

**Česká metrologická společnost, z. s.**

Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1

tel/fax: 221 082 254, 606 957 233

e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)

[www.spolky-csvts.cz/cms](http://www.spolky-csvts.cz/cms)

## **Metodika provozního měření**

**MPM 1.1.1/06/23**

# **METODIKA MĚŘENÍ ZÁVITOVÝMI KALIBRY**

(Kalibry a kontrolování kalibry)

**Praha**

říjen 2023

**Vzorový metodický postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2023  
Číslo úkolu: VII/3/23

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

**Řešitel:** Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

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

## 1 Předmět metodiky

Metodický postup se zabývá použitím kalibrů pro kontrolu metrických závitů ISO pro všeobecné použití na výrobcích. Zásady použití kalibrů platí obdobně i pro kontrolu jiných válcových závitů. Metodika se zabývá užitím dobrých a zmetkových závitových trnů, pevných mezních závitových kroužků a třmenových kalibrů. Metodika se nezabývá kontrolou, kalibrací a seřizováním závitových kalibrů, což je předmětem specializovaných kalibračních postupů.

Účelem použití kalibrů je poskytnout rozlišení mezi závity obrobků, které vyhovují mezním rozměrům a které jim nevyhovují. Mohou být použity i jiné kontrolní metody, například měření kalibračními měřidly. Kontrola kalibry je však vždy rozhodující.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN ISO 1502	Metrické závity ISO pro všeobecné použití – Kalibry a kontrolování kalibry	[L1]
ČSN ISO 724	Metrické závity ISO pro všeobecné použití – Základní rozměry	[L2]
ČSN ISO 965-1	Metrické závity ISO pro všeobecné použití – Tolerance – Část 1: Zásady a základní data	[L3]
ČSN ISO 965-2	Metrické závity ISO pro všeobecné použití – Tolerance – Část 2: Mezní rozměry vnějších a vnitřních závitů pro všeobecné použití – Střední jakost tolerance	[L4]
ČSN ISO 965-3	Metrické závity ISO pro všeobecné použití – Tolerance – Část 3: Úchylky závitů	[L5]
ČSN 25 4108	Měření závitů měřicími drátky	[L6]
ČSN ISO 68-1	Závity ISO pro všeobecné použití – Základní profil – Část 1: Metrické závity	[L7]
ČSN ISO 228-2	Trubkové závity pro spoje netěsnící na závitech – Část 2: Kontrola mezními závitovými kalibry	[L8]
ČSN EN ISO/IEC 17025 :2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L9]
EA 4/02 M:2022	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci	[L10]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L11]
Česká metrologická společnost, Praha 2009	Tabulky mezních metrických a trubkových závitových kalibrů (kroužky, trny a porovnávací trny)	[L12]
Kalibrační postup ČMS KP 1.1.6/01/12/N	Mezní závitový kalibr na vnitřní závit (závitový trn)	[L13]

Kalibrační postup ČMS  
KP 1.1.6/02/12/N

Kalibrační postup: Mezní závitový kalibr na vnější závit (závitový kroužek) [L14]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření závitovými kalibry je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, v krajním případě certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

