

**Chyby merania**

Podľa VIM3 2.16 je

$$\text{chyba merania} = \text{nameraná hodnota} - \text{referenčná hodnota} \quad (4.1)$$

Najväčšia dovolená chyba merania je krajná hodnota chyby merania vzhľadom k známej referenčnej hodnote veličiny dovolená špecifikáciami alebo predpismi pre dané meranie, meradlo alebo merací systém (VIM3 4.26).

Nameraná hodnota veličiny je hodnota veličiny reprezentujúca výsledok merania (VIM3 2.10). Pri meraní zahrňujúcim opakované indikácie môže byť každá indikácia použitá k poskytnutiu odpovedajúcej nameranej hodnoty. Tento súbor jednotlivých nameraných hodnôt veličín môže byť použitý k výpočtu výslednej nameranej hodnoty veličiny (hodnota odhadu meranej veličiny), ako napr. aritmetického priemeru.

Indikácia (údaj) je hodnota veličiny poskytnutá meradlom alebo meracím systémom (VIM3 4.1).

Referenčnou hodnotou veličiny pre systematickú chybu merania je pravá hodnota veličiny alebo nameraná hodnota veličiny etalónu zanedbateľnej neistoty merania, alebo konvenčná hodnota veličiny.

Referenčnou hodnotou veličiny pre náhodnú chybu je priemer ktorý by mal vyplynúť z konečného počtu opakovaných meraní rovnakej meranej veličiny.

Pravá hodnota veličiny je hodnota veličiny, ktorá je v zhode s definíciou veličiny. V chybovom prístupe je pri popise merania pravá hodnota veličiny považovaná za jedinečnú a v praxi nepoznatelnú. (VIM3 2.11)

Konvenčná hodnota veličiny je hodnota prisúdená dohodou k veličine pre daný účel. Niekedy je odhadom pravej hodnoty veličiny. (VIM3 2.12)

Keďže skutočná resp. pravá hodnota je ideálny pojem a presne by ju bolo možné určiť iba na základe nekonečného počtu meraní tak sa zavádza konvenčná hodnota, ktorá je dostatočne blízka skutočnej hodnote. Zvyčajne sa za skutočnú hodnotu považuje hodnota zistená s chybou zanedbateľnou pre danú úlohu (napr. pri kontrole mikrometra koncovou mierkou vysokej triedy presnosti), tiež by sa dalo povedať, že je to hodnota bez chýb merania.

Trieda presnosti je trieda meradiel alebo meracích systémov, ktoré splňujú stanovené metrologické požiadavky určené k udržaniu chýb merania alebo prístrojových neistôt za špecifikovaných podmienok v špecifikovaných hraniciach (VIM3 4.25).

Relatívna chyba merania je podielom absolútnej chyby merania a pravej hodnoty meranej veličiny. Je to len číslo resp. hodnota v percentách.

Podľa spôsobu prejavu sa **chyby merania** delia na

- systematické,
- náhodné,
- hrubé (omyly).

Systematická chyba merania je zložka chyby merania, ktorá v opakovaných meraniach zostáva konštantná alebo sa mení predvídateľným spôsobom (VIM3 2.17). Jej hodnota sa pri rovnakých podmienkach merania nemení, je konštantná čo do veľkosti i znamienka. Systematická chyba merania sa rovná chybe merania mínus náhodná chyba merania. Na rozdiel od náhodnej chyby ju nie je možné identifikovať na základe opakovaných meraní. Má pôvod v použitej metóde merania, meracích prístrojoch (Obr.4.1) alebo v osobe experimentátora sústavne.

V prípade zistenia systematickej chyby je potrebné ju vylúčiť buď odstránením príčin ktoré ju vyvolávajú, vhodnou kompenzáciou, uplatnením príslušných korekcií alebo kombináciou týchto spôsobov. V rámci merania je povinnosťou experimentátora nameranú hodnotu opraviť (korigovať) o známu systematickú chybu

$$x_{i\text{kor}} = x_i - \delta_i \quad (4.2)$$

kde  $x_{i\text{kor}}$  je korigovaná (opravená) hodnota,  
 $x_i$  je nameraná hodnota,  
 $\delta_i$  je známa systematická chyba merania.

V prípade, ak systematická chyba merania  $\delta_i$  pochádza z viacerých zdrojov, pričom sú známe odhady hodnôt systematických chýb týchto zdrojov  $\delta_j$ , je možné určiť systematickú chybu merania ako

$$\delta_i = \sum_{j=1}^p \delta_j \quad (4.3)$$

kde  $\delta_j$  sú odhady systematických chýb jednotlivých zdrojov.

