Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Výzkumné energetické centrum

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava – Poruba

Zpráva č. 119/19

Výpočty a stanovení nejistot pro metodiku VECP 02

Datum vypracování:	31. 3. 2020
Autor zprávy:	Ing. Milan Dej, Ph.D.
Počet stran:	6

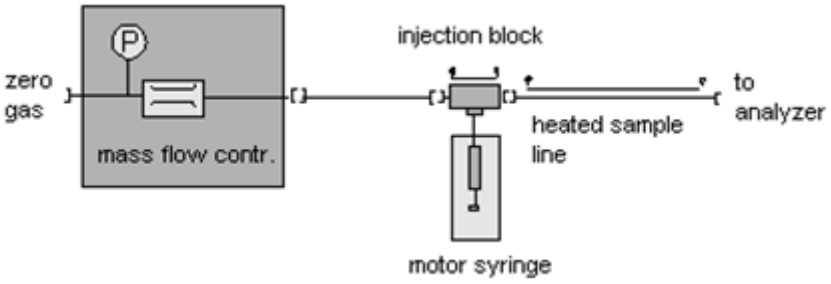
email: vec@vsb.cz *tel:* *vedoucí* *59 732 4265*
http://vec.vsb.cz *sekretariát* *59 732 4285*

Obsah

1. Zjednodušený popis metody 2
2. Parametry vstupující do výpočtu referenční koncentrace H_2O 2
3. Výpočty 3
4. Stanovení nejistot 5

1. Zjednodušený popis metody

Referenční koncentrace H_2O v plynu je připravena pomocí dynamické kalibrační jednotky SYCOS K-DPG/M od firmy Ansyco GmbH (dále jen kalibrátor H_2O). Princip je založen na přesném dávkování vody do proudu plynu o známém průtoku.



obr. č. 1 Schéma dynamické kalibrační jednotky SYCOS K-DPG/M

2. Parametry vstupující do výpočtu referenční koncentrace H_2O

2.1. Přímo stanovované parametry

Hmotnost dávkovací stříkačky, naplněnou vodou, s jehlou před zkouškou [g]
Hmotnost dávkovací stříkačky, se zbylou vodou, s jehlou po zkoušce [g]
Doba dávkování vody [h:min:s]
Objemový průtok nosného plynu (technický vzduch) do vyhřívané dávkovací komory při normálních stavových podmínkách (0°C a 101325Pa) [l/min]

2.2. Počítané parametry

Objemový tok dávkované vody v plynném skupenství (pára) během zkoušky [l/min]
Průměrná objemová koncentrace vody za dobu zkoušky [% obj.]

3. Výpočty

Používané jednotky vycházejí z jednotek nastavení kalibrátoru H_2O, které jsou dány.

V rámci přípravy zkoušky se provede výpočet dávkování vody v kapalném skupenství kalibrátorem H_2O v ml/h a to na základě nastaveného objemového průtoku nosného plynu a požadované úrovně referenční koncentrace H_2O pomocí výpočetního programu v MS Excel.

Vstupní údaje:

$Q_{vz,N}$ objemový průtok nosného plynu během zkoušky [l/min]

$c_{H2O,pož.}$ požadovaná objemová koncentrace vody [% obj.]

Konstanta vstupující do výpočtu:

k hmotnostní objem vody 1,244 [l/g]

vypočtený jako podíl molárního objemu vody 22,41 l/mol a molární hmotnosti vody 18,015 g/mol

Vypočtené hodnoty:

$Q_{H2O,N,pož.}$ požadovaný objemový tok dávkované vody (páry) [l/min]

$$Q_{H2O,N,pož.} = \frac{c_{H2O,pož.}}{100} \cdot \frac{Q_{vz,N}}{1 - \frac{c_{H2O,pož.}}{100}}$$

$M_{H2O,liq}$ dávkování vody (kapaliny) během zkoušky [ml/h]

$$M_{H2O,liq} = \frac{Q_{H2O,N} \cdot 60}{k}$$

Výše uvedený výpočet dávkování vody (kapaliny) slouží pro nastavení provozu kalibrátoru H_2O během zkoušky a nevstupuje do výpočtu referenční koncentrace H_2O.

