

# Revize norem EN, STN a ČSN 15544

Revision of Standards EN, STN and ČSN 15554



**František Jirouš**

ČVUT, Fakulta strojní, Ústav energetiky



**Tomáš Dlouhý**

ČVUT, Fakulta strojní, Ústav energetiky

**ABSTRAKT:** V článku jsou uvedeny výsledky kontroly vztahů uvedených v normě EN 15544 pro návrh kachlových kamen.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** množství paliva, objem vzduchu, objem spalin, průtok vzduchu, průtok spalin

**ABSTRACT:** This contribution gives the result of in EN 15544 kachelofen standard calculation control.

**KEYWORDS:** fuel rate, air volume, gas volume, rate of air, rate of gas

## 1. Úvod

Příspěvek se zabývá navrhováním a výpočtem kachlových kamen podle normy Evropské unie EN 15544 a z ní odvozených norem STN a ČSN 15544. Protože se hromadily připomínky a pochybnosti o správnosti uvedených výpočtových vztahů a v překladech norem STN a ČSN jsou závažné nepřesnosti, byly normy předloženy k revizi [1]. V normách se vyskytují výpočtové vztahy empirické a odvozené. Nedůvěru vzbuzovaly vztahy odvozené, nedostatečně vysvětlené koeficienty a některé empirické vztahy.

## 2. Hodnoty zadané pro výpočet

- Normy platí pro jednorázové množství přiloženého dřeva  $m_B = 10$  až 40 kg.
- Doba vyhořívání  $t_n = 8$  až 24 h.
- Měrná hmotnost šamotu je 1,75 až 2,20 kg/m<sup>3</sup>.
- Pórovitost šamotu je 18 až 33 % (objemových).
- Teplotná vodivost šamotu v rozmezí teplot 20 až 400 °C, 0,65 až 0,90 W/mK.
- Účinnost kamen  $\eta = 0,78$ .
- Přebytek vzduchu pro spalování  $\lambda = 2,95$ .
- V kamnech se spaluje standardní dřevo o výhřevnosti bezvodého vzorku dřeva 18 500 kJ/kg.
- Objem vzduchu pro spálení 1 kg dřeva je 4,0 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg při normálním stavu teploty a tlaku.
- Objem spalin ze spálení 1 kg dřeva je 4,8 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg při normálním stavu teploty a tlaku.
- Teplota v ohništi  $t = 700$  °C.
- Pro výpočet účinnosti se uvažuje: ve dřevě obsah uhlíku 38 %, vodíku 5 %, vody 17 % (hmotnostních), teplota v místnosti 20 °C a ve spalinách obsah oxidu uhelnatého 0,1 %, oxidu uhličitého 7,05 % (objemových), výhřevnost bezvodého vzorku dřeva 18 500 kJ/kg a nulová ztráta tepla v tuhých zbytcích.

## 3. Výsledky revize

1. Rovnice (1) v normě je určena pro výpočet množství dřeva  $m_B$  [kg], které bude hořet po dobu  $t_n$  [h], když je zadán tepelný výkon předaný spalinami v místnosti  $P_n$  [kW], účinnost kamen  $\eta = 0,78$  a výhřevnost dřeva s obsahem vody 17 % je 4,16 kWh/kg

$$m_B = \frac{P_n \cdot t_n}{3,25} \quad (1)$$

Častěji se uvažuje, že na vzduchu vysušené dřevo má obsah vody 20 %.

### 2. Hodinové množství spáleného paliva

V normě je uvažováno hodinové množství paliva  $m_{BU} = 0,78 \cdot m_B$ . Množství dřeva  $m_B$  [kg] určené z rovnice (1) hoří po dobu  $t_n$  [h], hodinové množství spáleného dřeva je tedy

$$m_{BU} = \frac{m_B}{t_n} \quad [\text{kg/h}] \quad (10)$$

Zavedení koeficientu 0,78 (1/h), který snižuje hodinovou spotřebu dřeva o 22 % proti spotřebě určené dle rovnice (1), není v normě nijak zdůvodněno. Tato podstatná změna ovlivní výpočet objemových průtoků vzduchu, spalin a hmotnostní průtok spalin.