Ak výrobca v certifikáte k prístroju uvádza pojem korekcia, potom platí že

$$\delta_{k_j} = -\delta_j \quad (4.4)$$

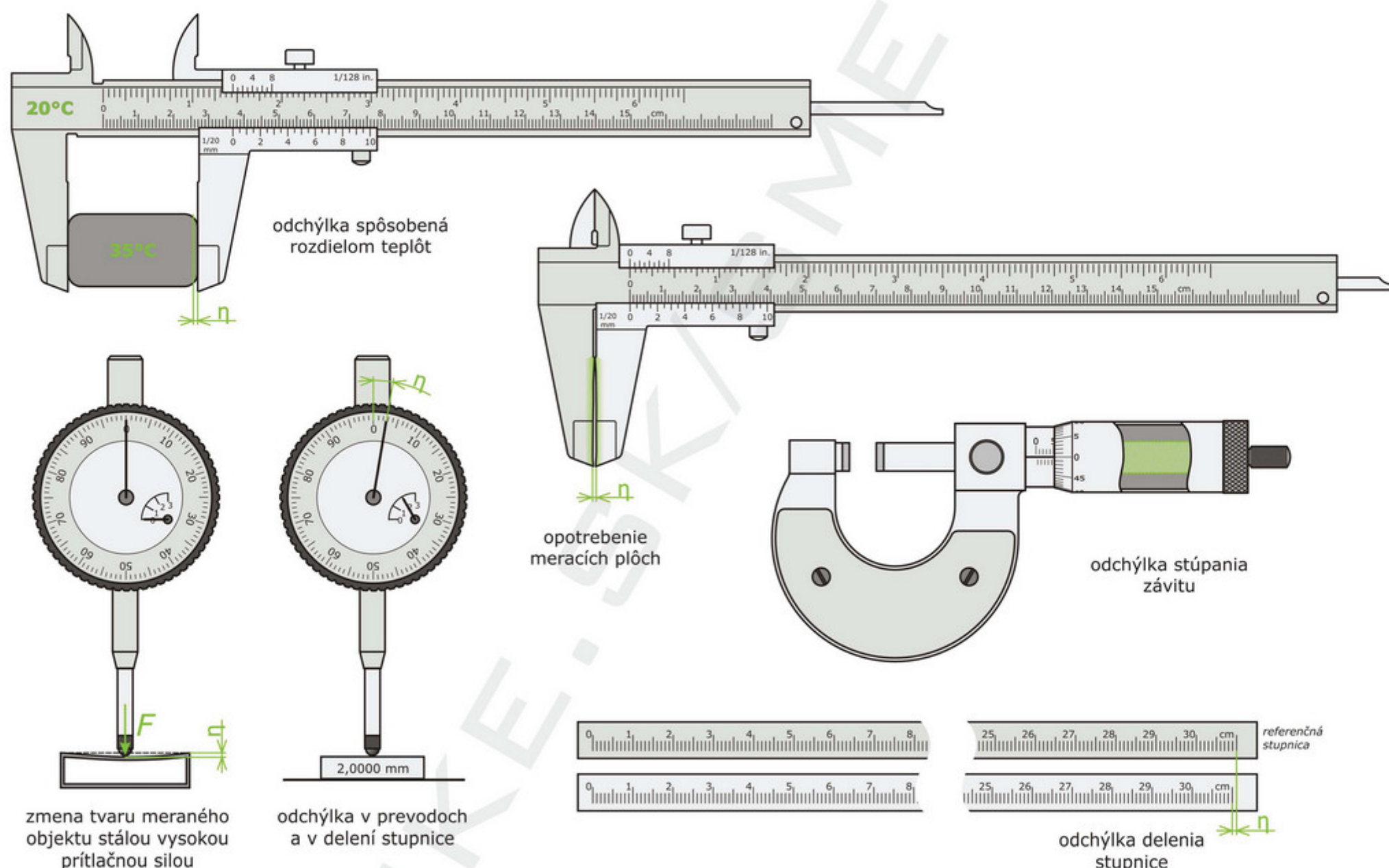
čiže korekcia je systematická chyba s opačným znamienkom.

Ak výsledok merania  $y$  je funkciou jednej alebo viacerých meraných veličín  $x_i$ , teda  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$ , pričom sú známe odhady hodnôt systematických chýb  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_i, \dots, \delta_m$ , systematickú chybu výsledku merania je potrebné stanoviť pomocou zákona skladania chýb

$$\delta_v = \sum_{i=1}^m \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \delta_i \quad (4.5)$$

kde  $\frac{\partial f}{\partial x_i}$  sú parciálne citlivosti jednotlivých meraných veličín,

$\delta_i$  sú odhady systematických chýb merania jednotlivých veličín.



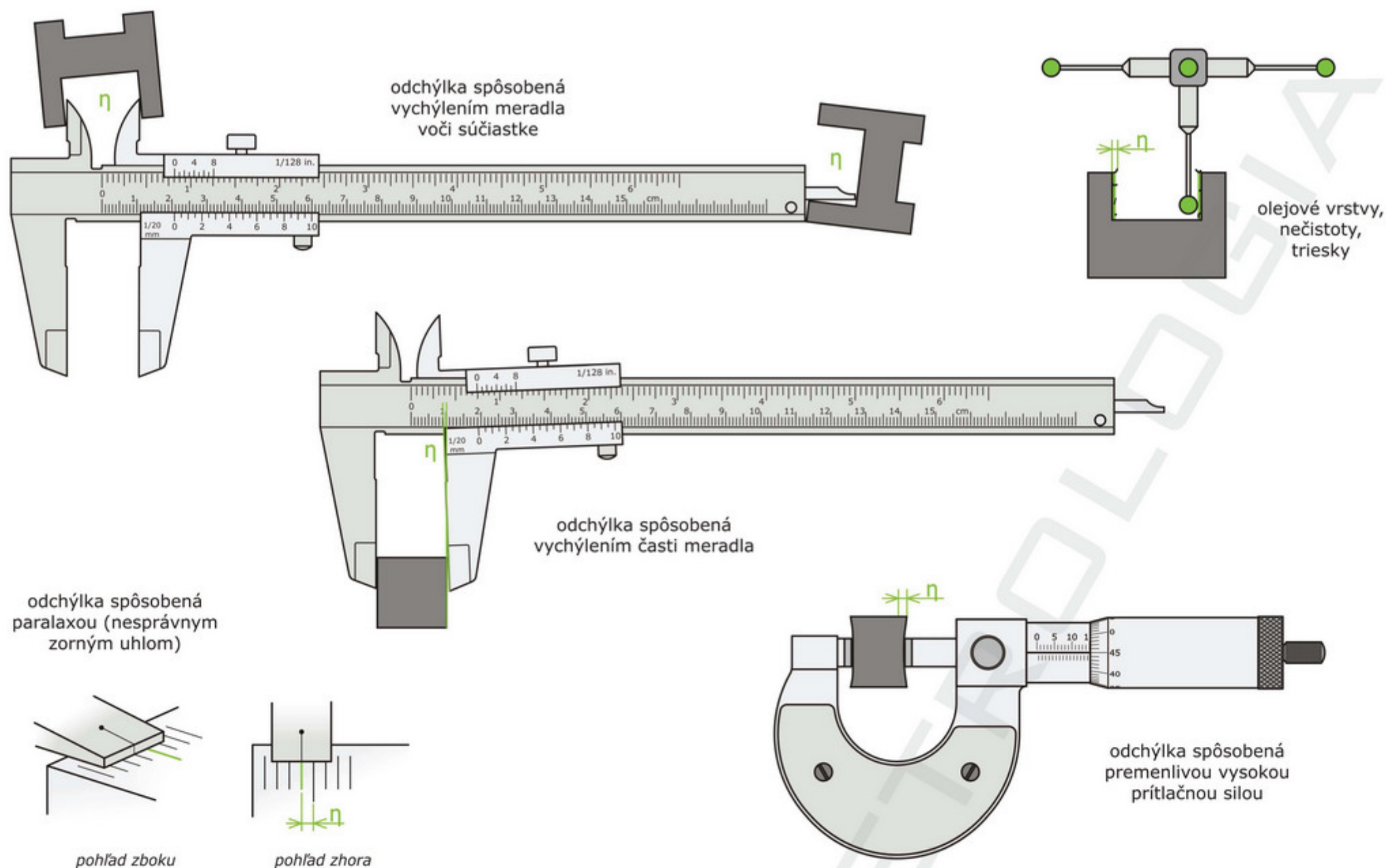
Obr.4.1 Výskyt systematických chýb

Náhodná chyba merania je zložka chyby merania ktorá sa v opakovaných meraniach mení nepredvídateľným spôsobom (VIM3 2.19). Jej absolútna hodnota aj znamienko sa menia podľa zákona rozdelenia pravdepodobnosti. Vplyv náhodných chýb nie je možné kompenzovať iba znížiť zvýšením počtu meraní. Vznikajú vplyvom prostredia a dejov v prístrojov, napr. trenie (Obr.4.2).