### 4 Názvosloví, definice

#### 4.1 Kalibry pro vnější závit obrobků:



Dobrý pevný závitový kroužek



Zmetkový pevný závitový kroužek



Stavitelný závitový kroužek



Závitový třmenový kalibr

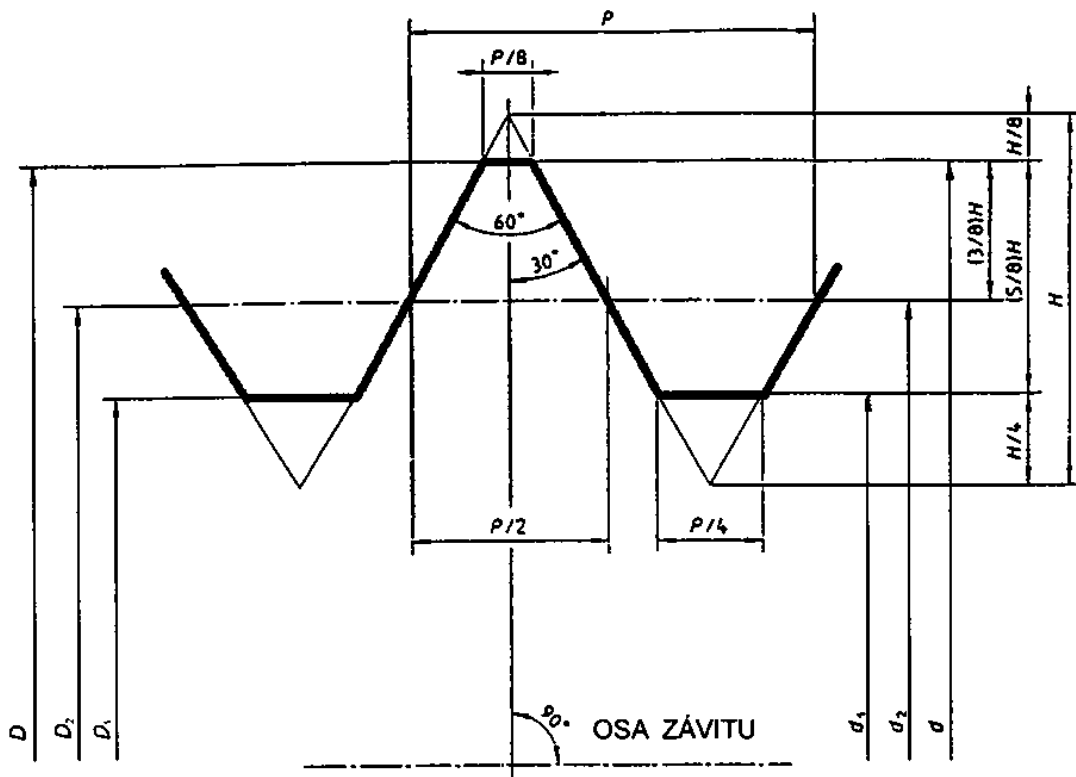
## 4.2 Kalibry pro vnitřní závity obrobků



Závitový trn s dobrou a zmetkovou stranou

**Taylorův princip** – dobrý kalibr má zjistit všechny tvarové a rozměrové úchytky v celé délce (závitu), zmetkový kalibr kontroluje bodově jen určitý rozměr. (zjednodušená definice)

## Základní profil metrického závitu



D – velký průměr vnitřního závitu (jmenovitý)

d – velký průměr vnějšího závitu (jmenovitý)

D<sub>2</sub> – střední průměr vnitřního závitu

d<sub>2</sub> – střední průměr vnějšího závitu

D<sub>1</sub> – malý průměr vnitřního závitu

d<sub>1</sub> – malý průměr vnějšího závitu

H – výška základního trojúhelníku

P – rozteč závitu

**Střední průměr závitu** leží v polovině výšky základního trojúhelníku.

## 5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

- Sada závitových kalibrů,
- příložné a dotykové teploměry,
- odkládací stolky a držáky,
- odmagnetovací přístroj,
- popisovací přístroj, popř. elektrické značkovací pero,
- jemný brousek, speciální keramický brousek, např. Arkansas, jemný brusný pilník, brusné papíry atd.,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice,
- mazací a konzervační prostředky.

Poznámka:

Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Provozní měření pomocí mezních závitových kalibrů se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí ( $20 \pm 5$ ) °C,
- teplotní rozdíl mezi kalibrem a měřeným předmětem max. 2 °C,
- klidné prostředí bez průvanu na vlivu klimatizace,
- prostředí bez nadměrné prašnosti (dosedající na měřené plochy),
- suché prostředí s relativní vlhkostí přibližně do 75 %
- případné pomocné pomůcky (stojánky apod.) by měli být rovněž vytemperovány na teplotu použitých měřidel – odchylka max. 2 °C,
- pracovník provádějící kontrolu musí při měření používat konstantní sílu při zašroubování kalibrů a v optimálním případě být zacvičen zkušeným pracovníkem, aby případně celý kolektiv používal při měření obdobnou sílu.

Před měřením musí být kalibry a případné měřicí pomůcky umístěny min. 1/2 hodiny poblíž měřeného předmětu.

Teplota měřeného předmětu a měřidel a teplota prostředí se zjišťuje před zahájením měření a po jeho skončení. Při delší době měření se kontrolují také průběžně. Ke zjištění teploty materiálu, kalibrů a pomůcek se použijí příložné nebo dotykové teploměry.

