 4/02 je uveden ve článku 14 tohoto kalibračního postupu. Předmětem kalibrace byly mechanické stopky dělení 0,2 s.

10.3 Závěr kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci stopek po jejím provedení vystaví k příslušným stopkám kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a označí stopky značkou laboratoře. Má-li zákazník zpracován systém značení pracovních měřidel, který musí být nedílnou součástí metrologického řádu a vznesli požadavek, pak laboratoř provede označení stopek dle jeho systému značení pracovních měřidel. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu.

11 Kalibrační list

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 kalibrovaných stopek,
- datum přijetí stopek ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 6.1.2/01/13),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření, nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který stopky 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.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu minimálně pěti let 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 kalibrační laboratoř označí kalibrované stopky značkou laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř umístit na stopky 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. 10.1 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			

10.3 Revize

strana	popis změny	zpracoval	schválil	datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)**Stanovení rozšířené nejistoty měření při kalibraci mechanických stopek**

Předmět kalibrace: mechanické stopky, dělení 0,2 s

Kalibrovaný časový interval: 60 s

Použité kalibrační zařízení: referenční stopky, dělení stupnice (rozlišení) 0,01 s.

Tabulka č. 4

Zdroj nejistoty Veličina	Meze nejistoty měření	Typ rozdělení	Standardní nejistota mě- ření	Koeficient citlivosti	Podíl nejistoty
Naměřený rozdíl časových interva- lů.	-	Nejistota typu A z opakovaných měření	-	-	Viz. tab. č. 2
Kalibrace refe- renčních stopek - z kalibračního listu	0,03 s	Normální $k = 2$	0,015 s	1	0,015 s
Rozlišení refe- renčních stopek	0,01 s	Rovnoměrné $*1/\sqrt{3}$	0,0058 s	1	0,0058 s
Přesnost referenč- ních stopek	0,01 s	Rovnoměrné $*1/\sqrt{3}$	0,0058 s	1	0,0058 s
Rozlišení kalibro- vaných stopek	0,2 s	Rovnoměrné $*1/\sqrt{3}$	0,12 s	1	0,12 s
Reakční čas pra- covníka	0,25 s	Rovnoměrné $*1/\sqrt{3}$	0,14 s	1	0,14 s
Kombinovaná standardní nejistota pro $k = 1$ u_x					0,185 s

Tabulka č. 5

Měřený časový interval s	Počet měření n					\bar{x} s	s s	u_A s
	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s			
60	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	0,040	0,089	0,04

\bar{x} - střední hodnota vyhodnocená z pěti měření

s - směrodatná odchylka, vyhodnotí se pomocí kalkulátoru nebo softwarem Microsoft Excel

u_A - nejistota typu A

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,089}{\sqrt{5}} = 0,04 \text{ s}$$

n - počet měření

Kombinovaná standardní nejistota:

$$u(y) = \sqrt{u_A^2 + u_x^2} = \sqrt{0,04^2 + 0,185^2} = 0,189 \text{ s}$$

Rozšířená nejistota:

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

Rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$ což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95 %.

$$U = 2 \cdot 0,189 = 0,3785 \approx 0,38 \text{ s}$$

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