



VYUŽITIE VÁH A VÁŽIACICH SYSTÉMOV V PRIEMYSELNEJ PRAXI (5)

V tomto čísle sa podrobnejšie zameriame na problematiku samotnej kalibrácie váh s neautomatickou činnosťou, na faktory, ktoré ovplyvňujú neistotu merania, a tiež na to, ako kalibráciu vykonávať a plánovať. Tento článok je zameraný skôr na používateľov váh ako na kalibračné laboratórium. Nasledujúce informácie budú zjednodušené s cieľom lepšieho porozumenia problematike. Zámerom nie je, aby čitateľ sám vedel vypočítať neistotu, ale aby sa zorientoval v danej problematike a vedel si vybrať solídne kalibračné laboratórium.

Záujemcov o podrobný výpočet neistôt meraní môžeme odkázať na kalibračný postup publikovaný v práci Postupy kalibrácie váh s neautomatickou činnosťou (EURAMET Calibration guide No. 18). Dokument je voľne k dispozícii na stránkach organizácie EURAMET www.euramet.org. Ďalším vhodným doplňujúcim dokumentom je GUM Guide to the expression of uncertainty in measurement (Postup pre vyjadrenie neistoty meraní). Tento dokument vytvorila pracovná skupina 1 medzinárodného výboru pre miery a váhy Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 1) BIMP www.bimp.org.

Ako sme už v predošlých častiach uviedli, neistotu merania pri vážení zistíme pomocou kalibrácie váhy. Zopakujme si ešte raz príslušné definície.

Kalibrácia váhy je činnosť, ktorá za špecifikovaných podmienok v prvom kroku stanoví vzťah medzi hodnotami veličiny s neistotami meraní poskytnutými etalónmi a zodpovedajúcimi indikáciami s pridruženými neistotami meraní a v druhom kroku použije tieto informácie na stanovenie vzťahu s cieľom získať výsledky meraní z indikácie (VIM ods. 2.39, 3. vydanie, verzia 2008, © JCGM 2012).

Čo to v praxi znamená? Použijeme etalóny a skúšobné závažia a následne fyzicky vykonáme skúšky na váhe a zaznamenáme indikácie (čo ukazuje displej). Potom určíme vzťah medzi hodnotami etalónov a zobrazenými údajmi a chyby indikácie s priradenými neistotami (zohľadníme pri tom aj ostatné neistoty: neistotu etalónu, neistotu indikácie apod.). Nakoniec stanovíme neistoty merania, ktoré sa uvádzajú ako súčasť výsledku merania, napr.: $m = 10,3 \pm 0,13$ kg, kde údaj $\pm 0,13$ udáva rozšírenú neistotu merania pri používaní váhy na navážku 10,3 kg.

Neistota merania je nezáporný parameter charakterizujúci rozptýlenie hodnôt veličiny priradených meranej veličine na základe použitej informácie (obr. 18, VIM ods. 2.26, 3. vydanie, verzia 2008, © JCGM 2012).

Justovanie váhy je súbor činností vykonaných na meracom systéme tak, aby poskytoval predpísané indikácie zodpovedajúce daným hodnotám veličiny, ktorá má byť meraná (VIM ods. 3.11, 3. vydanie, verzia 2008, © JCGM 2012).

V praxi sa často stáva, že si ľudia pletú kalibráciu váhy s jej justážou. Ide o to, že pri kalibrácii váhy sa vykonávajú iba samotné

skúšky. Nedochádza k žiadnym nastaveniam ani úprave parametrov. Justovanie váhy je naopak zásah do meradla, keď nastavujeme indikáciu meradla v nadväznosti na použité etalóny. Cieľom kalibrácie je určiť neistotu merania v takom stave, v akom sa váha v praxi používa. Dôvodom je, že takúto neistotu môžeme aplikovať na výsledky merania pri používaní a správne stanoviť príslušné tolerancie. Ak by sme pri kalibrácii vytvorili špeciálne podmienky alebo by sme váhu dokonca nastavovali, výsledná neistota by nezodpovedala bežnému používaniu a my by sme pracovali s teoretickou hodnotou, ktorá by neodrážala skutočné podmienky použitia váhy.

