

Nejistoty měření v metrologických aplikacích - Opakovaná měření a hierarchické experimenty	ČSN P ISO/TS 21749 01 0291
---	--------------------------------------

Measurement uncertainty for metrological applications - Repeated measurements and nested experiments

Incertitude de mesure pour les applications en métrologie - Mesures répétées et expériences emboîtées

Tato předběžná česká technická norma je českou verzí technické specifikace ISO/TS 21749:2005. Překlad byl zajištěn Českým normalizačním institutem. Má stejný status jako oficiální verze.

This Czech Prestandard is the Czech version of the Technical Specification ISO/TS 21749:2005. It was translated by Czech Standards Institute. It has the same status as the official version.



© Český normalizační institut, 2007

Podle zákona č. 22/1997 Sb. smějí být české technické normy rozmnožovány a rozšiřovány jen se souhlasem Českého normalizačního institutu.

77329

Národní předmluva

Tato předběžná česká technická norma přejímá technickou specifikaci ISO/TS 21749:2005 vydanou v souladu s Částí 1 směrnic ISO/IEC, a je určena k ověření. Případné připomínky k obsahu normy přijímá Český normalizační institut, Biskupský dvůr 5, 110 02 Praha 1.

Převzetí TS nevyžaduje zrušení konfliktních národních norem platných pro stejný předmět normalizace.

Upozornění Převzetí TS do národních norem členů ISO/IEC není povinné a tato TS nemusí být na národní úrovni převzata jako normativní dokument.

Předložená technická specifikace popisuje statistické metody hodnocení nejistot s respektováním přístupu doporučeného v *GUM*, specifikuje jednotlivé potřebné kroky při hodnocení nejistot a hlavně je objasňuje na konkrétních příkladech z praxe. Pro zpřesnění postupů souvisejících s hodnocením nejistot typu A analyzuje mimo jiné data s časově závislými fluktuacemi a nabízí příslušné nástroje pro analýzu takových dat, především pak hierarchické návrhy experimentu a metodu analýzy rozptylu (ANOVA), které umožňují detailní analýzu zdrojů nejistot právě pro různé konfigurace měření, vyšetřování vlivu nehomogenit materiálových vzorků, posuzování strannosti atd. Samostatná pozornost je věnována hodnocení nejistot typu B, jejichž zdrojem jsou referenční etalony kalibrované jinou laboratoří, vlivy prostředí, nedostatečná rozlišovací schopnost použitého přístroje apod.

Jestliže měření nemohou být opakována způsobem, který odráží všechny vlivy, je třeba využít zákona šíření nejistot popsaného v *GUM*. Pro tyto situace se v technické specifikaci nabízí například tabulka výrazů pro směrodatné odchylky pro funkce jediné veličiny a pro funkce dvou veličin, které dosud v běžně dostupné odborné literatuře nebyly shrnuty.

Přínosem předložené technické specifikace pro praxi je vysvětlení postupů při využívání jednotlivých nástrojů a hlavně obsáhlá diskuse závěrů dosažených při aplikaci různých testů statistických hypotéz. V podstatě tato technická specifikace doplňuje ČSN P ISO/TS 21748:2005, která je návodem pro hodnocení nejistot měření pomocí opakovatelnosti a reprodukovatelnosti, tedy údajů získaných z mezilaboratorních studií popsaných v normách ISO řady 5725.

Poznámky k překladu

Při přípravě ČSN P ISO/TS 21749 byla v plném rozsahu respektována česká odborná terminologie uplatněná v českých technických normách řady ČSN ISO 5725, která se opírá o stále platné terminologické normy ČSN ISO 3534-1:1994 a ČSN ISO 3534-2:1994, k jejichž revizi dojde až po obdržení nových verzí norem ISO řady 3534, Část 1 a 2, ze sekretariátu ISO/TC 69, což se očekává koncem roku 2006 popř. počátkem následujícího roku 2007. České verze nových termínů z oblasti nejistot měření, které se v textu této technické specifikace objevily, byly rovněž sladěny s termíny použitými v ČSN P ISO/TS 21748:2005 a konzultovány - opět jako v případě překladu předcházející ISO/TS 21748 do češtiny - s odborníky z oblasti metrologie a zkušebnictví. Přihlédnuto bylo i k terminologii použité v českém překladu GUM (ČSN P ENV 13005:2005), k českému překladu VIM (ČSN 01 0115:1996) a poslednímu vydání normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005.