Výpočet referenční koncentrace H_2O:

Výpočty jsou prováděny pomocí výpočetního programu v MS Excel, do kterého jsou přeneseny následující vstupní údaje:

m_1 hmotnost stříkačky před zkouškou [g]

m_2 hmotnost stříkačky po zkoušce [g]

τ doba dávkování vody vyjádřená v minutách [min]

$Q_{vz,N}$ objemový průtok nosného plynu během zkoušky [l/min]

Konstanta vstupující do výpočtu:

k hmotnostní objem vody 1,244 [l/g]

vypočtený jako podíl molárního objemu vody 22,41 l/mol a molární hmotnosti vody 18,015 g/mol

Vypočtené hodnoty:

m hmotnost vydávkované vody za dobu zkoušky [g]

$$m = m_1 - m_2$$

$Q_{H2O,N}$ objemový tok dávkované vody (páry) během zkoušky [l/min]

$$Q_{H2O,N} = \frac{m \cdot k}{\tau}$$

c_{H2O} průměrná objemová koncentrace vody za dobu zkoušky [% obj.]

$$c_{H2O} = \frac{Q_{H2O,N}}{Q_{H2O,N} + Q_{vz,N}} \cdot 100$$

4. Stanovení nejistot

4.1. Hmotnost vydávkované vody za dobu zkoušky [g]

je stanovována jako rozdíl hmotnosti dávkovací stříkačky, naplněné vodou, s jehlou před zkouškou a hmotnosti dávkovací stříkačky, se zbylou vodou, s jehlou po zkoušce. Standardní nejistota u_m je stanovena jako nejistota dvou vážení (u_{m1}, u_{m2}) a zahrnuje chybu ($u_{váhy}$) a nejistotu z kalibrace (U_{etalon}) vah při jmenovitém zatížení a chybu odečtu dílku ($u_{dílek}$ = 0,005 g).

$$m = m_1 - m_2$$

$$u_{m1} = \sqrt{\left(u_{váhy}\right)^2 + \left(\frac{U_{etalon}}{2}\right)^2 + \left(u_{dílek}\right)^2} \qquad u_{m1} = u_{m2}$$

$$u_m = \sqrt{\left(\frac{\partial m}{\partial m_1} \cdot u_{m1}\right)^2 + \left(\frac{\partial m}{\partial m_2} \cdot u_{m2}\right)^2}$$

4.2. Doba dávkování vody [min]

je stanovována digitálním časovačem. Standardní nejistota u_τ je stanovena z chyby ($u_{časovač}$) a nejistoty z kalibrace (U_{etalon}) digitálního časovače při měřeném intervalu a nejistoty odečtu času ($u_{odeč}$) na počátku (1 s) a na konci dávkování (1 s).

$$u_\tau = \frac{\sqrt{\left(u_{časovač}\right)^2 + \left(\frac{U_{etalon}}{2}\right)^2 + \left(u_{odeč}\right)^2}}{60}$$

4.3. Objemový průtok nosného plynu během zkoušky [l/min]

je měřen hmotnostním průtokoměrem kalibrátoru H_2O. Standardní nejistota u_{Qvz} je stanovena z chyby ($u_{prutokomer}$) a nejistoty z kalibrace (U_{etalon}) hmotnostního průtokoměru při jmenovitém průtoku a chyby odečtu dílku ($u_{dílek}$ = 0,005 g).

$$u_{Q_{vz,N}} = \sqrt{\left(u_{prutokomer}\right)^2 + \left(\frac{U_{etalon}}{2}\right)^2 + \left(u_{dílek}\right)^2}$$

4.4. Objemový tok dávkované vody (páry) během zkoušky [l/min]

je vypočten podle rovnice:

$$Q_{H2O,N} = \frac{m \cdot k}{\tau}$$

Standardní nejistota je vypočtena pomocí koeficientů citlivosti následovně:

$$u_{Q_{H2O,N}} = \sqrt{\left(\frac{\partial Q_{H2O,N}}{\partial m} \cdot u_m\right)^2 + \left(\frac{\partial Q_{H2O,N}}{\partial \tau} \cdot u_\tau\right)^2}$$

4.5. Průměrná objemová koncentrace vody za dobu zkoušky [% obj.]

je vypočtena podle rovnice:

$$c_{H2O} = \frac{Q_{H2O,N}}{Q_{H2O,N} + Q_{vz,N}} \cdot 100$$

Standardní nejistota je vypočtena pomocí koeficientů citlivosti následovně:

$$u_{c_{H2O}} = \sqrt{\left(\frac{\partial c_{H2O}}{\partial Q_{H2O,N}} \cdot u_{Q_{H2O,N}}\right)^2 + \left(\frac{\partial c_{H2O}}{\partial Q_{vz,N}} \cdot u_{Q_{vz,N}}\right)^2}$$

Rozšířená nejistota objemové koncentrace vody je součinem standardní nejistoty a koeficientu rozšíření k = 2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%.

$$U_{c_{H2O}} = 2 \cdot u_{c_{H2O}}$$