Pozrime sa teda aspoň približne na problematiku kalibrácie a neistoty pre váhu s neautomatickou činnosťou. Budeme vychádzať zo základných predpokladov, že cieľom je stanovenie neistoty merania za bežných podmienok používania váhy pri vzostupnom alebo zostupnom navažovaní a pri využití tarovacej funkcie. Kalibrácia pozostáva z týchto úkonov:

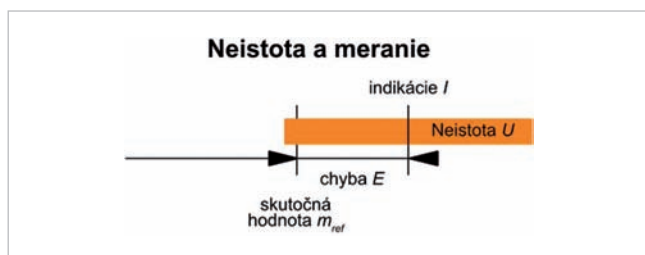
- vykonanie testov váhy etalónmi (skúšobným závažím) za špecifických podmienok,
- určenie chyby alebo odchýlky indikácie,
- vyhodnotenie neistoty merania priradenej výsledkom merania.

Rozsah kalibrácie závisí na dohode medzi kalibračným laboratóriom a používateľom. Zvyčajne ide o celý vážiaci rozsah 0 – Max. Pri veľkých váhach sa z praktických dôvodov obmedzuje rozsah kalibrácie na rozsah používania váhy. Podmienky, pri ktorých sa kalibrácia vykonáva, by mali byť vždy rovnaké ako pri bežnom používaní váhy.

Aké faktory vplyvajú na váženie, a teda aj na kalibráciu?

Ak zanedbáme podmienky okolia, ktoré sú štandardnou súčasťou všetkých úkonov s váhou, tak je prvým vplyvom tzv. vztlak vzduchu, ktorý pôsobí na váženú záťaž a tiež na kalibračné závažia. Vplyv vztlaku vzduchu je dôležitý, pokiaľ sa hustota navážky výrazne líši od hustoty etalónového závažia alebo ak vážime napríklad veľmi objemné materiály. Ďalším parametrom, ktorý ovplyvňuje výsledky, je konvekcia (prenos) tepla medzi závažím a okolitým vzduchom. Pokiaľ má závažie výrazne inú teplotu ako vzduch v okolí váhy, dochádza okolo povrchu váhy k prúdeniu vzduchu, ktorý nadfahčuje alebo priťahuje vážiacu misku. Tento faktor možno eliminovať aklimatizáciou závaží na teplotu v okolí váhy.

Výsledok kalibrácie ovplyvnia aj použité etalóny (závažia). Aj oni majú, samozrejme, určitú odchýlku od menovitej hodnoty. Hodnota etalónu je tiež zaťažená určitou neistotou. Etalóny sa delia do tried presnosti E0, E1, E2, F1, F2, M1, M2... (od najpresnejších po najmenej presné). Pokiaľ používame etalóny s výrazne menšou chybou, ako je samotná chyba indikácie váhy, môžeme túto chybu závažia zanedbať. Pri kalibrácii váhy sa pracuje s etalónmi zodpovedajúcimi odporúčeniu OIML R 111 (Medzinárodná organizácia pre legálnu metrológiu OIML, www.oiml.org). Takéto etalóny majú špecifické vlastnosti. Hustota materiálu, z ktorého sú vyrobené, je blízka $8\,000\text{ kg/m}^3$. Drsnosť povrchu zamedzuje lepeniu nečistôt. Ich magnetické vlastnosti zabezpečujú, aby nedochádzalo k vplyvom na výsledky váženia.



Obr. 18

Pri kalibrácii váhy sa vykonáva celý rad testov. Spôsob ich uskutočnenia, počet opakovaní a testovacie body volí kalibračné laboratórium podľa svojho kalibračného postupu. Podrobné odporúčania sú uvedené v už spomenutom dokumente EURAMET Calibration guide No. 18. Postupy však nemožno úplne zovšeobecniť. Vždy záleží na konkrétnej konštrukcii váhy, na jej použití a tiež na požiadavkách zákazníka, v ktorých bodoch potrebuje neistotu poznať. Ak potrebujeme dosiahnuť čo najpresnejšie výsledky, treba vykonať aj ďalšie doplnujúce skúšky a merania s cieľom overenia efektu vztlatku vzduchu, konvekcie tepla a vplyvu magnetizmu. V bežnej priemyselnej a laboratórnej praxi sa fyzicky vykonávajú tieto tri základné skúšky:

- skúška opakovateľnosti,
- skúška chyby indikácie (niekedy sa tiež nazýva skúška linearity),
- skúška vplyvu excentrického zaťaženia (niekedy sa tiež nazýva skúška excentricity).