3. Objemový průtok spalovacího vzduchu se nyní vypočítá ze vztahu

$$V_L = 0,00328 \frac{m_B}{t_n} \cdot f_i \cdot f_s \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (12)$$

4. Objemový průtok spalin se vypočítá ze vztahu

$$V_G = 0,00393 \frac{m_B}{t_n} \cdot f_i \cdot f_s \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (15)$$

Teplotní korekce z normální teploty na teplotu  $t$  [°C] v místě vzduchového nebo spalinového tahu je určena vztahem

$$f_i = \frac{273+t}{273} \quad (13)$$

Výšková korekce z normálního tlaku na tlak v místě umístění kamen s nadmořskou výškou  $Z$  [m]

$$f_s = \frac{1}{e^{(-9,81 \cdot Z)/78624}} \quad (14)$$

5. Hmotnostní průtok spalin

$$m_G = 0,0050 \frac{m_B}{t_n} \quad [\text{kg}/\text{s}] \quad (16)$$

6. Výpočet rychlosti proudění vzduchu nebo spalin

$$v = \frac{V}{A} \quad [\text{m}/\text{s}] \quad (22)$$

$V$  [m<sup>3</sup>/s] je objemový průtok vzduchu nebo spalin,  $A$  [m<sup>2</sup>] je plocha průřezu vzduchového nebo spalinového tahu v daném místě výpočtu. Vzhledem k opravené rovnici (10) budou rychlosti proudění mnohem menší, což se silně projeví při výpočtu tlakových ztrát.

7. Správnost empirických vztahů prověřují výrobci kamen. Pochybnosti vyvolává maximální půdorysná plocha

$$A_{BR\max} = \frac{900m_B - (25 + m_B) \cdot U_{BR}}{2} \quad (5)$$

kde značí:

$A_{BR\max}$  [cm<sup>2</sup>] maximální půdorysnou plochu ohniště,

$m_B$  [kg] maximální dávku paliva,

$U_{BR}$  [cm] obvod ohniště.

Maximální půdorysná plocha je v normě definována jako výsledek vztahů pro povrch ohniště

$$O_{BR} = 900 \cdot m_B \quad [\text{cm}^2] \quad (3)$$

a pro minimální výšku ohniště

$$H_{BR} \geq 25 + m_B \quad (6)$$

Rovnici (5) lze proto též vyjádřit

$$A_{BR\max} = \frac{O_{BR} - H_{BR\min} \cdot U_{BR}}{2}$$

takže vztah (5) je formálně v pořádku.

V kamnářské praxi se používá maximální hodnota půdorysné plochy  $A_{BR\max} = 2\,800$  cm<sup>2</sup>.

Z rovnice (5) potom plyne nerovnost

$$\frac{900m_B - (25 + m_B) \cdot U_{BR}}{2} \leq 2800$$

neboli

$$U_{BR} \geq \frac{900m_B - 2A_{BR\max}}{25 + m_B}$$

Z tohoto vztahu je pro zvolenou dávku paliva

$m_B = 22,2$  kg minimální obvod ohniště  $U_{BR\min} = 304,7$  cm.

Za předpokladu čtvercového ohniště je potom strana dlouhá 76,2 cm, a tedy půdorysná plocha ohniště  $A_{BR} = 5\,801$  cm<sup>2</sup>, což je nesmysl. Chybu je třeba hledat mezi empirickými vztahy (3) a (6).

Ve skutečnosti platí mezi obvodem ohniště a půdorysnou plochou ohniště přímý vztah. S označením u obdélníkového ohniště

$a$  [cm] – délky ohniště,

$b$  [cm] – šířky ohniště.

Uvedením poměru délky ku šířce ohniště

$$\pi = \frac{a}{b}$$

je podle normy poměr  $\pi = 1:1$  až  $1:2$ .

Šířka ohniště je

$$b = \frac{a}{\pi}$$

obvod ohniště

$$U_{BR} = 2(a+b)$$

půdorysná plocha ohniště

$$A_{BR} = a \cdot b$$

Potom

$$A_{BR} = \frac{a^2}{\pi}$$

takže

$$a = \sqrt{\pi \cdot A_{BR}}$$

Půdorysná plocha ohniště je v normě určena empirickým vztahem

$$A_{BR\min} = 100 \cdot m_B \quad [\text{cm}^2] \quad (4)$$

Pro  $m_B = 22,2$  kg a  $\pi = 1$  je strana  $a = 47$  cm a obvod ohniště  $U_{BR} = 188,5$  cm.

