



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 3.1.3/03/13

SKLENĚNÉ TEPLoměRY PRO VISKOZIMETRII

Praha
Říjen 2013

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

Číslo úkolu: VII/2/13

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Revize: 2013

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Kalibrační postup platí pro skleněné laboratorní teploměry, zařazené do kategorie pracovních měřidel v rozsahu používaném při měření viskozity olejů.

2 Související normy a metrologické předpisy

Vyhláška č. 264/2000 Sb.	o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a o jejich označování v platném znění	[1]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[2]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[3]
ČSN 25 8005	Názvosloví v oboru měření teploty	[4]
ČSN 25 8010	Směrnice pro měření teplot v průmyslu	[5]
ČSN 25 8102	Skleněné teploměry. Společná ustanovení	[6]
ČSN 25 8130	Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry tyčinkové	[7]
ČSN 25 8131	Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry obalové	[8]
ČSN 25 8132	Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry destilační	[9]
ČSN 25 8134	Skleněné teploměry. Laboratorní teploměry s jemným dělením	[10]
ČSN 25 8138	Skleněné teploměry. Sedmičlenná sada laboratorních teploměrů s celkovým měřicím rozsahem $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $360\text{ }^{\circ}\text{C}$ s kontrolními nulovými body	[11]
ČSN 99 3141	Technické skleněné obalové teploměry pre teploty - $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ Metódy skúšania.	[12]
EA 4/02	Vyjadřování nejistoty měření při kalibracích	[13]
TPM 0051-93	Stanovenie neistôt pri meraniach	[14]
ČSN P ENV 13005	13005 Pokyn pro vyjádření nejistoty měření	[15]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[16]
EA 4/07 M	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony	[17]

Starší materiály, které byly použity při tvorbě tohoto kalibračního postupu:

ČSN 25 8146	Skleněné teploměry. Teploměry pro stanovení viskozity podle Englera (neplatná norma)	[18]
ČSN 25 8151	Skleněné teploměry. Teploměry pro stanovení kinematické viskozity olejů (neplatná norma)	[19]
I – 32 16	Inštrukcia pre úradné overovanie sklenených teplomerov	[20]
PNÚ 3201.1	Sklenené teploměry. Sekundárne etalóny. Technické požiadavky	[21]

3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibrace předmětných teploměrů je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s 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

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii. Odborné termíny v tomto postupu použité jsou uvedeny hlavně v ČSN 25 8102 a ČSN 25 8005.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

5.1 Platinový odporový teploměr – sekundární etalon 2. řádu s příslušnou vyhodnocovací indikační jednotkou, odpovídající digitální teploměr nebo sada skleněných etalonových teploměrů pro měřicí rozsah alespoň 0 °C až 100 °C s dělením 0,02 °C nebo lepším.

5.2 Termostat s náplní vody nebo oleje, umožňující plný ponor zkoušených teploměrů se stabilní a homogenní zkušební teplotní zónou.

5.3 Termostat, umožňující realizaci 0 °C.

5.4 Lupa nebo jiné optické zařízení s dvojnásobným nebo větším zvětšením.

5.5 Stojany na teploměry.

Poznámka:

- etalony, uvedené v článku 5.1 musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci,
- vlastnosti použitých lázní (homogenita, stabilita) musí být známy (údaj výrobce, proměření).

6 Obecné podmínky kalibrace

- Teploměry se umístí aspoň na 24 hodin do stojánku tak, aby byly ve svislé poloze při teplotě $(20 \pm 5) \text{ °C}$ a teploměrná nádobka visela volně ve vzduchu,
- potom se kalibrují v kapalinových termostatech při plném ponoru: teploměr je ponořen až po čtený údaj nebo více,

- teplota v laboratoři má být $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ nebo $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$,
- relativní vlhkost vzduchu má být do 75 %RH.