Skúška opakovateľnosti

Skúška sa vykonáva opakovanou aplikáciou rovnakého skúšobného zaťaženia na mostík váhy. Následne sa hodnoty indikácie zaznamenajú. Je dôležité, aby sa skúška robila za rovnakých podmienok v pravidelnom rytme a rovnakým závažím. V závislosti od dielikú váhy a váživosti sa meranie opakuje desaťkrát, päťkrát alebo pri veľkých váhach trikrát. Tri opakovania sú však naozaj minimum.

Skúška chyby indikácie

Táto skúška sa robí postupným zaťažovaním a odľahčovaním váhy v rozsahu od 0 do Max. Minimálny počet skúšobných bodov je päť a mali by byť rovnomerne rozložené v celom rozsahu. Body sa volia s ohľadom na obvykle používanú veľkosť navážok. Tu sa zvyknú pridávať ešte ďalšie body podľa potrieb praxe. Ak sa pri reálnom použití váhy využíva často funkcia tary, možno skúšku rozšíriť aj o prácu s ňou.

Skúška excentricity

Pri tomto testovaní sa na rôzne miesta mostíka váhy kladie rovnaká záťaž (zvyčajne cca 1/3 Max). Hodnoty namerané mimo stredy mostíka a v jeho centre sa porovnávajú. Záťaž sa nekladie extrémne excentricky, ale vždy na miesta, kde sa bežne kladú navážky pri reálnom vážení. Niektoré váhy nemá zmysel takto skúšať, hlavne ak je miska váh veľmi malá alebo jej konštrukcia vylučuje zaťaženie mimo stredy (napr. závesná váha). V takýchto prípadoch sa môže táto skúška vynechať.

Zmyslom týchto riadkov nie je naučiť používateľov váh, ako stanoviť neistotu merania. Pri váhach ide o pomerne zložitý výpočet, pričom treba zohľadniť veľa rôznych vplyvov. Podrobné vysvetlenie určenia neistoty merania je uvedené v už spomenutom postupe. Cieľom je pochopiť, že ide o dôležitý proces s ohľadom na presnosť váženia a následne na kvalitu a bezpečnosť výroby. Preto by mala byť kalibrácia zverená do rúk kvalitným kalibračným laboratóriám, ktoré pracujú s medzinárodne uznateľnými postupmi a porovnávajú svoje výsledky v medzilaboratórnych porovnaníach s renomovanými subjektmi. Chceme tu varovať používateľov váh pred ľahkovážnym prístupom ku kalibrácii. Bohužiaľ sa stretávame aj s tým, že je používateľovi jedno, ako bola kalibrácia urobená a ako bola určená neistota. Vystačí si s akýmkoľvek papierom nazvaným kalibračný list, na ktorom sú nejaké čísla a ktorý si založí do evidencie meradla.

Základným vzorcom pre kalibráciu je matematické vyjadrenie chyby indikácie:

$$E = I - m_{ref}$$

kde E je chyba indikácie,

I – indikácia,

m_{ref} – referenčné zaťaženie („pravá hodnota“), hodnota konvenčnej hmotnosti skúšobného zaťaženia.

Neistota chyby indikácie $u^2(E)$

Ak chceme ďalej vyjadriť hodnoty neistoty pre rôzne hodnoty indikácie, je vhodné používať neistoty závislé od veľkosti skúšobnej záťaže v relatívnom tvare:

$$u_{rel} = \frac{u}{I}$$

Neistotu vydelíme indikovanou hodnotou. Po zohľadnení neistoty indikácie a neistoty referenčného závažia s použitím relatívnych neistôt dostaneme štandardnú neistotu chyby indikácie v tvare:

$$u^2(E) = u^2(\delta I_{dig0}) + u^2(\delta I_{dig1}) + u^2(\delta I_{rep}) + u_{rel}^2(\delta I_{ecc})I^2 + m_{ref}^2\{u_{rel}^2(\delta m_c) + u_{rel}^2(\delta m_B) + u_{rel}^2(\delta m_D)\} + u^2(\delta m_{conv})$$

kde E je chyba indikácie,

I_L – indikácia váhy pri zaťažení L ,

I_0 – indikácia váhy pri nulovom zaťažení,

δI_{xx} – jednotlivé korekcie vplyvu na výslednú indikáciu.