Přiřazení stručné charakterizace „statistické“, resp. „nestatistické“ u termínů „vyhodnocování nejistot typu A“, resp. „vyhodnocování nejistot typu B“ je často kritizováno jako neoprávněné. Tato kritika však nebere v úvahu rozdílnost mezi nástroji a postupy založenými na matematicko-statistických přístupech (v případě vyhodnocování nejistot typu A) a na pravděpodobnostních přístupech (v případě vyhodnocování nejistot typu B). Je pravdou, že při vyhodnocování nejistot typu B se sice rovněž provádí výpočty, ale ty se opírají pouze o pravděpodobnostní zákonitosti a netýkají se zpracování dat matematicko-statistickými metodami.

Podobně - jako u jiných překladů mezinárodních norem - i zde zůstávají zachovány značky použité v anglickém originálu včetně indexů ve tvaru zkratk anglických termínů. I když tyto značky jsou v textu technické specifikace vysvětleny, doporučuje se v případě potřeby použít Přílohu A shrnující všechny značky použité v technické specifikaci.

Informace o citovaných normativních dokumentech

ISO 3534-1:1993 zavedena v ČSN ISO 3534-1:1994 (01 0216) Statistika - Slovník a značky - Část 1: Pravděpodobnost a obecné statistické termíny

ISO 3534-3:1999 zavedena v ČSN ISO 3534-3:2001 (01 0216) Statistika - Slovník a značky - Část 3: Navrhování experimentů

Strana 3

ISO 5725-1:1994 zavedena v ČSN ISO 5725-1:1997 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 1: Obecné zásady a definice

ISO 5725-2:1994 zavedena v ČSN ISO 5725-2:1997 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření

ISO 5725-3:1994 zavedena v ČSN ISO 5725-3:1997 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 3: Mezilehlé míry shodnosti normalizované metody měření

ISO 5725-4:1994 zavedena v ČSN ISO 5725-4:1997 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 4: Základní metody pro stanovení správnosti normalizované metody měření

ISO 5725-5:1998 zavedena v ČSN ISO 5725-5:1999 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření

ISO 5725-6:1994 zavedena v ČSN ISO 5725-6:1997 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 6: Použití hodnot měř v praxi

EN ISO/IEC 17025:2005 zavedena v ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 (01 5253) Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří

VIM zavedena v ČSN 01 0115:1996 Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů v metrologii

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML, 1993 zavedena v ČSN P ENV 1305:2005 (01 4109) Pokyn pro vyjadřování nejistoty měření

Obdobné mezinárodní normy

ISO/TS 21748:2004 zavedena v ČSN P ISO/TS 21748:2005 (01 0290) Návod pro použití odhadů opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a správnosti při odhadování nejistoty měření

Upozornění na poznámky a národní poznámky

Do normy byly doplněny informativní poznámky k překladu v Národní předmluvě a národní poznámky k Úvodu, 5.3.3, 5.4.5 a 7.1.4.

Vypracování normy

Zpracovatel: Ing. Vratislav Horálek, DrSc., IČ 15949800

Prázdná strana

TECHNICKÁ SPECIFIKACE

Nejistoty měření v metrologických aplikacích -
Opakovaná měření a hierarchické experimenty

ISO/TS 21749
První vydání
2005-02-15
Opravené vydání
2005-07-15

ICS 17.020

Obsah

Strana

Úvod..

..... 7

1 Předmět
normy

.. 7

2 Citované normativní
dokumenty..... 8

3 Termíny a
definice 8

4 Statistické metody pro vyhodnocení
nejistoty..... 10

4.1 Model použitý v Pokynu pro vyjadřování nejistoty
měření..... 10

4.2 Kontrolní
etalony

.....