7 Rozsah kalibrace

7.1 Vnější prohlídka teploměru (viz čl. 9.1)

7.2 Kontrola konstrukce teploměru (viz čl. 9.2)

7.3 Zkouška stálosti teploměru. Provádí se jen při prvotní kalibraci teploměru (viz čl. 9.3)

7.4 Zkouška správnosti teploměru (viz čl. 9.4)

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Přejímka

Při převzetí skleněných teploměrů se zjišťuje zejména neporušenost skleněných částí a celkový stav s ohledem na jejich způsobilost pro další používání a s ohledem na splnění podmínek při zkoušení a následné kalibraci stanovených tímto kalibračním postupem. Teploměry, které nevyhoví podmínkám, uvedeným v tomto kalibračním postupu, se ke kalibraci nepřijmou.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

měřidla se kalibrují vždy v čistém stavu, čištění je prováděno neagresivními rozpouštědly. Předběžná kontrola viz článek 9.1.

8.3 Příprava měřidla

viz článek 9.2.

9 Postup kalibrace

9.1 Vnější prohlídka teploměru

Teploměr nevyhovuje v těchto případech:

- a) obalová trubice teploměru je poškozená – prasklá, poškrábaná, poleptaná a není možné číst údaje teploměru,
- b) teploměrná kapalina se trhá nebo zanechává nečisté stopy či kapky na stěnách kapiláry, zejména při dlouhodobém používání teploměru na stejné teplotě,
- c) stupnicová destička je uvolněná (pohybuje se),
- d) kapilára je uvolněná (volný drátek) a její pohyb je větší, než čtvrtina šířky stupnice,

Na zadní straně teploměru se kontrolují tyto údaje:

- a) výrobce,
- b) rok výroby,
- c) informace o hloubce ponoru,
- d) označení jednotky „°C“

9.2 Kontrola konstrukce teploměru

Při této kontrole se zjišťuje, zda teploměr vyhovuje příslušné normě, podle níž byl vyroben. Kontroluje se provedení a tvar teploměrové nádoby, napojení, vedení kapiláry, její vzdálenost od stupnicové destičky (u obalového teploměru), měřicí rozsah a dělení. Dále se kontroluje vzdálenost dílků, která musí být větší než 0,4 mm. Pokud na teploměru určeném ke kalibraci není uvedena příslušná rozměrová norma a nelze-li k němu nějakou přiřadit (teploměr zahraničního původu), platí požadavky ČSN 25 8102. Teploměr, který nevyhověl při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek. Teploměry vyrobené podle zrušené normy ČSN 25 8146, mají požadavky uvedeny přímo v této normě (velikost dílku i maximální dovolenou chybu).

Poznámka: Jak je uvedeno v Dodatku na straně 11 až 14, od 1. 7. 1967 do 1. 2. 2002 platily tři normy ČSN 25 8151, podle nichž se vyráběly teploměry pro stanovení kinematické viskozity olejů.