## 7 Metrologické meze využití metody měření

Metodika popisuje použití dílenských, kontrolních a porovnávacích kalibrů v provedení (uvedeno též ve článku č. 1 tohoto postupu):

- závitové trny (do průměru 100 mm),
- závitové kroužky (průměr až 250 mm),
- závitové třmenové kalibry,

Závitové trny se zpravidla kontrolují přímým měřením pomocí tří drátků, viz [L6, L13]. Též závitové kroužky dobré i zmetkové se zpravidla kontrolují přímým měřením středního průměru [L14]. Pro kontrolu a seřízení stavitelných závitových kroužků a závitových třmenových kalibrů jsou zapotřebí příslušné porovnávací trny, viz [L1].

Přesnost měření vychází z přesnosti použitých kalibrů. Tolerance jsou uvedeny v normách pro jednotlivé typy kalibrů (viz čl. č. 2 tohoto postupu).

## 8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

### 8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se dodávka co do počtu a kompletnosti odpovídá dokumentaci a porovná se s objednávkou, popř. jiným (interním) dokumentem nebo s požadavkem na měření (jsou-li k dispozici kritéria přijatelnosti – výkres, dodací podmínky apod.).

### 8.2 Čištění a předběžná kontrola

Důkladně se očistí měřené plochy a podle potřeby odmagnetují. Vizualně se kontrolují funkční a měřicí plochy, případné ostré hrany, mechanická narušení a korodovaná místa. Kalibry s těmito poškozenými měřicími plochami se předají k odbornému ošetření.

### 8.3 Příprava měřeného předmětu

Vyžádají se potřebné dokumenty k měření: Technický výkres měřeného předmětu, resp. jeho konstrukční dokumentace, potřebné technické normy, v případě potřeby se vyžádá i protilehlá součást, se kterou má být měřený předmět sešroubován.

Měřené předměty, které neodpovídají stanoveným podmínkám dodávky, nelze měřením dále kontrolovat.

Závitové kalibry, které vykazují nedostatky, případně nemají prokázanu metrologickou návaznost, nelze dále k měření používat.

## 9 Postup měření

### 9.1 Kontrola vnějšího závitu na obrobku

Vnější závit se má přednostně kontrolovat závitovými kroužkem. Dobrý závitový kroužek se musí dát lehce rukou našroubovat v celé délce závitu. Pokud to není možné, závit nevyhovuje specifikaci. Dobrým závitovým kroužkem se kontroluje střední průměr, chyby rozteče, chyby úhlu boku závitu a zaoblení dna závitu. Tímto kalibrem však není kontrolován velký průměr závitu. Dobré závitové kroužky se kontrolují porovnávacími trny. V praxi se z důvodu úspor často používá přímé měření středního průměru pevných kroužků na délkoměru.

Dobrý závitový třmenový kalibr se může použít pro dosažení časové úspory nebo v případech, kdy nelze použít závitový kroužek. Dobrý závitový třmenový kalibr má při kontrole projít závity obrobku vlastní tíží. Závit obrobku musí vyhovovat dobrému třmenovému kalibru alespoň ve třech polohách rovnoměrně rozložených po obvodu závitu. Při kontrole většího počtu součástí třmenovým kalibrem je doporučeno zároveň kontrolovat namátkově i závitovým kroužkem. Třmenový kalibr není vhodný pro kontrolu poddajných, například tenkostěnných součástí. Ve sporných případech má přednost kontrola pevným závitovým kroužkem.

Zmetkový závitový kroužek je přípustné našroubovat rukou z obou stran nejvýše na dva závity obrobku. Pokud lze kroužek našroubovat více, je závit nevyhovující. Pokud však má výrobek tři a méně závitů, nesmí být možné našroubovat zmetkový kroužek vůbec. Zmetkovým závitovým kroužkem se zjišťuje, zda střední průměr závitu obrobku není menší než jeho nejmenší předepsaný rozměr. Pevný závitový kroužek se má přednostně kontrolovat zmetkovým porovnávacím trnem. V praxi se často kontroluje měřením, zda není překročen horní mezní rozměr středního průměru.

Stavitelné kroužky mají být seřizovány pomocí porovnávacího seřizovacího trnu a kontrolovány porovnávacím trnem opotřebením. Přímé měření středního průměru se nemá na stavitelných kroužcích provádět z důvodů jejich možné tvarové chyby.

Zmetkovým třmenovým kalibrem se měří nejmenší mezní hodnota středního průměru. Zmetkový závitový třmenový kalibr smí projít při kontrole pouze prvá dvě stoupání závitu obrobku. Zmetkový závitový třmenový kalibr musí být seřizen pomocí příslušného porovnávacího trnu.