11	
4.3	Postup při vyhodnocení nejistoty..... 11
4.4	Příklady uváděné v této technické specifikaci..... 12
5	Vyhodnocení nejistoty typu A..... 12
5.1	Všeobecně 12
5.2	Úloha času při vyhodnocení nejistoty typu A..... 13
5.3	Konfigurace měření 18
5.4	Nehomogenita materiálu..... 20
5.5	Strannost vyvolaná konfiguracemi měření..... 21
6	Vyhodnocení nejistoty typu B..... 28
7	©íření nejistot ... 29
7.1	Všeobecně 29
7.2	Vzorce pro funkce jediné veličiny..... 30
7.3	Vzorce pro funkce dvou veličin..... 30
8	Příklad - Vyhodnocení nejistoty typu A ze studie měřidla..... 31
8.1	Účel a

prostředí	
.....	
31	
8.2 Sběr dat a kontrolní	
etalony.....	32
8.3 Analýza opakovatelnosti, vlivů fluktuací z jednoho dne na druhý a dlouhodobých	
vlivů.....	32
8.4 Strannost	
sondy	
.....	
34	
8.5 Strannost	
zapojení	
.....	
35	
8.6 Výpočet	
nejistoty	
.....	
37	
Příloha A (normativní)	
Značky.....	
38	
Bibliografie	
.....	
.....	39

Předmluva

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětovou federací národních normalizačních orgánů (členů ISO). Mezinárodní normy obvykle připravují technické komise ISO. Každý člen ISO, který se zajímá o předmět, pro který byla vytvořena technická komise, má právo být v této komisi zastoupen. Práce se zúčastňují také vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala pracovní styk. ISO úzce spolupracuje s Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech otázkách elektrotechnické normalizace.

Mezinárodní normy se navrhují v souladu s pravidly uvedenými v Části 2 Směrnic ISO/IEC.

Hlavním úkolem technických komisí je připravit mezinárodní normy. Návrhy mezinárodních norem přijaté technickými komisemi se rozesílají členským orgánům k hlasování. Zveřejnění mezinárodní normy vyžaduje schválení alespoň 75 % hlasujících členů.

Za jiných okolností, když existuje pro takové dokumenty naléhavý požadavek trhu, může technická komise rozhodnout publikovat jiné typy normativního dokumentu:

- ISO/PAS (ISO/Publicly Available Specification - ISO/Veřejně dostupná specifikace) představuje dohodu mezi technickými experty pracujícími v pracovní skupině ISO; tato specifikace je přijata k publikaci při schválení více než 50 % hlasujících členů mateřské komise;
- ISO/TS (ISO/Technical Specification - ISO/Technická specifikace) představuje dohodu mezi členy technické komise; tato specifikace je přijata k publikaci při schválení 2/3 hlasujících členů komise.

Dokumenty ISO/PAS nebo ISO/TS se přezkoumávají po třech letech, aby se rozhodlo o jejich potvrzení na další tři roky, převedení do formy mezinárodní normy nebo stažení. Při potvrzení ISO/PAS následuje přezkoumání opět po dalších třech letech, kdy dokument musí být převeden do formy mezinárodní normy nebo stažen.

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. ISO není odpovědná za identifikování jakýchkoliv nebo všech takových patentových práv.

ISO/TS 21749 byla připravena technickou komisí ISO/TC 69 *Aplikace statistických metod*, subkomisí SC 6 *Metody a výsledky měření*.

Opravená verze ISO/TS 21749:2005 zpracovává opravu názvu dokumentu.

Strana 7

Úvod

K získávání výsledků měření a přidružených nejistot se zpravidla vyžadují zkoušky, kalibrace a další laboratorní činnosti. Vyhodnocování nejistoty je stále probíhající proces, který může být časově náročný a vyžadovat zdroje. Náročnost vyhodnocení nejistot je vyvolána potřebou mnoha zkoušek a dalších operací prováděných laboratořemi, které se týkají dvou nebo tří zdrojů nejistoty. V souladu s přístupem v *Pokynu pro vyjadřování nejistoty měření (GUM)* ¹⁾ pro kombinování složek nejistot se tento dokument zaměřuje na využití analýzy rozptylu (ANOVA) pro odhadování jednotlivých složek, zvláště těch, které jsou založeny na vyhodnoceních typu A (statistické).

Laboratoř k tomu, aby získala potřebný počet měření, která se mají provést, navrhne experiment, jehož analýza umožní separaci složek nejistot. Experiment z hlediska návrhu a provedení a následná analýza a vyhodnocení nejistoty vyžadují znalost způsobů analýzy dat, především statistické analýzy. Proto je důležité pro pracovníky laboratoří, aby si uvědomovali potřebné zdroje a plánovali potřebný sběr a analýzu dat.

V této technické specifikaci lze složky nejistoty založené na vyhodnocení typu A odhadnout pomocí statistické analýzy opakovaných měření, zařízení a zkušebních jednotek nebo kontrolních etalonů.