9.3 Zkouška stálosti teploměru (provádí se jen při prvotní kalibraci teploměru)

Časová stabilita údajů teploměru se obvykle projeví na stálosti jeho nulového bodu. Při této zkoušce se teploměr očištěný v destilované vodě ponoří do směsi ledu a vody tak, aby jeho nulový bod byl asi 5 mm pod povrchem lázně. Čtvrt hodiny po zasunutí teploměru se opět odstraní přebytečná voda a přistoupí se ke čtení. Údaje se čtou až po jejich ustálení (za 15 minut). Při čtení se teploměr povytáhne jen tak, aby bylo možné číst údaj nulového bodu. Pokud hodnoty nejsou stále, ale stoupají či klesají, je nutné čtení opakovat znovu po deseti minutách. Údaj teploměru s nesmáčivou náplní (rtuť) se čte v nejvyšším bodě vypuklého menisku. Údaj teploměru se smáčivou náplní (líh, toluen, pentan) se čte v nejnižším bodě vydutého menisku. Po kontrole nulového bodu se teploměr otře do sucha. Termostat, jehož pracovní medium (voda nebo olej), vyhřejeme na maximální číselnou hodnotu teploty vyznačenou na stupnici teploměru. Teploměr se pomalu nahřeje nad hladinou kapaliny s využitím stupnice teploměru ke kontrole nahřívání. Potom se ponechá v termostatu po dobu tří hodin. Následuje jeho pomalé ochlazení na vzduchu na teplotu laboratoře. Pak se vloží do termostatu pro realizaci 0 °C a kontroluje se nulový bod. Změna údaje teploměru v nulovém bodě nesmí být větší než polovina hodnoty nejmenšího dílku stupnice zkoušeného teploměru a k naměřené hodnotě je nutné přihlídnout při stanovení nejistoty. Při zkoušce většího počtu teploměru stejného typu z jedné výrobní šarže se kontrola stálosti nulového bodu provádí jen u 10 % kusů z celkového množství předloženého ke kalibraci. Pokud této zkoušce nevyhoví jediný teploměr, je nutné zkoušku stálosti provést u všech předložených teploměru a vyřadit ty, které nevyhověly. Stálost teploměru, které nemají nulový bod, se zjistí při nejnižší teplotě vyznačené na stupnici.

9.4 Zkouška správnosti teploměru

Správnost zkoušeného teploměru se zjišťuje porovnávací metodou s etalonem v kapalinových termostatech. Pokud je etalonem skleněný teploměr, pak hodnota dílku použitého etalonu musí být menší, nejvýše však rovna hodnotě dělení zkoušeného teploměru. Změna teploty před čtením údajů teploměru nesmí být větší než nejmenší dílek stupnice zkoušeného teploměru za 5 minut a musí být rovnoměrná. Během celého čtení se nesmí zvýšit o více než jeden dílek stupnice zkoušených teploměru.

Teploměr se obvykle zkouší v intervalech, jejichž velikost je stonásobkem hodnoty dílku stupnice. Pokud zkoušený teploměr má jen jeden interval, pak se nejčastěji zkouší při třech teplotách, které jsou na začátku, uprostřed a na konci stupnice.

Při zkoušení více teploměrů obvykle probíhá čtení v tomto pořadí:

E, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, E, T₅, T₄, T₃, T₂, T₁, E

E, T₅, T₄, T₃, T₂, T₁, E, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, E,

kde E je etalon, T₁ až T₅ jsou jednotlivé zkoušené teploměry. Tato dvě dvojnásobná čtení údajů teploměrů jsou pro výpočet **jedna série měření**. Pro každý zkoušený údaj teploměrů se vykonají dvě série čtení. Čte se s přesností na dvě desetiny dílku stupnice, příp. dle možností odečítacího zařízení (lupa, odečítací kamera s monitorem).

10 Vyhodnocení kalibrace

Chyba údajů zkoušeného teploměru Δt se vypočítá jako rozdíl údajů zkoušeného a etalonového teploměru ze vztahu:

$$\Delta t = \bar{t} - \bar{t}_E,$$

kde \bar{t} je aritmetický průměr údajů kalibrovaného teploměru,

\bar{t}_E je aritmetický průměr údajů etalonového teploměru.

Vypočítané hodnoty chyb se zaokrouhlí na 0,2 hodnoty dílku stupnice a porovnají se s dovolenými hodnotami chyb daného typu teploměru. Zjistí se, zda kalibrovaný teploměr vyhovuje. Dovolené chyby jsou uvedeny v normě ČSN 25 8102 nebo v rozměrové normě příslušného teploměru.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list musí 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 teploměru,
- datum přijetí teploměru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 3.1.3/03/13),
- 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 teploměr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku a odkaz na 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). I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř zpracovat záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovat jej.

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 nebo po dobu stanovenou zadavatelem 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.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedené kalibraci může kalibrační laboratoř označit kalibrovaný teploměr kalibrační značkou, např. kalibračním štítkem. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na kalibrační štítek datum 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).