Hodnoty korekcií δI_{digL} a δI_{dig0} zohľadňujú vplyv zaokrúhľovania indikovanej hodnoty na displeji váhy.

δI_{rep} – zodpovedá chybe v dôsledku nedokonalnej opakovateľnosti.

δI_{ecc} – zodpovedá chybe spôsobenej excentrickým umiestnením ťažiska skúšobného zaťaženia.

δm_c – zodpovedá chybe spôsobenej použitím konvenčnej hodnoty skúšobného zaťaženia.

δm_B – zodpovedá chybe spôsobenej vplyvom zmeny hustoty vzduchu.

δm_D – zodpovedá chybe spôsobenej možným driftom od poslednej kalibrácie skúšobného zaťaženia.

δm_{conv} – zodpovedá chybe spôsobenej rozdielom teploty prostredia a skúšobného zaťaženia.

S cieľom zjednodušenia tento vzorec neuvažuje s náhradou skúšobných závaží substitučným zaťažením, ktoré sa často používa pri váhach s veľkou váživosťou. Na danej rovnici si môžeme všimnúť, že ju možno linearizovať. Pre stanovenie neistôt v celom rozsahu je to veľmi praktické:

$$u^2(E) = \alpha^2 + \beta^2 I^2$$

kde α predstavuje členov rovnice nezávislých od veľkosti meniacej sa indikácie,

β – predstavuje členov rovnice závislých od veľkosti meniacej sa indikácie.

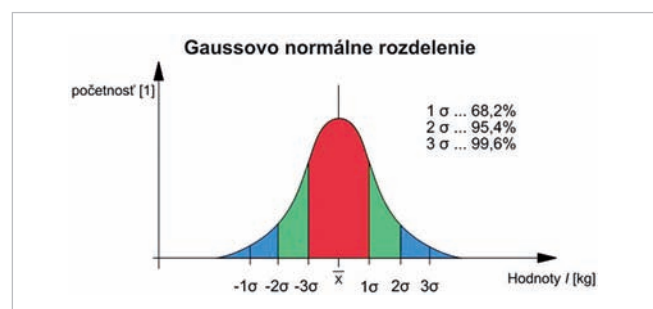
Ide samozrejme o aproximáciu, ktorá vyžaduje ďalšie úpravy rovnice. Tu je dôležité spomenúť rozšírenú neistotu pri kalibrácii, ktorá sa v praxi výhradne používa. V praxi sa zjednodušene predpokladá, že štandardná neistota má „normálne“ rozdelenie. Pokiaľ aj my použijeme tento predpoklad, rozšírenú neistotu určíme takto:

$$U(E) = k u(E)$$

kde k je koeficient pokrytia Gaussovho normálneho rozdelenia.

Tento koeficient vyjadruje, s akou pravdepodobnosťou ležia stanovené hodnoty v danom intervale hodnôt. Napr. $U_{k=2} = \pm 0,52$ g a výsledná hodnota chyby $E = 1,50 \pm 0,52$ g znamená to, že hodnoty ležia s 95 % pravdepodobnosťou v uzatvorenom intervale hodnôt $\langle 0,98g; 2,02g \rangle$. Ďalšie hodnoty pozri na obr. 19.

Od tohto vzorca urobíme ďalší skok k štandardnej neistote merania. Táto neistota je pre praktické použitie najvýznamnejšia, pretože by mala zohľadňovať spôsob použitia váhy v danom procese. Ide o odhad neistoty vychádzajúci z informácií, ktoré poskytol používateľ kalibračnému laboratóriu. Preto musí byť táto neistota oddelená



Obr. 19

od vlastnej neistoty kalibrácie. Kvalitné kalibračné laboratória vedia túto neistotu stanoviť na základe dohody s používateľom váhy. Musíme si uvedomiť, že pri reálnom používaní váhy sa spôsob práce s váhou líši od kalibrácie. Na váhu sa nekladie závažie, ale reálny materiál, ktorý nemá definované vlastnosti; váženia sa neopakujú, odčíta sa iba jedna nameraná hodnota, záťaž sa neodoberá, ale sa dovažuje (pridáva sa na váhu) atď. Preto sa zavádzajú rôzne označenia, aby nedošlo k zámene s vlastnou neistotou kalibrácie:

R namiesto I – nahradenie pojmu indikácie odčítanou hodnotou, navážka – záťaž na miske sa označuje L , výsledok váženía sa označuje písmenom W .