Pri opakovaných nezávislých meraniach tej istej veličiny za rovnakých podmienok sa v dôsledku náhodných chýb získavajú rôzne indikácie. Ako výsledok čiže odhad skutočnej meranej veličiny sa berie aritmetický priemer týchto indikácií a rozptylenie údajov opakovaných meraní sa ohodnocuje výberovým rozptylom resp. smerodajnou odchýlkou.

Smerodajná odchýlka (alebo rozptyl) charakterizuje ako sú výsledky merania (náhodné chyby) rozptýlené. Hodnota smerodajnej odchýlky (alebo jej násobok – 2, 3) však nie je hodnotou chyby ale len vyjadrením hranice, ktorú môže náhodná chyby s určitou pravdepodobnosťou prekročiť alebo neprekročiť.

Náhodné chyby nie je možné v jednotlivých prípadoch určiť, nie je teda možné ich vylúčiť iba z pravdepodobnostného hľadiska opísať ich správanie a vo výsledku merania ich ohodnotiť neistotou (metóda A).



Obr.4.2 Výskyt náhodných chýb

Hrubé chyby vznikajú napríklad nedbalosťou experimentátora, chybným odčítaním alebo poruchou na meracom prostriedku. Je možné im predchádzať pozorným a svedomitým vykonávaním meraní. Pri opakovaných meraniach je možné nameranú hodnotu zaťaženú hrubou chybou odhaliť na základe toho, že sa výrazne líši od ostatných nameraných hodnôt. V prípade, ak nevieme jednoznačne určiť či sa jedná o hrubú chybu alebo nie, musíme previesť test odľahlosti. Testovanie odľahlých hodnôt, teda hodnôt zaťažených hrubou chybou je možné previesť za predpokladu normálneho rozdelenia hustoty pravdepodobnosti.

### Neistoty merania [19], [35]

V širšom zmysle slova neistota merania znamená pochybnosť o platnosti výsledku merania.

Neistota merania je nezáporný parameter charakterizujúci rozptýlenie hodnôt veličiny, ktorý je pridružený k meranej veličine (VIM3 2.26). Neistota je tiež definovaná ako odhad priradený k výsledku skúšky a charakterizujúci interval hodnôt, o ktorom sa tvrdí, že vnútri tohto intervalu leží správna hodnota (ISO 3534 [44]).

Interval definovaný neistotou obsahuje skutočnú hodnotu veličiny. Pri určovaní neistoty sa vychádza z teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky, pričom sa predpokladá, že merané hodnoty podliehajú určitému zákonu rozdelenia pravdepodobnosti. Neistota sa môže dotýkať výsledku merania, hodnôt odčítaných z použitých prístrojov, hodnôt použitých konštánt, korekcií a podobne.

Základnou kvantitatívnou charakteristikou neistoty je štandardná neistota, označovaná písmenom  $u$ . Štandardné neistoty sa podľa spôsobu získania delia na

- ▶ neistoty stanovené metódou A (neistoty typu A -  $u_A$ )

Vyhodnotenie neistoty merania typu A je vyhodnotenie zložky neistoty merania štatistickou analýzou nameraných hodnôt veličiny získaných za definovaných podmienok merania (VIM3 2.28).

- s rastúcim počtom meraní ich hodnoty klesajú,
- príčiny neistôt sú neznáme,
- pri priamom opakovanom meraní jednej veličiny za rovnakých podmienok sa získavajú štatistickými metódami z nameraných údajov

$$u_A = s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \quad (4.6)$$

kde  $s_{\bar{x}}$  je výberová smerodajná odchýlka radu meraní,

$s_x$  je výberová smerodajná odchýlka jednotlivého merania,

$n$  je počet meraní vykonaných za nezmenených podmienok.

► neistoty stanovené metódou B (neistoty typu B –  $u_B$ )

Vyhodnotenie neistoty merania typu B je vyhodnotenie zložky neistoty merania stanovenej inými spôsobmi ako vyhodnotením neistoty merania typu A (VIM3 2.29).

- nie sú závislé od počtu meraní,
- príčiny neistôt sú známe, ide o identifikovateľné a kvantifikované zdroje ako
  - merania a výsledky získané z predchádzajúcich meraní,
  - skúseností a všeobecné znalosti o meranom objekte, meracej metóde, meracom prístroji a referenčných podmienkach merania,
  - údaje z certifikátov, kalibračných listov, overovacích listov, technickej dokumentácie, tabuliek, noriem, údaje získané od výrobcov meracích prístrojov.

Využitie uvedených zdrojov pre získanie štandardnej neistoty typu B závisí od skúseností, hĺbky znalostí a praxe experimentátora.

- Postup stanovenia neistôt pri vyhodnotení typu B vychádza z podmienky, že sú známe štandardné neistoty jednotlivých zdrojov kedy, ak je určený vzťah medzi meranou veličinou a jednotlivými zdrojmi (model merania),  $X = f(Z_1, Z_2, \dots, Z_j, \dots, Z_p)$ , pre štandardnú neistotu platí

$$u_B = \sqrt{\sum_{j=1}^p \left(\frac{\partial f}{\partial Z_j}\right)^2 \cdot u_{Z_j}^2} \quad (4.7)$$

kde  $\frac{\partial f}{\partial Z_j}$  sú parciálne citlivosti jednotlivých zdrojov,  
 $u_{Z_j}$  sú štandardné neistoty jednotlivých zdrojov.