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)**Stanovení rozšířené nejistoty měření při kalibraci skleněného laboratorního teploměru pro viskozimetrii****14.1 Použitá měřidla**

Byl kalibrován teploměr podle normy ČSN 25 8151, pro měření v rozsahu teplot 38,5°C až 41,5°C. Hodnota dílku stupnice je 0,05°C, počet dílků je 40. Byl kalibrován ve třech bodech: 38,5°C, 40°C a 41,5°C.

Etalonem byl platinový odporový teploměr připojený na střídavý odporový můstek, nejistota kalibrace v měřicím rozsahu dle kalibračního listu pro $k = 2$ je $\pm 0,01^\circ\text{C}$, roční stabilita teploměru není horší než $0,01^\circ\text{C}$.

14.2 Související normy a dokumenty

viz článek 2 tohoto postupu

14.3 Referenční podmínky

viz článek 6 tohoto postupu

14.4 Naměřené hodnoty

Hodnota etalonu byla po celou dobu měření stabilní ... 40,00°C. Odečtené údaje na měřidle (osm odečtů):

39,98 / 40,03 / 40,02 / 39,97 / 39,98 / 40,01 / 39,99 / 40,01

14.5 Model měření

Odchylku měřené teploty T_M od hodnoty referenčního etalonu T_E můžeme definovat jako:

$$E_X = T_M - T_E - \delta_E - \delta_{SE} - \delta_{PE} - \delta_{RE} + \delta_{RM} + \delta_{OM} + \delta_{HM}$$

T_M ... teplota indikovaná měřidlem

T_E ... teplota indikovaná referenčním etalonem

δ_E ... vliv nejistoty kalibrace referenčního etalonu

δ_{SE} ... vliv dlouhodobé stability etalonu (driftu)

δ_{PE} ... vliv přesnosti střídavého můstku a etalonového odporu (přesnost můstku je na úrovni jeho rozlišení $0,0001 \Omega$ a etalonový odpor je kalibrován s nejistotou 5 ppm hodnoty, složka je zanedbána)

δ_{RE} ... vliv rozlišení etalonu (odpor je odečítán s rozlišením $0,0001 \Omega$, složka je zanedbána)

δ_{RM} ... vliv odečitelnosti měřidla

$\delta_{OM} \dots$	vliv rozdílného odvodu tepla snímače etalonu a měřidla (rozdílné dynamiky)
$\delta_{HM} \dots$	vliv homogenity a stability teplotního pole

14.6 Stanovení rozšířené nejistoty

Stanovení standardní nejistoty způsobem A:

Nejistota je stanovena v souladu s dokumentem EA 4/02 z osmi naměřených hodnot při teplotě 40 °C: byly vykonány dvě série měření po čtyřech čteních, uvedených v tabulce:

Pořadí i	čtené hodnoty t_i °C	odchylky $t_i - \bar{t}$ °C	$(t_i - \bar{t})^2$	Etalon t_E °C
1.	39,98	-0,018 75	0,000 35	40,00
2.	40,03	0,031 25	0,000 98	40,00
3.	40,02	0,021 25	0,000 45	40,00
4.	39,97	-0,028 75	0,000 83	40,00
5.	39,98	-0,018 75	0,000 35	40,00
6.	40,01	0,011 25	0,000 13	40,00
7.	39,99	-0,008 75	0,000 08	40,00
8.	40,01	0,011 25	0,000 13	40,00
	$\Sigma = 319,99$		$\Sigma = 0,0033$	

Nejistotu typu A přímého měření, označenou u_A vypočítáme ze směrodatné odchylky aritmetického průměru $s_{\bar{t}}$:

$$u_{AT}(t) = s_{\bar{t}} = \frac{s_t}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

Průměrná hodnota čtených hodnot

$$\bar{t} = \frac{319,99}{8} = 39,998 75 \text{ °C,}$$

součet čtverců odchylek je 0,0033, tedy

$$u_{AT}(t) = \sqrt{\frac{0,0033}{8} \cdot 7} = 0,0077 \text{ °C}$$

Etalonový teploměr měřil konstantní hodnotu, jeho opakovatelnost a tím i nejistota stanovená způsobem A je $u_{AE} = 0$, takže výsledná nejistota typu A je

$$u_A = \sqrt{u_{AT}^2 + u_{AE}^2} = 0,0077 \text{ °C}$$

Stanovení standardní nejistoty způsobem B:

Zdroje nejistoty jsou popsány v modelu měření. Podrobněji k jednotlivým uvažovaným zdrojům.