Účel této technické specifikace je poskytnout návod pro vyhodnocení nejistot přidružených k měřením zkušebních položek, například jako součást stále probíhající výrobní kontroly. Takové nejistoty obsahují příspěvky ze samotného procesu měření a z variability výrobního procesu. Oba typy příspěvku zahrnují nejistoty vyvolané operátory (obsluhou), podmínkami prostředí a jinými vlivy. K podpoře separace vlivů procesu měření a výrobní variability se k získání dat o samotném procesu měření použijí měření kontrolních etalonů. Taková měření jsou téměř identická s měřeními provedenými na zkušebních položkách. Měření na kontrolních etalonech se používají zejména jako pomoc při identifikování vlivů závislých na čase, takže takové vlivy mohou být vyhodnoceny a

porovnány s databází měření kontrolních etalonů. Tyto etalony mohou být rovněž nápomocny při regulaci strannosti²⁾ a dlouhodobého posunu úrovně procesu, jakmile byla stanovena база pro tyto veličiny z minulých dat.

Kapitola 4 stručně popisuje statistické metody vyhodnocení nejistot včetně přístupu doporučeného v *GUM*, použití kontrolních etalonů, kroků při vyhodnocení nejistot a příkladů v této technické specifikaci. Kapitola 5, hlavní část této technické specifikace, se zabývá vyhodnocením nejistot typu A. Analýza rozptylu pro hierarchické návrhy experimentů se používá v případě, že se jedná o zdroje nejistoty závislé na čase. Jsou probírány i jiné příčiny nejistoty, například nejistota vyvolaná uspořádáním měření či nehomogenitou materiálu, a dále strannost jako důsledek uspořádání měření a návazné analýzy nejistoty. Vyhodnocení nejistot typu B (nestatistické) je předmětem kapitoly 6. ©iroce je využíván zákon šíření nejistot popsany v *GUM*. Kapitola 7 nabízí vzorce získané při aplikaci tohoto zákona na určité funkce jedné a dvou veličin. Například v kapitole 8 je diskutováno vyhodnocení nejistoty typu A při analýze měřidla, když jsou získávány složky nejistoty z různých zdrojů. Příloha A shrnuje statistické značky použité v této technické specifikaci.

1 Předmět normy

Tato technická specifikace přejímá přístup použitý v *GUM* a formuluje základní strukturu pro vyjadřování a kombinování složek nejistoty. K této základní struktuře připojuje statistický základ podepřený analýzou rozptylu (ANOVA) pro odhadování jednotlivých složek, zvláště těch, které jsou označovány jako vyhodnocení nejistot typu A, tedy založených na použití statistických metod. Pro úplnost je začleněn i stručný popis vyhodnocení nejistot typu B (nestatistické)².

Tato technická specifikace pokrývá experimentální situace, v nichž složky nejistoty mohou být odhadnuty ze statistické analýzy opakovaných měření, zařízení, zkušebních položek nebo kontrolních etalonů.

Poskytuje metody pro získávání nejistot pouze z hierarchických návrhů s jednou, dvěma a třemi úrovněmi faktoru. Nepokrývá však složitější experimentální situace, kdy existuje interakce mezi vlivy operátora a vlivy zařízení nebo křížový vliv.

Tuto technickou specifikaci nelze použít, když měření nemohou být opakována, jako jsou destruktivní měření nebo měření prováděná na dynamicky kolísajících systémech (jako je průtok kapalin, elektronové proudy nebo telekomunikační systémy). Zvláště není určena pro certifikaci referenčních materiálů (především chemických látek) a ke kalibracím, když jsou porovnávány předměty kalibrace pomocí schémat známých jako „model vážení“. Pro certifikaci referenčních materiálů viz Pokyn ISO 35^[14].

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA Zavedena v ČSN P ENV 13005:2005 *Pokyn pro vyjadřování nejistoty měření* (01 4109).

2) NÁRODNÍ POZNÁMKA Viz Poznámky k překladu v Národní předmluvě.

na údaje týkající se reprodukovatelnosti (s nevyhnutelnými vlivy opakovatelnosti), zatímco tato technická specifikace je zaměřena na údaje týkající se opakovatelnosti a použití analýzy rozptylu při jejich ošetření.

Tato technická specifikace je použitelná pro širokou oblast měření, například délek, úhlů, napětí, odporů, hmotností a hustot.

-- Vynechaný text --