- V prípade ak nie sú známe štandardné neistoty jednotlivých zdrojov môže nastať niekoľko situácií
  - ak certifikáty, dokumentácia od výrobcov alebo iné pramene uvádzajú rozšírenú neistotu  $U_{Z_j}$  a koeficient rozšírenia  $k_{Z_j}$  potom štandardná neistota typu B daného zdroja sa určí ako

$$u_{Z_j} = \frac{U_{Z_j}}{k_{Z_j}} \quad (4.8)$$

– ak je  $2U_{Z_j}$  dĺžka intervalu s nejakou konfidenčnou pravdepodobnosťou (95%, 99,73%) a je oprávnený predpoklad, že sa pri určovaní tohto intervalu uvažovalo s normovaným normálnym rozdelením potom štandardná neistota typu B daného zdroja sa určí pomocou vzťahu (4.8).

kde  $k_{Z_j}$  je koeficient rozšírenia rovný kvantilu normovaného normálneho rozdelenia pre danú pravdepodobnosť  $P$  ( $k_{Z_j} = 1,96$  pre  $P = 95\%$ ;  $k_{Z_j} = 3$  pre  $P = 99,73\%$ ).

– ak je možné len odhadnúť hranice, v ktorých sa hodnoty meranej veličiny nachádzajú vplyvom pôsobenia daného zdroja takmer na sto percent, potom štandardná neistota typu B sa určí ako

$$u_{Z_j} = \frac{z_{j\max}}{k_{Z_j}} \quad (4.9)$$

kde  $z_{j\max}$  je odhad rozsahu zmien od nominálnej hodnoty veličiny prislúchajúcej uvažovanému zdroju, ktorej prekročenie je málo pravdepodobné (ak je zdrojom meradlo tak to môže byť výrobcom definovaná maximálna dovolená chyba),

$k_{Z_j}$  je koeficient prislúchajúci zvolenej aproximácii rozdelenia pravdepodobnosti (Obr.3.2),

- pre normálne (Gaussovo) rozdelenie  $k_{Z_j} = 3$ ,
- pre rovnomerné (pravouhlé) rozdelenie  $k_{Z_j} = \sqrt{3}$ .

- V prípade využitia zobrazovacieho meradla je jedným zo zdrojov neistoty rozlíšiteľnosť
  - pri číslicovom meracom prístroji kde ide o rozlíšiteľnosť poslednej platnej číslice nie je aj napriek nemeňiacemu sa údaju pri opakovanom meraní neistota nulová a ak sa odhad neistoty zakladá na predpoklade rovnomerného rozdelenia pravdepodobnosti v intervale vymedzenom rozlíšiteľnosťou, potom štandardná neistota daného zdroja sa určí ako

$$u_{Z_j} = \frac{\varepsilon_{Z_j}}{2\sqrt{3}} \quad (4.10)$$

kde  $\varepsilon_{Z_j}$  je rozlíšiteľnosť daného meracieho prístroja (najmenšia zmena hodnoty na poslednom desiatkovom mieste predstavuje hodnotu dielika – najmenší digit),

- pri analógovom meracom prístroji je rozlíšiteľnosť (odčítateľnosť) zvyčajne daná hodnotou dielika stupnice  $\varepsilon_{zj}$  a štandardná neistota spôsobená odčítavaním nameranej hodnoty sa určí zo vzťahu (4.10).

V praxi je zvyčajne potrebné spoločne jediným číslom vyjadriť štandardné neistoty získané rôznymi metódami a z rôznych zdrojov (neistoty typu A a neistoty typu B) k čomu slúži celková (kombinovaná) štandardná neistota, pre ktorú platí

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (4.11)$$

Výsledok merania s uvažovaním štandardnej neistoty v tvare  $\bar{x} \pm u$  definuje interval pokrytia skutočnej hodnoty meranej veličiny iba s pomerne malou 68,27% pravdepodobnosťou, ktorá je vo väčšine prípadov nedostatočná. Preto je snahou stanoviť interval pokrytia, v ktorom sa skutočná hodnota nachádza s pravdepodobnosťou blížiacou sa k 100%. Vzhľadom na túto snahu sa zavádza tzv. rozšírená neistota; pre ktorú platí

$$U = k \cdot u_C \quad (4.12)$$

kde  $k$  je koeficient rozšírenia (pokrytia) závislý na type rozdelenia pravdepodobnosti

napr. pre normálne (Gaussovo) rozdelenie  $k = 2$  pre pravdepodobnosť pokrytia 95,45%,  
 $k = 3$  pre pravdepodobnosť pokrytia 99,73%.

### Výsledok merania

Výsledok merania (Obr.4.4) musí zohľadniť všetky chyby, ktoré meranie ovplyvňujú. Hrubé chyby sa na základe testu odľahlosti vylúčia. Systematické chyby je možné odhadnúť napr. overením presnejším meradlom. Hodnoty systematických chýb sa udávajú v certifikátoch prístrojov a vo výsledku sú zohľadnené v korigovanom odhade meranej veličiny. Náhodné chyby sú premenlivé. Vieme stanoviť interval, v ktorom sa s určitou pravdepodobnosťou vyskytujú a zahrnúť ho do výsledku v intervale neistoty merania.

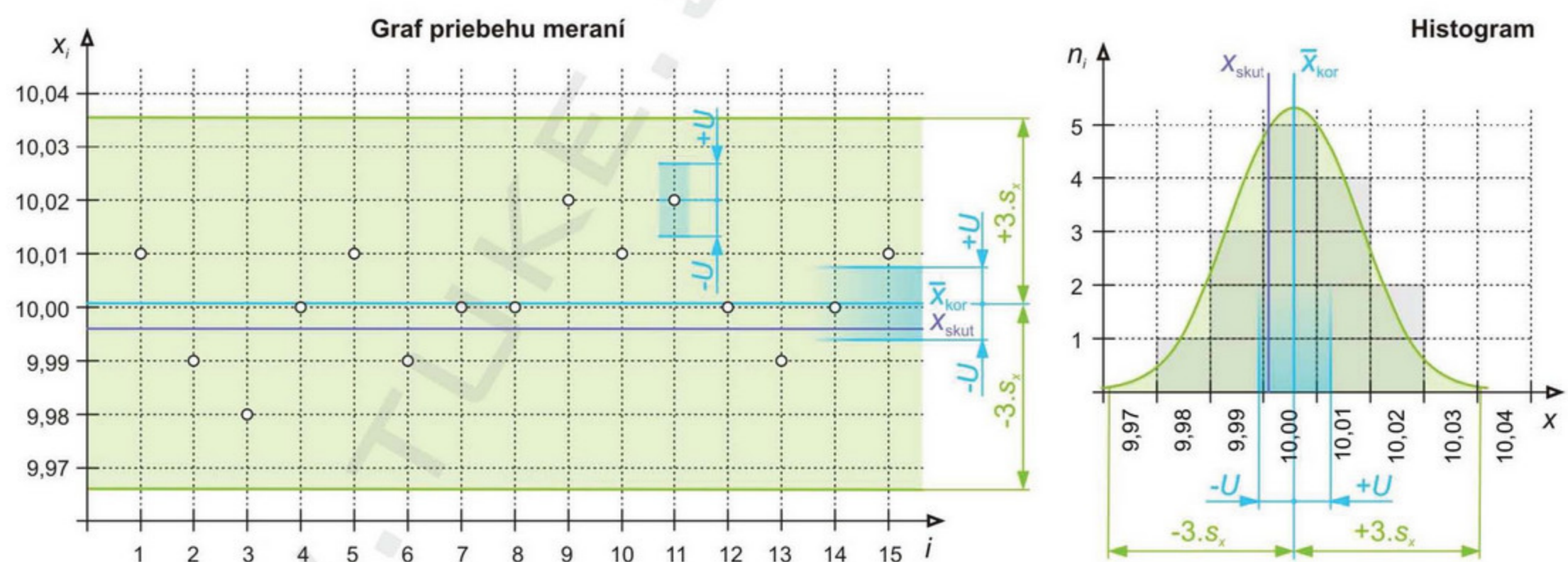
Ak sa v rámci merania určujú štandardné neistoty a následne aj rozšírená neistota, tak sa výsledok všeobecne zapíše v tvare