Výsledok váženía môžeme vyjadriť vzťahom:

$$W = R - E(R) \pm U(W)$$

a štandardnú neistotu merania nasledujúco:

$$u^2(W) = u^2(W^*) + \left[\begin{array}{l} u_{rel}^2(\delta R_{temp}) + u_{rel}^2(\delta R_{bouy}) + \\ + u_{rel}^2(\delta R_{adj}) + \\ + u_{rel}^2(\delta R_{tare}) + u_{rel}^2(\delta R_{time}) \end{array} \right] R^2$$

kde $u^2(W^*)$ je štandardná neistota merania za podmienok kalibrácie.

Výrazy vyjadrujúce vplyvy okolia a procesu váženía:

- δR_{temp} – výraz vyjadrujúci zmenu charakteristiky váhy vplyvom zmeny teploty,
- δR_{bouy} – výraz vyjadrujúci zmenu v nastavení váhy vplyvom zmeny hustoty vzduchu,
- δR_{adj} – výraz vyjadrujúci zmenu charakteristiky váhy od poslednej kalibrácie vplyvom driftu alebo opotrebenia,
- δR_{tare} – výraz vyjadrujúci vplyv použitia tary a práce s NET hodnotou merania,
- δR_{time} – výraz vyjadrujúci vplyv tzv. tečenia váhy a hysterézy pri dlhodobom zaťažení váhy alebo kontinuálnom navažovaní.

Rozšírená neistota merania:

$$U(W) = k u(W)$$

Posledným výrazom, s ktorými sa stretáme pri kalibrácii váhy, je tzv. globálna neistota. Táto neistota sa uvádza priradená k hodnote odčítanej z displeja váhy ako výsledok váženía. Zahŕňa chyby indikácie a využíva sa v prípade, že sa nevykonáva korekcia odčítanej hodnoty.

Výraz

$$W = R - E(R) \pm U(W)$$

prejde do tvaru

$$W = R \pm U_{gl}(W)$$

Po dohode s kalibračným laboratóriom tvorí tento odhad neistoty merania pri používaní prílohu kalibračného listu. Tento údaj má veľký význam pre vyhodnotenie kalibračného listu. Zhodu so špecifikáciou by mal vyhlásiť vždy používateľ váhy. Na základe výslovnej objednávky to môže urobiť aj kalibračné laboratórium, ak používateľ zadal laboratóriu svoje požiadavky na proces váženía vyjadrené formou stanovených tolerancií. Podmienkou zhody so špecifikáciou je platnosť výrazu:

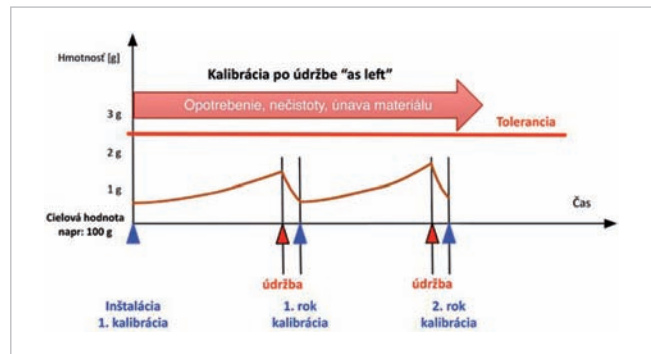
$$|E(R) + U(W)| \leq Tol$$

alebo

$$U_{gl}(W) \leq Tol$$

Inak povedané, zhodu váhy so špecifikáciou možno vyjadriť tak, že globálna rozšírená neistota výsledku váženía musí byť menšia alebo maximálne rovná stanovenej tolerancii navážky. Pre vyhodnotenie kalibrácie v celom rozsahu treba skúmať najväčšiu možnú neistotu a najprísnejšiu toleranciu určenú pre danú váhu, teda najmenej priaznivý prípad.