### 9.2 Kontrola vnitřního závitu na obrobku

Vnitřní závity obrobků se kontrolují dobrým a zmetkovým závitovým trnem. Dobrým -



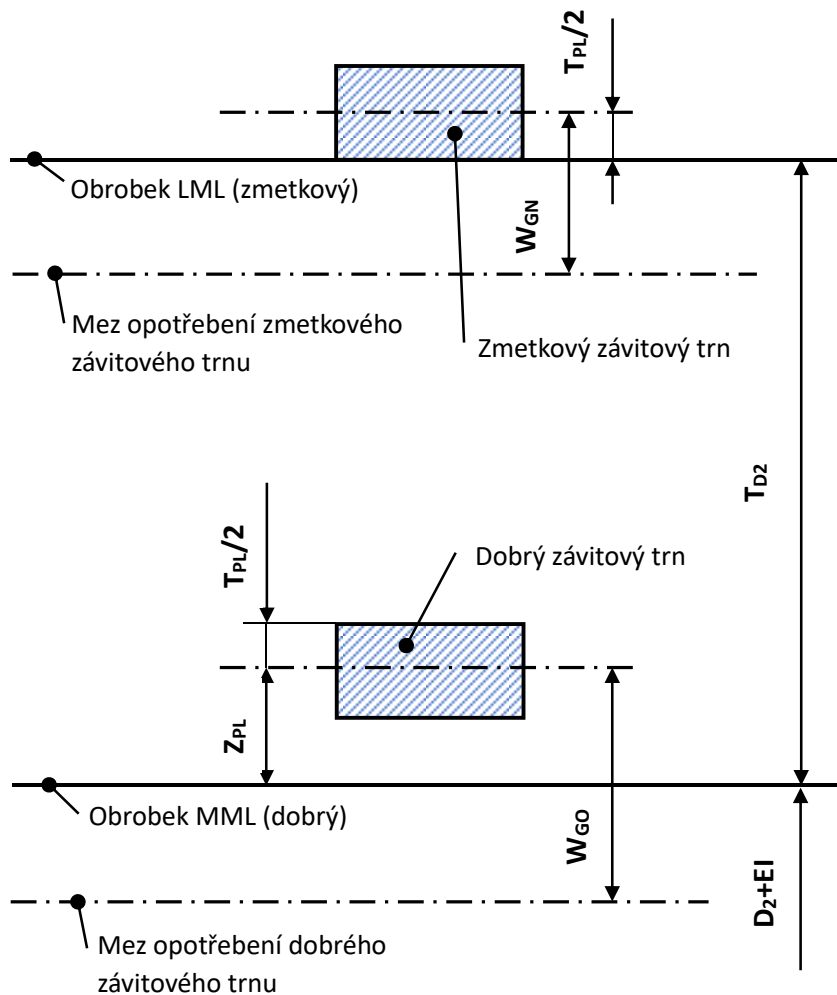
závitový trn má jít lehce zašroubovat rukou v celé délce kontrolovaného závitu obrobku. Pokud není zašroubování možné, neodpovídá obrobek technické specifikaci.

Dobrým závitovým trnem se kontroluje střední průměr vnitřního závitu. Tato kontrola dolního mezního rozměru zahrnuje vliv chyby rozteče, chyby úhlu boku a úchytky tvaru. Také se kontroluje dodržení dolního mezního rozměru velkého průměru. Tímto kalibrem není kontrolován malý průměr závitu obrobku.

Opotřebení dobrého závitového trnu se pravidelně kontroluje měřením středního průměru závitu přes drátky. Interval kontroly se volí v závislosti na četnosti používání. Místo měření může být použit porovnávací kalibr opotřebení, ve sporných případech jsou však rozhodující rozměry získané přesným měřením.

Zmetkový závitový trn je možné rukou zašroubovat z obou konců nejvýše v rozsahu dvou otáček závitu. Pokud je možné zašroubování větší než dva závity, výrobek nevyhovuje specifikaci. Zmetkový trn však nesmí projít obrobkem, jehož závitová část má tři stoupání. Zmetkovým závitovým trnem se kontroluje, zda skutečný střední průměr nepřesahuje stanovený nejmenší rozměr.

Doporučuje se pravidelná kontrola opotřebení zmetkového závitového trnu, která se provádí zpravidla měřením středního průměru přes drátky.