$$x_V = (\bar{x}_{kor} \pm U) \text{ mm} \quad (4.13)$$

kde  $\bar{x}_{kor}$  predstavuje korigovaný odhad meranej veličiny (pravdepodobnú hodnotu meranej veličiny zahrňujúcu systematické chyby,

$U$  predstavuje rozšírenú neistotu merania a určuje sa z celkovej štandardnej neistoty pomocou koeficienta rozšírenia, čím vytvára interval s väčšou pravdepodobnosťou pokrytia skutočnej hodnoty.

Pri údajoch neistoty musí byť zřejmé, či sa jedná o štandardnú alebo rozšírenú neistotu, pri rozšírenej neistote musí byť uvedený koeficient rozšírenia, poprípade aj metóda jeho stanovenia.

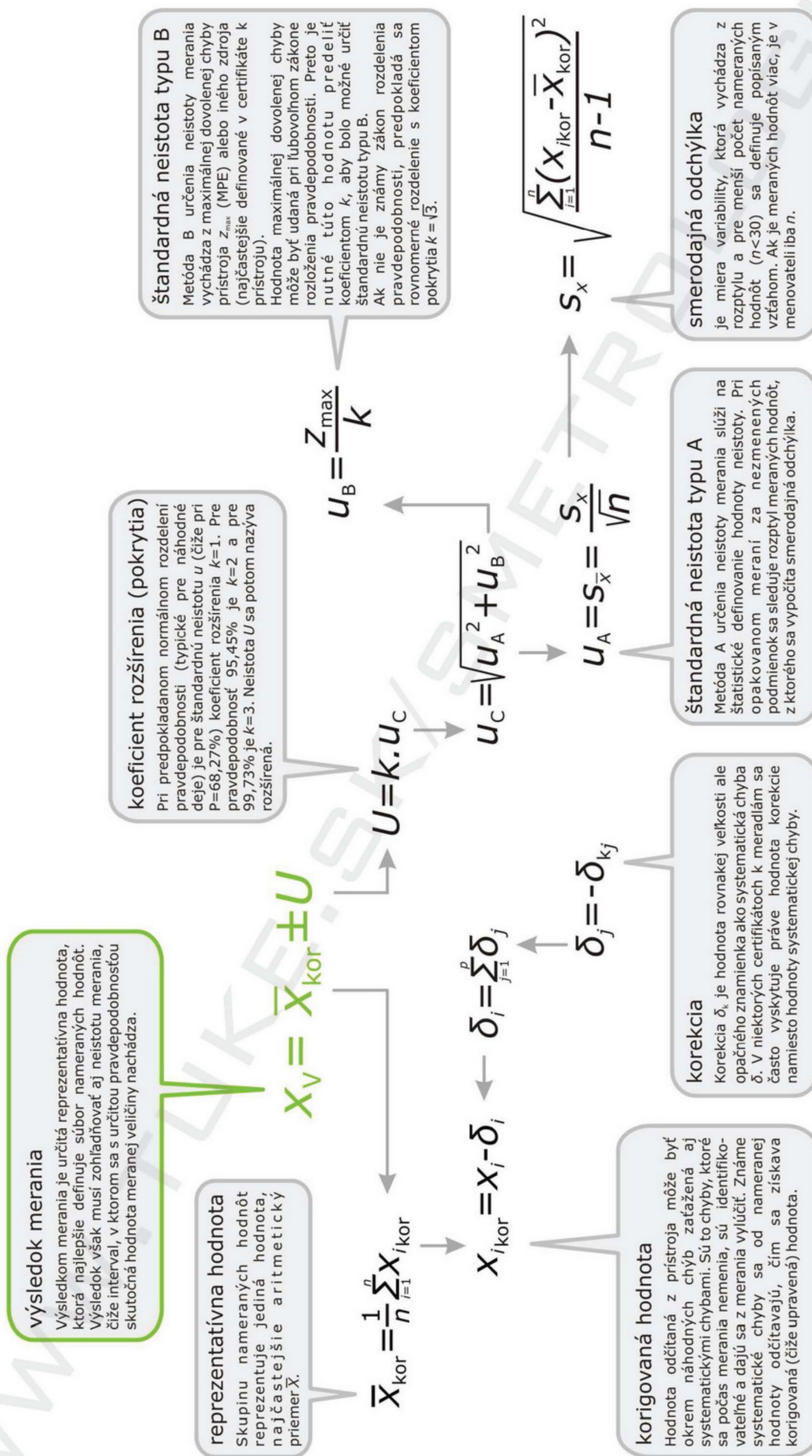


Obr.4.3 Príklad intervalu neistoty a intervalu smerodajnej odchýlky pri meraní dĺžkového rozmeru

Na príklade merania dĺžkového rozmeru na rôznych miestach súčiastky (Obr.4.3) je možné graficky ukázať dva parametre popisujúce výsledok merania: neistotu merania a smerodajnú odchýlku, ktoré sú vzťahované ku korigovanej hodnote odhadu meranej veličiny.