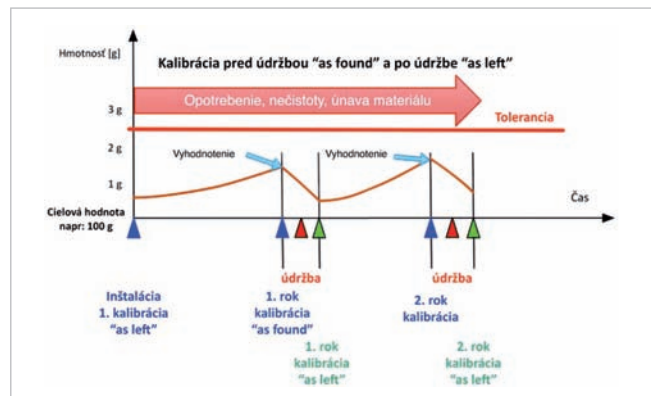
V minulosti bola kalibrácia, tak ako ju poznáme dnes, neznámym pojmom. V niektorých krajinách k nej pretrvávajúca nedôvera, lebo ju



Obr. 20

môžu vykonávať teoreticky akékoľvek subjekty. Tu je zvykom robiť kalibráciu po údržbe váhy. Táto tradícia vznikla z predpokladu, že váha by mala cca dva roky fungovať v daných toleranciách (tolerancie pre overenie STN 45 501). Potom sa dá opäť nastaviť a overiť. Aplikácia systémov kvality priniesla zavedenie pojmu pracovné meradlá. Sú to meradlá, ktoré nepodliehajú povinnej metrologickej kontrole a ich metrologická nadväznosť sa zaisťuje kalibráciou. Štát nemá záujem regulovať výrobu a výskum výrobkov. Za ne je zodpovedný výrobca. Regulácia vnútorných procesov by prinášala obmedzenia v zavádzaní moderných technológií a výrobných postupov. Systémy riadenia kvality začali pracovať s procesnými toleranciami (tiež nazývanými prevádzkové tolerancie), ktoré nevychádzajú z legislatívy, ale z potrieb daného technologického procesu a používateľa meradla (pozri predchádzajúci článok). Tým sa tiež rozšírila kalibrácia váh ako postup na zabezpečenie metrologickej nadväznosti meradla a spôsob stanovenia neistoty merania.

Na obr. 20 vidíme, čo sa stane, ak nahradíme overenie kalibráciou. Ak vykonáme údržbu pred kalibráciou, zmeníme stav meradla zásadným spôsobom a stratíme informácie, ako sa zmenila neistota za prvé obdobie používania váhy. Takže sa nedozvieme trend zhoršovania výkonu meradla a budeme len ťažko nastavovať vhodný interval kalibrácie. V najhoršom prípade je možné, že pred koncom intervalu údržby mohla byť neistota merania vyššia a mohla sa prekročiť povolená tolerancia. Následne to mohlo ohroziť kvalitu výrobkov. Systémy riadenia kvality preto zavádzajú tzv. kalibráciu pred údržbou (kalibrácia as found) a kalibráciu po údržbe (kalibrácia as left). Tento spôsob síce zvýši náklady na kalibráciu, ale zároveň zabezpečí dobrú znalosť procesu váženía a obmedzí riziká chybného merania pri výrobe alebo výskume. Ako to presne funguje? Pozrime sa na obr. 21. Keď sa blíži stanovený interval údržby, vykonáme najskôr kalibráciu. Z kalibračného listu určíme neistotu pre významné navážky a tie porovnáme s hodnotami s predchádzajúcej kalibrácie. Pokiaľ neistota počas kalibračného intervalu výrazne nenarástla v pomere k procesnej tolerancii, môžeme interval kalibrácie, prípadne aj údržby, predĺžiť. Ak sa naopak výrazne zväčšila, musíme zvážiť, či je momentálny interval kalibrácie a údržby postačujúci. Ponúka sa tu otázka: Čo je výrazne? V predchádzajúcom článku sme definovali faktor bezpečnosti $b > 1$ ako pomer T/U_c . Ak je nami zistená neistota $U_{1AF} \leq U_c$, potom je nami stanovený interval v poriadku. Ak je nami zistená neistota väčšia, môžeme to považovať za výrazné zvýšenie.



Obr. 21

Používateľ by mal perfektne poznať svoj výrobný proces alebo metódu a mal by priebežne monitorovať kľúčové parametre ovplyvňujúce výslednú kvalitu. Z toho tiež vyplýva potreba znalosti histórie meradla a jeho výkonu v čase. Výkon meradla môžeme okrem iného hodnotiť tým, že sledujeme trend zmeny neistoty počas používania. Pokiaľ je neistota merania dlhodobo stabilná, znamená to, že meradlo je tiež stále a zachováva si svoje metrologické parametre. Pokiaľ neistota merania kolíše alebo má narastajúcu tendenciu, treba tomuto meradlu venovať zvýšenú pozornosť, aby nedošlo k prekročeniu prevádzkovej tolerancie a následným nezhodám v metodike výroby alebo kvalite výrobku.