Nejistota kalibrace etalonu u_E – je určena z kalibračního listu pro normální rozdělení pravděpodobnosti tj. koeficient rozšíření $k = 2$ a teplotu 40 °C je $U_E = 0,01 \text{ °C}$, tedy

$$u_E = U_E / 2 = 0,005 \text{ °C.}$$

Stabilita externího etalonu u_{SE} – uvažována roční hodnota driftu s rovnoměrným rozdělením (hodnota získána sledováním trendu etalonu podle proběhlých kalibrací)

$$\delta_{SE} = 0,01 \text{ °C} \dots u_{SE} = 0,01 / \sqrt{3} = 0,006 \text{ °C.}$$

Odečitelnost měřidla u_{RM} – maximální chyba odečtu je odhadnuta na 1/2 dílku stupnice tj. 0,025 °C, vliv odečtu je uvažován jako polovina max. chyby odečtu, pro rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti tedy platí:

$$\delta_{RM} = 0,025 \text{ °C} \dots u_{RM} = 0,025 / (2 \cdot \sqrt{3}) = 0,0072 \text{ °C}.$$

Vliv odvodu tepla u_{OM} – kovový snímač etalonu a skleněný kalibrovaný teploměr mají rozdílné dynamické vlastnosti. Povysunutím kalibrovaného teploměru se rozdíl údajů mezi etalonem a kalibrovaným teploměrem nezměnil o více než 0,02 °C. Tato hodnota je uvažována jako max. vliv odvodu tepla s rovnoměrným rozdělením pravděpodobnosti:

$$\delta_{OM} = 0,02 \text{ °C} \dots u_{OM} = 0,02 / \sqrt{3} = 0,012 \text{ °C}$$

Vliv homogenity a stability teplotního pole u_{HM} – z měření lázně vyplývá, že max. vliv homogenity a stability lázně při teplotě 40 °C není vyšší než 0,01 °C. Pro rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti platí:

$$\delta_{HM} = 0,01 \text{ °C} \dots u_{HM} = 0,01 / \sqrt{3} = 0,006 \text{ °C}$$

Tabulka standardních nejistot:

Veličina X_i	Odhad x_i	Standardní nejistota $u(x_i)$	Pravděpodobnostní rozdělení	Citlivostní koeficient c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
T_M	39,999 °C	0,0077 °C	Normální	1	0,0077 °C
T_E	40,000 °C	0,000 °C	Normální	-1	0,000 °C
δ_E	0,00 °C	0,005 °C	Normální	-1	-0,005 °C
δ_{SE}	0,00 °C	0,006 °C	Rovnoměrné	-1	-0,006 °C
δ_{RM}	0,00 °C	0,0072 °C	Rovnoměrné	1	0,0072 °C
δ_{OM}	0,00 °C	0,0120 °C	Rovnoměrné	1	0,0120 °C
δ_{HM}	0,00 °C	0,0060 °C	Rovnoměrné	1	0,0060 °C
E_X	-0,001 °C				0,019 °C

Stanovení kombinované standardní nejistoty

Výsledné rozdělení pravděpodobnosti můžeme považovat za normální s koeficientem rozšíření $k_U = 2$, v přehledu není žádná výrazně dominantní složka standardní nejistoty. Kombinovaná standardní nejistota je tedy:

$$u = \sqrt{u_{AE}^2 + u_{AM}^2 + u_E^2 + u_{SE}^2 + u_{RM}^2 + u_{OM}^2 + u_{HM}^2} = 0,019 \text{ °C}$$