Neistota sa vzťahuje na presnosť zistenia každej indikácie a tá istá neistota je vzťahovaná aj na výberový priemer hodnôt indikácií. Definuje interval, v ktorom sa s určitou pravdepodobnosťou nachádza skutočná hodnota jednotlivých indikácií aj výberového priemeru. Napr. rozšírená neistota  $U$  s koeficientom rozšírenia  $k=3$  udáva interval  $\pm U$ , v ktorom sa s 99,7% pravdepodobnosťou nachádza skutočná hodnota.

Smerodajná odchýlka stanovená z meraní na rôznych miestach súčiastky popisuje rozptyl hodnôt, ktoré zahŕňajú okrem samotnej neistoty merania aj geometrické odchýlky kontrolovanej súčiastky spôsobené nepresnosťou výroby. Tento interval teda stanovuje pravdepodobnosť výskytu nameraných hodnôt. Napr. interval  $\pm 3 \cdot s_x$  zahŕňa 99,7% všetkých meraných hodnôt.



Obr.4.4 Postup vyčíslenia výsledku merania

## ÚLOHA Č.4

### DĚŽKOMERY – MERANIE DĚŽKOVÝCH ROZMEROV ABSULÚTNOU METÓDOU

#### DĚžkomery

DĚžkomery sú meracie prístroje určené pre meranie dĚžkových rozmerov. Vyrábajú sa v dvoch prevedeniach, a to so zvislou a vodorovnou osou merania. Najjednoduchšie prevedenie je využitú u zvislých dĚžkomerov (Obr.4.5). Presné pravítok s milimetrovou stupnicou je osadenú na pohyblivej pinole, ktorá je ukončená meracím dotykom. Zlomky milimetra (tisíciny a odhadom aj desaťtisíciny) sa určujú pomocou špirálového mikroskopu. V modernejších verziách sú špirálové mikroskopy nahradené matnicou a v najnovších prevedeniach sú snímané údaje plne digitalizované a prenášané na displej alebo do počítača.

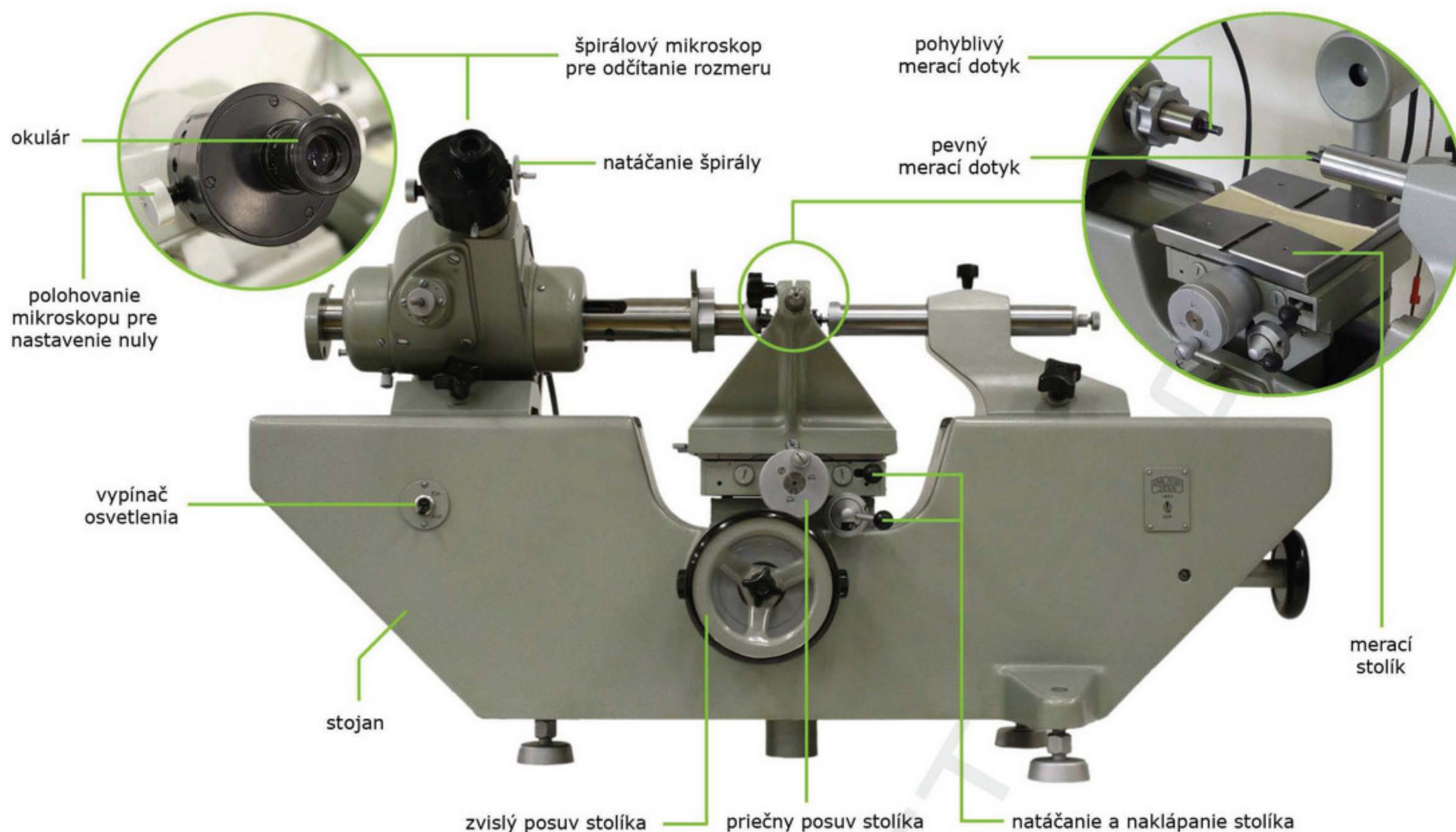
Meracia pinola osadená 100 mm dlhým pravítokom sa u Abbého dĚžkomera pohybuje v zvislej polohe. Jej hmota je kompenzovaná protizávažím uloženým vo valci naplnenom olejom, čím sa zabezpečí vhodná konštantná rýchlosť pohybu pinoly. Abbého dĚžkomer vyrábala firma Carl Zeiss Jena a jeho pôvodnú konštrukciu z roku 1890 navrhol prof. Ernst Abbe. Prístroj je určený na meranie vonkajších aj vnútorných rozmerov súčiastok dotykovou metódou.

Meraná súčiastka sa uloží na merací stolík. Uvoľnením pinoly sa pohyblivý dotyk dotkne súčiastky a rozmer súčiastky (teda vzdialenosť medzi stolíkom a hrotom) sa odčíta pomocou špirálového mikroskopu s odhadom až na desaťtisícinu milimetra. Týmto zoradením v osi je dodržaný Abbého princíp a sú vylúčené chyby 1. rádu.