Musíme si uvedomiť, že na váhu v priebehu jej použitia pôsobia mnoho vonkajších faktorov. Sú to hlavne:

- umiestnenie váhy:
 - vibrácie budovy, stola, elektromagnetické pole, pole tiažového zrýchlenia (nadmorská výška),
 - zmeny teploty, prúdenie vzduchu, vlhkosť a hustota vzduchu, statická elektrina;
- vážený materiál:
 - hustota a magnetické vlastnosti materiálu, objem a s ním spojený vztlak vzduchu, hygroskopické vlastnosti materiálu;
- nastavenie váhy:
 - rýchlosť stabilizácie a spôsob zobrazenia stabilnej hodnoty, závažia použité na justáž váhy;
- opotrebenie váhy:
 - únava materiálu, opotrebovanie mechanických častí, znečistenie vnútorných mechanizmov, zastarávanie elektronických súčiastok, korózia, zhoršenie pohyblivosti a pod.;
- obsluha a údržba váhy:
 - spôsob obsluhy, dodržiavanie náležitých postupov, vyrovnanie váhy do roviny, čistota váhy, manipulácia s bremenom – nárazy do váhy.

Tento zoznam nie je na 100 % úplný. Je však z neho jasné, že váha a váženie sú od okamihu inštalácie a prvotného najustavenia vystavené mnohým vonkajším vplyvom, ktoré treba zohľadniť pri plánovaní jej použitia, údržby a kalibrácií. Bolo by naivné veriť, že za daných okolností bude výkon váhy počas niekoľkých rokov konštantný. Preto treba váhu pomocou kalibrácie a testov výkonu kontrolovať.

Pozrime sa teraz na to, ako plánovať prevádzku váhy. Na základe predchádzajúceho článku máme pre dané použitie váhy určené procesné tolerancie, bezpečnosť, cieľovú neistotu. Už vieme, či ide z pohľadu bezpečnosti a kvality výrobku o kritické meradlo alebo či presnosť merania výrazne ovplyvňuje náklady na prevádzku. Teraz môžeme pristúpiť k plánovaniu prevádzky a údržby. Čo potrebujeme zabezpečiť? Musíme zaistiť, aby jednotlivé merania nikdy neprekročili prevádzkovú tolerancie. Na to treba stanoviť príslušné rutinné testy (prevádzkové skúšky), nastaviť kalibrácie váh a spôsob vyhodnotenia kalibračného listu. Na základe toho určíme intervaly týchto činností vrátane údržby.

Čo máme na mysli pod pojmom rutinné testy? Ide o to, že ak by sme sa spoľahli iba na kalibráciu (napríklad jedenkrát za rok), mohlo by sa nám stať, že po kalibrácii zistíme, že neistota merania v nami kontrolovanej navážke prekročila cieľovú neistotu, a teda mohlo dochádzať k prekročeniu tolerancií. Takáto situácia je v systémech kvality kvalifikovaná ako nehoda a vyžaduje nápravné a preventívne opatrenia. Takým opatrením by mohlo byť napríklad stiahnutie výrobkov z trhu, odkedy bola vykonaná posledná kalibrácia s „dobrým výsledkom“, alebo informovanie zákazníkov, že výsledný produkt mohol za posledný rok obsahovať nesprávne množstvo navažovanej látky. Dôsledky takýchto opatrení si môžeme ľahko domyslieť. V dnešnej informačnej dobe sa správa o tom, že vaša firma počas asi jedného roka distribuovala nekvalitný produkt, rozšíri behom pár dní. Je na mieste pochybovať, že si od vás v budúcnosti niekto ešte nejaký výrobok kúpi.

Aby sme predišli podobným problémom, môžeme zaviesť rutinné testovanie váh. Prihliadneme pri tom na význam váhy v danom procese a požiadavky na presnosť. Testy sa ľahko odvodí od testov vykonávaných pri kalibrácii, len sa výrazne zjednodušia a prispôbia

naším potrebám. Budeme vychádzať z troch základných testov, ktoré sa na váhe vykonávajú:

1. test citlivosti váhy,
2. test opakovateľnosti váhy,
3. test vplyvu excentrického zaťaženia.