Stanovení rozšířené nejistoty

Rozšířená kombinovaná standardní nejistota kalibrace v bodě 40 °C je tedy

$$U = k_U \cdot u = 2 \cdot 0,019 \sim 0,038 \text{ °C}.$$

Na jmenovité hodnotě 40 °C byla při kalibraci změřena odchylka

$$E_X = (-0,001 \pm 0,038) \text{ °C}$$

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

Text postupu byl doplněn tak, aby lépe odpovídal požadavkům technických norem a soubor norem byl aktualizován. Dále byl rozšířen příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody tak, aby odpovídal požadavkům dokumentu EA 4/02.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby její 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).

16 Přílohy

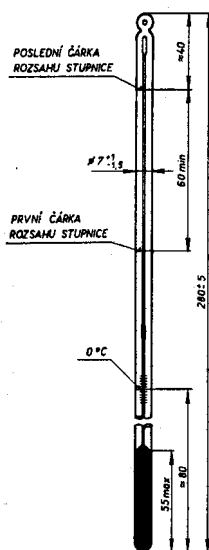
Dodatek

Od 1. 7. 1967 do 1. 2. 2002 platily tři normy ČSN 25 8151 Teploměry pro stanovení kinematické viskozity olejů. Označíme je písmeny **A**, **B**, **C**. U viskozimetrů Vogel – Ossag byly používány teploměry podle normy ČSN 25 8160. Byly to čtyři druhy teploměrů, které se u viskozimetrů vyskytují. Proto o nich uvedeme hlavní informace.

ČSN 25 8151 Teploměry pro stanovení kinematické viskozity olejů:

A. Od 1 .7. 1967 do 1. 10. 1976 se používaly teploměry podle této normy, schválené 19.10.1966. Byly to tyčinkové teploměry, provedené podle obr. 1. a vyráběly se v trojím provedení podle tabulky:

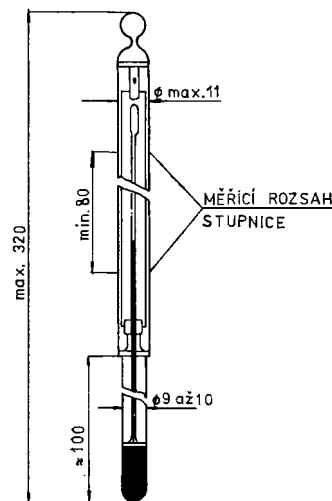
Provedení teploměru - tvar	tyčinkový		
Pro měření	20 °C	50 °C	100 °C
Pomocná stupnice	-0,3 °C až 0,3 °C		
Měřicí rozsah hlavní stupnice	18 °C až 21,5 °C	48,5 °C až 51,5 °C	98,5 °C až 101,5 °C
Dělení po	0,05 °C		
Číslování po	1 °C		
Vyměření při ponoru	úplném		
Dovolená chyba správnosti	±0,05 °C		
Kalibrační teploty	0 °C 20 °C	0 °C 50 °C	0 °C 100 °C
Teploměrná kapalina	rtuť		
Expanzní baňka na konci kapiláry	do 105 °C		
Zátav teploměru	na kroužek		



Obr. 1 První provedení teploměrů dle ČSN 25 8151

B. Od 1. 10. 1976 do 1. 5. 1989 se používaly teploměry podle výše uvedené normy, schválené 5. 5. 1975. Byly to obalové teploměry, provedené podle obr. 2. Tvar a hlavní rozměry jsou uvedeny v tabulce u obr. 2. Teploměry jsou plněny rtuť a jsou vyměřeny při plném ponoru. Rozsahy, dělení stupnice a další technické požadavky uvádí tabulka:

Měřicí teplota (kalibrační) ve °C	-20	0	20	40	50	100
Měřicí rozsah ve °C	-20,5 až -9,5	-0,5 až 0,5	19,5 až 20,5	39,5 až 40,5	49,5 až 50,5	100 až 100,5
Dělení po °C	0,02	0,01				
Číslování po °C	0,2	0,1				
Dovolená chyba správnosti °C	±0,08	±0.04			±0,06	
Expanzní baňka na konci kapiláry pro přehřátí do °C	60			105		