Stupnica mikroskopu je osvetľovaná žiarovkou, preto je nutné prístroj pred meraním pripojiť na elektrickú sieť. Časti prístroja, ktoré prichádzajú do kontaktu s meranou súčiastkou, čiže dotyk a stolík, ako aj meranú súčiastku je nutné dôkladne očistiť a odkonzervovať. Pred meraním je potrebné skontrolovať, či je nasadený vhodný dotyk. Nulová poloha sa skontroluje tak, že dotyk necháme voľne dosadnúť na merací stolík. Pinola sa dvíha pomocou držadla na konci tiahla.



Obr.4.5 Abbého dĚžkomer od firmy Carl Zeiss Jena



Obr.4.6 Univerzálny dĺžkomer od firmy Carl Zeiss Jena

Univerzálny dĺžkomer firmy VEB Carl Zeiss Jena (Obr.4.6) je na rozdiel od zvislého Abbého dĺžkomera v prevedení vodorovnom a vďaka polohovateľnému stolíku je jeho využitie všestrannejšie. Používa sa na priame i nepriame meranie vonkajších aj vnútorných rozmerov. Vďaka svojej konštrukcii s množstvom polohovacích členov a výmenných dotykov je určený na meranie vonkajších rovinných, guľových i valcových objektov, vnútorných rovinných plôch a dier ale taktiež na meranie vonkajších a vnútorných závitov. Merací stolík má okrem možnosti posuvu v troch kolmých smeroch (priečny, pozdĺžny a výškový) schopnosť naklopenia o  $3^\circ$  a natočenia o  $4^\circ$ .

### Postup práce s dĺžkormi

Dĺžkomery sú prístroje využívané v laboratóriách. Presnosť týchto strojov je dosahovaná ich robustnou konštrukciou ale aj prísnyimi podmienkami pri ktorých sú merania prevádzané. Dôležité je stanoviť optimálne parametre okolitého prostredia a zvoliť správnu metodiku práce. Pri meraní a vyčíslňovaní výsledku merania je nutné zohľadniť všetky vplyvy vstupujúce do procesu merania. Pre dosiahnutie čo najlepšieho výsledku by sa mali brať do úvahy nie len maximálne dovolené chyby získané z certifikátov pre použité prístroje ale zohľadniť aj vplyvy náhodných javov, ktoré vznikajú počas merania konkrétnym človekom v určitom prostredí pri použitej metóde práce. Preto je pred samotným meraním dĺžkového rozmeru vhodné zistiť neistotu merania typu A. Tá stanovuje neistoty, ktoré vznikajú pri zachovaní podmienok opakovateľnosti.

Medzi podmienky opakovateľnosti patrí

- meranie podľa rovnakého postupu,
- meranie tým istým operátorom,
- meranie za nezmenených podmienok (okolie aj prístroj),
- meranie na tom istom mieste,
- meranie v krátkom časovom rozpätí.

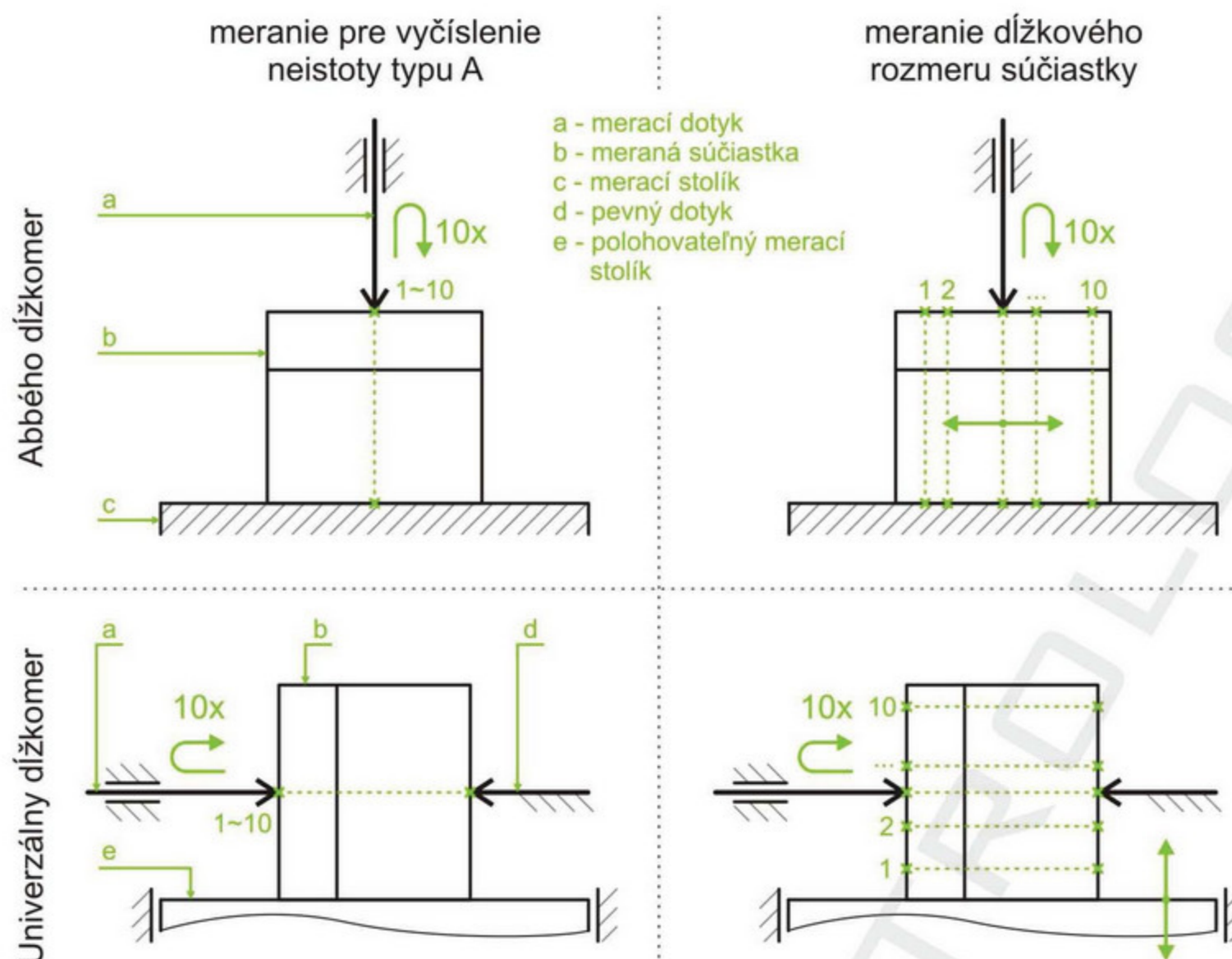
Ak sú tieto podmienky zaručené, je možné určiť zo série opakovaných meraní smerodajnú odchýlku a z nej vyčísliť neistotu typu A. Pri meraní dĺžkového rozmeru na viacerých miestach súčiastky sú namerané hodnoty ovplyvnené navyše aj miestnymi rozdielmi rozmerov. Tie vznikajú pri procese výroby súčiastky alebo jej opotrebovaním. Ide napríklad o sklon meraných rovín, odchýlky rovinnosti atď.