### Toleranční pole středního průměru kalibrů pro vnitřní závity

Kde:

MML – Mez maxima materiálu

LML – Mez minima materiálu

$T_{PL}$  – Tolerance středního průměru závitu dobrých i zmetkových kalibrů

$W_{NG}$  – Mezní opotřebení zmetkových závitových trnů

$W_{GO}$  – Mezní opotřebení dobrých závitových trnů

$T_{D2}$  – Tolerance středního průměru vnitřního závitu

$D_2$  – Střední průměr závitu obrobku

EI – Základní úchylka vnitřního závitu obrobku (nulová pro polohu toler. pole h)

$Z_{PL}$  – Vzdálenost středu tolerančního pole dobrého závitového trnu od dolního mezního rozměru středního průměru

Vzorce pro metrické závitové trny

Druh kalibru	Mezní rozměry závitových trnů		
	Velký průměr	Střední průměr	Mezní opotřebení středního průměru
Dobrý závitový trn	$D + EI + Z_{PL} \pm T_{PL}$	$D_2 + EI + Z_{PL} \pm T_{PL}/2$	$D_2 + EI + Z_{PL} - W_{GO}$
Zmetkový závitový trn	$D_2 + EI + T_{D2} + T_{PL}/2 + 2 \cdot F_1 \pm T_{PL}$	$D_2 + EI + T_{D2} + T_{PL}/2 \pm T_{PL}/2$	$D_2 + EI + T_{D2} + T_{PL}/2 - W_{NG}$

Příslušné míry a tolerance jsou uvedeny v normách, viz normy [L1] až [L5]. V praxi se využívají zpravidla tabulky s předem spočtenými hodnotami, viz literaturu [L12].

### 9.3 Dílenská kontrola závitů

Dílenská kontrola závitů se zpravidla neobejde při kontrole vnitřních závitů bez závitových trnů. Kontrola závitovými trny by měla být doplněna ještě kontrolou (měřením) malého průměru závitu. Opotřebení závitových trnů si je zpravidla dílenský kontrolor schopen zjistit sám měřením středního průměru přes tři drátky. Přitom je třeba dát pozor na opotřebení prvních závitů kalibru. U dobrého kalibru je opotřebení rovnoměrné, jen pokud je používán správně. Pokud si pracovník ulehčuje práci jen částečným zašroubováním dobrého trnu, může být přední část nadměrně opotřebená. U zmetkového trnu přichází v úvahu pouze opotřebení prvních dvou závitů.

Závitové kroužky pro kontrolu vnějších závitů jsou nenahraditelné při hromadné výrobě. Při výrobě jednotlivých kusů se někdy nahrazuje kontrola kroužkem měřením středního průměru přes drátky, měřením velkého průměru a případně kontrolou rozteče šablonou. Nejde však o plnohodnotnou kontrolu, pokud není doplněna zkouškou protikusem.

Závitové kroužky se zpravidla z ekonomických důvodů kontrolují ve specializovaných kalibračních laboratořích přímým měřením středního průměru na délkoměru, zatímco porovnávací trny používá převážně hromadná výroba a výrobci měřidel.

### 9.4 Přidělování kalibrů v hromadné výrobě

V hromadné výrobě, zejména zbrojní, se používají zpravidla kalibry na všech stupních výrobního procesu. Aby se zajistil hladký průběh kontrolních operací a přejímek, je třeba přidělovat kalibry podle tohoto schématu:

1. Nové neopotřebené kalibry → výrobní operace

2. Částečně opotřebené kalibry → dílenská kontrola
3. Kalibry blíže meze opotřebení → přejímky

Je přitom samozřejmé, že všechny kalibry musí být kontrolovány a vyhovující.

### 10 Stanovení nejistoty při kontrole kalibry (příklad)

Smysluplnost stanovení nejistoty při použití mezních kalibrů je sporná. Důvodem je, že mezní kalibry pouze určují, zda obrobek vyhovuje či nevyhovuje daným tolerancím. Smyslem kontroly pomocí kalibrů není stanovení určité míry, nýbrž zajištění smontovatelnosti a záměnnosti součástí.

Následující příklad ukazuje, v jakém intervalu se mohou pohybovat vyhovující výsledky měření při použití kalibrů s různým stupněm opotřebení.