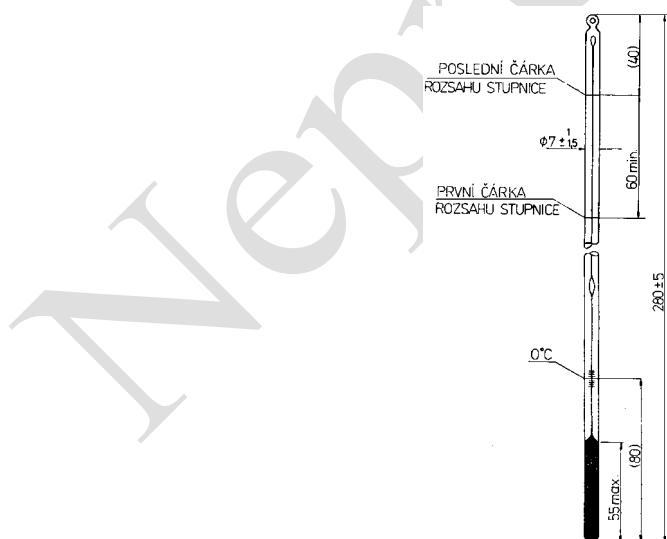


Obr. 2 Druhé provedení teploměru dle ČSN 25 8151

C. Od 1. 5. 1989 se vyráběly teploměry podle výše uvedené normy, schválené 14. 3. 1988. (Tato norma byla zrušena bez náhrady k 1. 2. 2002). Byly to tyčinkové teploměry, provedené podle obr. 3. Provedení teploměru bylo změněno na tyčinkové a hodnota dílku (0,01 °C, popř. 0,02 °C) byla upravena na 0,05 °C. U konstrukce teploměru bylo doplněno pomocné dělení u 0 °C, umožňující kontrolu stability teploměru.

Teploměr musí odpovídat údajům uvedeným v tabulce:

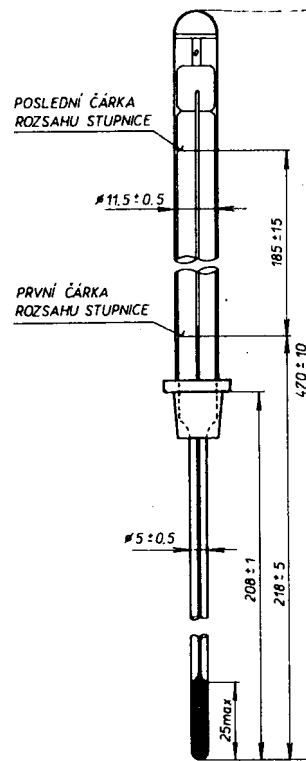
Druh teploměru					
Teplota měření, °C	0	20	40	50	100
Rozsah hlavní stupnice, °C	-2 až 2	18,5 až 21,5	38,5 až 41,5	48,5 až 51,5	98,5 až 01,5
Rozsah pomocné stupnice, °C	–	-0,3 až 0,3			
Hodnota dílku, °C	0,05				
Vyměřování při ponoru	úplném				
Nejvyšší dovolená chyba teploměru, °C	±0,05				
Číslování stupnice po, °C	1				
Délka hlavní stupnice, mm	min. 60				
Expanzní baňka na konci kapiláry připouští přehřátí do °C	60				105
Teploměrná kapalina	rtuť				
Zátav teploměru	na kroužek				



Obr. 3 Třetí provedení teploměrů dle ČSN 25 8151

Norma ČSN 25 8160 Teploměry pro stanovení viskozity viskozimetrem Vogel – Ossag: platila od 1. 7. 1967 do 1. 12. 2001.

Tyto teploměry měly vzhled podle obr. 4:



Obr. 4 Provedení teploměrů dle ČSN 25 8160