Ak poznáme neistotu typu A z opakovaného merania za nezmenených podmienok a neistotu typu B určíme na základe certifikátu, správnym matematickým postupom môžeme dostať kombinovanú štandardnú alebo rozšírenú neistotu merania.

Podmienkou správneho merania je aj voľba vhodného tvaru dotyku. Aby bol vytvorený bodový alebo čo najmenší plošný kontakt medzi dotykom a meranou súčiastkou, volí sa pre rovinné plochy guľový tvar, pre guľové plochy rovinný tvar a pre valcové plochy priamkový tvar dotyku.

Schéma merania pre vyčíslenie neistoty typu A a pre meranie za účelom zistenia dĺžkového rozmeru súčiastky pri použití dĺžkomerov je na Obr.4.7.



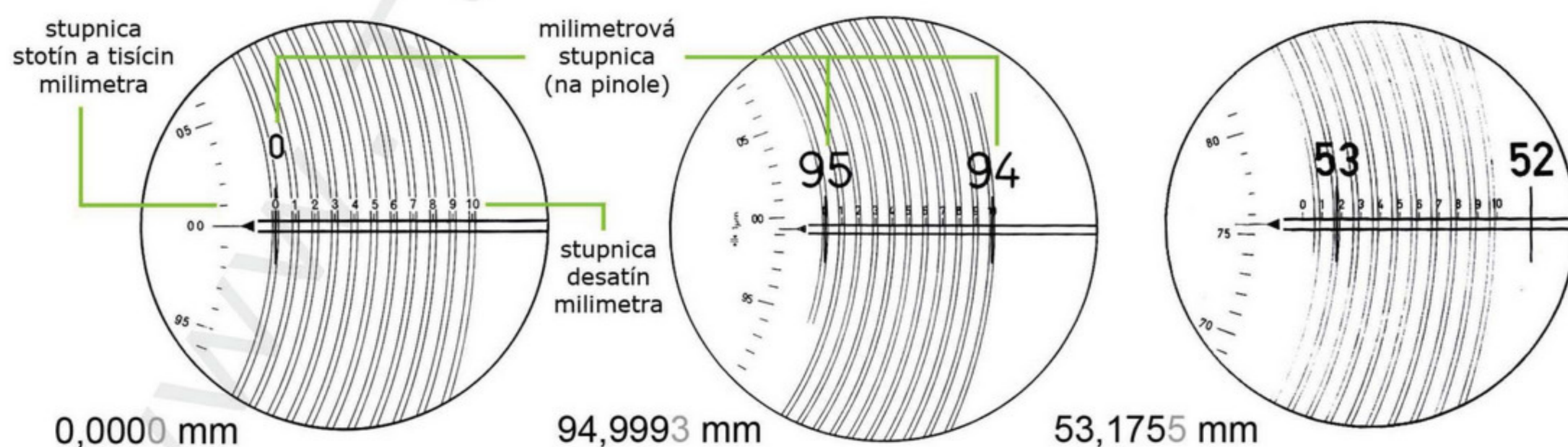


Obr.4.7 Schéma merania na dĺžkometeroch

### Spôsob odčítania hodnoty pomocou špirálového mikroskopu

Na začiatku práce s dĺžkometerom je potrebné overiť jeho nulovú polohu. Dotyk pinoly necháme dosadnúť na predmetový stolík (pri univerzálnom dĺžkometere na dotyk pevnej pinoly) a pomocou špirálového mikroskopu skontrolujeme správnosť nastavenia nulovej polohy. Ako prvé nastavíme špirálový mikroskop do nulovej polohy pomocou skrutky pre natočenie špirály. Ak sa hodnota 00 na stupnici stotín a tisícín milimetra dostane do vodorovnej polohy (u Abbého dĺžkometera do zvislej) a pretne sa s indikátorom v tvare trojuholníka, automaticky aj 0 na stupnici desiatín milimetra sa ocitne v strede dvojitej čiary Archimedovej špirály. Skontrolujeme, či aj 0 milimetrovej stupnice sa nachádza na tom istom mieste. Ak nie, nastavíme jej presnú polohu otáčaním kolieska na špirálovom mikroskope, ktorý posúva celú optiku, prípadne pri univerzálnom dĺžkometere nastavíme nulu mikrometrickou skrutkou na konci pevnej pinoly. Takto nastavenú nulu ešte 3x skontrolujeme opätovným zdvihnutím dotyku. Nula na stupnici, ktorá udáva desatiny milimetra sa musí zhodovať s nulou na stupnici, ktorá udáva celé milimetre.

Pri meraní dĺžkového rozmeru sa milimetrová stupnica umiestnená na pinole posunie o hodnotu meranej dĺžky. V okulári vidíme jednu z milimetrových rýsiek pretínať Archimedovu špirálu. Špirála má šírku menšiu ako 1 mm, preto nemôže nastať prípad, kedy by viac ako jedna ryska pretínala špirálu. Ako prvé určíme polohu milimetrovej rýsky na stupnici desiatín milimetra. V prípade hodnoty 53,1755 z Obr.4.8 vidíme milimetrovú rysku čísla 53 medzi hodnotami 1 a 2 desatinnej stupnice. Dostávame teda hodnotu 53,1 a niečo milimetra. Ako ďalšie odčítavame hodnotu stotín a tisícín milimetra na kruhovej stupnici. Indikátor ukazuje hodnotu medzi 75 a 76 tisícínami milimetra. Dostávame hodnotu 53,175 milimetra. Desatťtisícinu môžeme odhadnúť podľa polohy indikátora medzi hodnotami 75 a 76. Výsledná hodnota s odhadom je 53,1755 mm.



Obr.4.8 Odčítanie hodnôt v zornom poli špirálového mikroskopu