#### Nejistoty typu A

Opakovaná měření různými kalibry nahradíme intervalovým odhadem z rozsahu mezních hodnot použitelných kalibrů. Uvažujeme, že mohou být použity dva různé dobré závitové trny. První trn je nový, vyrobený blízko maxima materiálu. Druhý je opotřebený až blízko k mezi opotřebení. Oba trny jsou přitom vyhovující.

Maximální rozdíl velikostí těchto dvou trnů je pak dán výrazem:

$$W_{GO} + T_{PL}/2$$

#### Nejistota typu B

Příspěvky k nejistotě typu B lze hledat v těchto oblastech:

- Úchylky tvaru,
- vlastnosti povrchů,
- vliv operátora,
- nevyrovnání teplot.

Velikost těchto vlivů lze zpravidla pouze odhadovat.

#### Příklad pro dobrý závitový trn M36 H7

Podle tabulky 5 ČSN ISO 965-1 pro průměr 36 a toleranční stupeň 7 je tolerance středního průměru závitu:

$$T_{D2} = 212 \mu\text{m}$$

Užitím tabulek 4 a 5 ČSN ISO 1502 nalezneme podle velikosti  $T_{D2}$ :

$$T_{PL} = 14 \mu\text{m}$$

$$W_{GO} = 21 \mu\text{m}$$

Maximální možný rozdíl dvou vyhovujících dobrých trnů:

$$W_{GO} + T_{PL}/2 = 21 + 14/2 = 28 \mu\text{m}$$

Což můžeme interpretovat jako:  $u_A = \pm 14 \mu\text{m}$

Citlivostní koeficient přepočte teplotní rozdíl na délkovou úchylku:

$$\text{Součinitel délkové teplotní roztažnosti: } \alpha = 11,5 \mu\text{m/m}$$

$$\text{Průměr kalibru: } D = 36 \text{ mm} = 0,036 \text{ m}$$

Odhad nejistoty při zkoušení vnitřního závitu M36 H7 dobrými kalibry mezních rozměrů

Zdroj nejistoty	Meze nejistot	Faktor rozdělení	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě
Rozdíl měř použitelných kalibrů (nejistota typu A: $u_A = \pm 14 \mu\text{m}$ )	14 $\mu\text{m}$	0,577 rovn.	1	8,078
Teplotní rozdíl $\pm 2^\circ$ mezi kalibrem a obrobkem	2 $^\circ\text{C}$	0,577 rovn.	0,414 $\alpha \cdot D = 11,5 \cdot 0,036$	0,478
Vliv tvarových úchylek odhadem 5 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	0,5 norm.	1	2,500
Vliv stavu povrchů odhadem 5 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	0,5 norm.	1	2,500
Vliv operátora odhadem 2 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$	0,5 norm.	1	1,000
Nejistota $u$ pro pravděpodobnost $P=68\%$				8,887

Rozšířená nejistota měření při použití kalibrů s různým stupněm opotřebení:

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 8,887 \approx 18 \mu\text{m}$$

Lze tedy očekávat, že závity M 36 vyhovující při použití různých kalibrů se od sebe mohou lišit o přibližně 0,02 mm. Nejistota vlivem opotřebení kalibrů je podstatná, ostatní vlivy jsou patrně zanedbatelné. To podtrhuje důležitost pravidelné kontroly kalibrů a jejich přidělování na pracoviště podle zásad uvedených v odstavci 9.4.

## 11 Záznamy o měření

*Pokud má organizace stanoveny konkrétní záznamy o měření, využijí se. Úroveň záznamu je dána důležitostí měřicí operace a jeho rozsah stanoví odpovědný pracovník subjektu (technolog, metrolog atd.)*

*Tyto záznamy mohou obsahovat například:*

- a) Identifikace pracoviště provádějícího měření,
- b) pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) informace o měřidle,
- d) veličiny ovlivňující měření v okamžiku měření a způsob jejich kompenzace,
- e) název výrobní operace,
- f) datum měření, (případně i čas),
- g) označení použité metodiky měření (v našem případě např. MPM 1.1.1/06/23)
- h) měřidla použitá při měření,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s danou technologickou tolerancí,
- k) jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

O provedené kontrole kalibrem se obvykle nevedou zvláštní záznamy, kontrolor potvrzuje provedení vyhovující kontrolní operace zpravidla značkou na výrobku nebo razítkem či záznamem v průvodní dokumentaci.

## 12 Péče o metodický postup

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

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele 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

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

### 13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

## 13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

**Upozornění**

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.