Test citlivosti váhy nám pomôže pri odhalení tzv. chyby indikácie. Ide o jednoduchú skúšku, keď na váhu umiestnime skúšobnú záťaž veľkosti blízkej maximálnej váživosti váhy Max. Z indikácie vidíme rozdiel medzi hodnotou indikácie a hodnotou skúšobného závažia. Pokiaľ je tento rozdiel zanedbateľný s ohľadom na stanovené procesné tolerancie a faktor bezpečnosti (nezabudnite pre istotu zohľadniť neistotu merania v danom bode z kalibračného listu), môžeme váhu pokojne ďalej používať a máme relatívne vysokú istotu, že plníme požiadavku našej tolerancie. Pokiaľ je hodnota blízka tolerancii alebo ju dokonca prekračuje, musíme začať konať. Váhu treba prestať používať a treba skontrolovať výrobky od posledného testu. Na rozdiel od kalibrácie je interval rutinných testov oveľa kratší, napríklad jeden týždeň alebo jeden deň (v kritických prípadoch). Moderné presné a laboratórne váhy sú vybavené vnútorným justovacím mechanizmom, ktorý predchádza tejto chybe. Váha sa sama justuje pri zmene vonkajších podmienok a následne kontroluje odchýlku od hodnoty závažia.

Druhým významným testom je test opakovateľnosti váhy. Táto skúška slúži na to, aby sme určili schopnosť váhy opakovať stále rovnaký výsledok pri rovnakej aplikovanej záťaži. Výsledkom takéhoto testu je súbor 6 – 10 hodnôt indikácie, ktoré zodpovedajú 6 – 10-krát položenému skúšobnému závažiu. (Pri presných váhach sa volí počet opakovaní 10, pri váhach s bežnou presnosťou a veľkou váživosťou počet opakovaní 6). Tento súbor vyhodnotíme tak, že vypočítame priemer a smerodajnú odchýlku všetkých hodnôt, ktorá nám charakterizuje rozptyl hodnôt pri opakovaní rovnakej záťaže. Smerodajná odchýlka by následne mala byť výrazne menšia ako nami stanovená prevádzková tolerancia. Ďalší postup je potom rovnaký ako pri testoch citlivosti.

Posledným testom, ktorý môže ľahko vykonať používateľ, je test vplyvu excentrického zaťaženia. Táto skúška má význam len vtedy, ak sú váhy konštruované tak, že sú senzitivne na spôsob umiestnenia zaťaženia na vážiaci mostík. Takýto prípad obvykle nastáva pri podlahových plošinových váhach s viacerými snímačmi zaťaženia (meracími senzormi), väčšinou umiestnenými v rohoch mostíka. Pri nesprávnej manipulácii môžu senzory dávať rôzne výsledky merania. Naopak pri stolových a laboratórnych váhach je táto skúška nevýznamná. Tieto meradlá sú často vybavené rôznymi mechanizmami na predchádzanie tejto chybe.

Určenie frekvencie a počtu skúšok závisí od konkrétnej situácie, nemožno dať nejaké všeobecné odporúčanie. Logicky platí, že váhy vybavené vnútornými kontrolnými mechanizmami stačí testovať menej často ako tie, ktoré takéto zariadenia nemajú. Pri bežnej laboratórnej váhe s vnútornou justážou a s kvalifikovanou obsluhou sa dá napríklad povedať, že test citlivosti by sa mohol vykonávať raz týždenne a test opakovateľnosti raz mesačne.

Nastavenie procesu vyžaduje analýzu rizika a podmienok použitia váhy v danej prevádzke. Kvalitní výrobcovia alebo špecializované firmy v oblasti metrológie vám môžu pomôcť pri nastavení parametrov vhodných prevádzkových testov. Treba si však uvedomiť, že za výsledky merania zodpovedá používateľ meradla, nie servisná organizácia. On sám najlepšie pozná riziká vyplývajúce z chybného váženia, a preto sa musí sám rozhodnúť, aké testy bude vykonávať, aké tolerancie si zvolí a ako bude pracovať s kalibračnými listami a neistotou merania.

Pokračovanie v ďalšom čísle.

Ing. Daniel Šťastný
Daniel.Stastny@mt.com

Katarína Surmíková Tatranská, MBA
ktatranska@libra-vahy.sk

Únia váharov SR
www.uniavaharov.sk