S minimální výškou ohniště podle vztahu (6)  $H_{BR} = 47,2$  cm je nyní povrch ohniště  $O_{BR} = 13\,335,7$  cm<sup>2</sup>

a tomu by odpovídal empirický vztah (3) pro povrch ohniště

$$O_{BR} = 600 \cdot m_B \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3a)$$

Při již známých velikostech stran je povrch ohniště též dán vztahem

$$O_{BR} = 2 \cdot a \cdot b + H_{BR} \cdot U_{BR} \quad (3b)$$

Z uvedeného vyplývá, že je-li dána empirickou rovnicí (4) půdorysná plocha ohniště, která je menší než používaná maximální hodnota 2 800 cm<sup>2</sup>, je již při zvoleném poměru délky a šířky ohniště určen obvod ohniště a rovnicí (3b) povrch ohniště. Povrch ohniště závisí též na zvolené výšce. Proto je empirický vztah (3) nepoužitelný. Rovněž rovnice (5), přesto že je formálně v pořádku, je nadbytečná.

#### 4. Závěr

Byly opraveny odvozené vztahy a zpochybněny některé empirické vztahy. K normám jsou možné další připomínky. Uvažovaný součinitel přebytku vzduchu je neobvykle vysoký. V normě se uvažuje spalování standardního dřeva. Je známé prvkové složení hořlaviny různých druhů dřev. Výpočet je proto možné upřesnit uvažováním skutečně spalovaného dřeva s laboratorním stanovením obsahu vody a výpočtem skutečných objemů vzduchu a spalin [2]. Empirický vztah pro výpočet účinnosti kamen by mohla ověřit pro účely normy Státní zkušebna kotlů. S určenou teplotou spalin na vstupu do komína je také možno účinnost kamen spočítat z komínové ztráty a ze ztráty chemickým

nedopalem [2]. V překladu normy by místo „spalovacího prostoru“ byl vhodnější název „ohniště“ a místo názvu „4.3.1.1 Vnitřní plocha spalovacího prostoru“ by byl vhodnější „povrch ohniště“. Ve výpočtu průběhu tlaku ve spalinovém traktu nejsou informace o výpočtu tlaku v úsecích se spádovým a vzestupným prouděním spalin. Výpočet je uveden v [3]. Všechny tyto připomínky jsou však bezpředmětné. Nalezené opravy uvedených vztahů jsou tak závažné, že jsou normy nepoužitelné. O neplatnosti norem musejí rozhodnout příslušné státní úřady. Jakost kachlových kamen by mohla zajistit akreditace výrobních firem. Tuto nápravu norem je třeba provést, neboť na normy se odvolávají výrobci a soudní znalci a s normami jsou ve školách seznamováni posluchači. V praxi by mohl vzniknout vážný problém, kdyby k úpravám nedošlo. Je proto skutečně nutné, věnovat úpravám norem velkou pozornost

#### Literatura:

- [1] Bítala, J. *Připomínky k normám EN. STN a ČSN 15544.*  
 [2] Jirouš, F. *Efektivní spalování paliv. Český svaz zaměstnavatelů v energetice. Praha 2013, ISBN 978-80-260-5393-4.*  
 [3] Jirouš, F. *Aplikovaný přenos tepla a hmoty. Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha 2010, ISBN 978-80-01-04514-5.*

**Emerit. prof. Ing. František Jirouš, DrSc.** – ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav energetiky  
**doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.** – ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav energetiky



TEPLÁRNA  
OTROKOVICE

## XXVII. SEMINÁŘ ENERGETIKŮ

24. - 26. ledna 2017, Luhačovice, Hotel Harmonie

Pořádá Teplárna Otrokovice a.s.

#### Témata semináře:

**Aktuální vývoj v energetice, legislativní změny, novely zákonů a dopady na energetiku | Pařížská dohoda | Surovinová a energetická politika, pohled velkých spotřebitelů energie | Přenosová soustava v ČR a okolních státech | Vývoj cen elektrické energie | Současný stav na trhu s plynem a jeho budoucnost | Novinky v regulaci | Aktuální cenová rozhodnutí | Role teplárenství v transformaci energetiky a další.**

#### Přednášející:

**Představitelé MPO, MŽP, ERÚ, Teplárenského sdružení, ČEPS a.s., ČEZ a.s., OTE a.s., SVSE a další.**

**Další info a přihlášky: [www.tot.cz](http://www.tot.cz), [jana.buresova@tot.cz](mailto:jana.buresova@tot.cz), tel.: + 420 731 514 463**