

Protokol č. 10 / 03 / 1580

## Stanovení tepelného odporu zdiva z cihelných bloků výpočtem

### 2. doplněk ke zprávě z 2.3.2010

**Zadavatel:** CONTAR PLUS s.r.o.  
Václavská 6,  
603 00 Brno  
IČO: 485 30 051

**Vypracoval:** Doc. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc.

*V. z. Nikol Štehlík*  
**Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.**  
Vedoucí ústavu THD



V Brně 25.3.2010

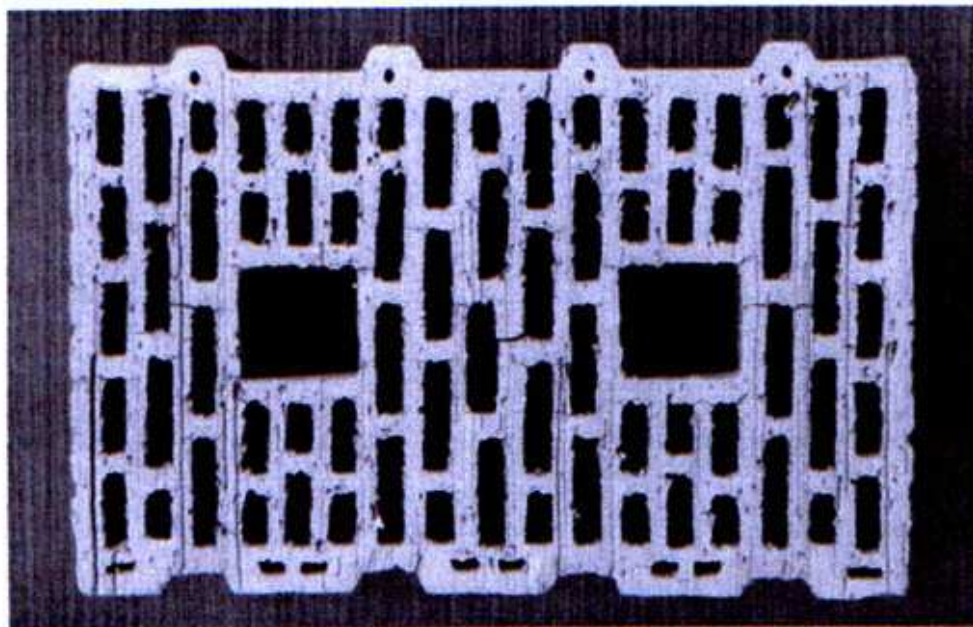


# 1 Určení součinitele tepelné vodivosti keramického střepu

Pro zjištění tepelné vodivosti vypáleného střepu byl dodán cihelný blok Keraterm 380 P+D, vyrobený v cihlářském závodě Kuzmincy, Ukrajina ( obr. 1 )

Jedná se o cihelný blok se současně aplikovanou geometrií otvorů.

Cihelný blok s u něhož je proveden výpočet tepelné odporu má geometrii otvorů dle výkresu v příloze 1. Výrobní směs a charakteristiky střepu po výpalu jsou totožné.



Obr. 1: Fotografie systému vzduchových dutin cihelného bloku CD 380 P+D.

## 1.1 Určení součinitele tepelné vodivosti keramického střepu

Cihelný blok byl vysušen při teplotě 105°C do konstantní hmotnosti. Po vychladnutí bloku na laboratorní teplotu byla za pomoci nestacionární impulsní metody stanovena na deseti místech tvarovky hodnota součinitele tepelné vodivosti cihelného střepu ve vysušeném stavu. Pro měření byl použit přístroj SHOWA – DENKO Shotherm využívající měření na principu tzv. metody horkého drátu. Před započítím měření byl přístroj metrologicky navázán na sadu referenčních materiálových etalonů dodaných výrobcem (návaznost na kalibrační list kalibrační laboratoře výrobce přístroje). Výsledky měření součinitele tepelné vodivosti na vysušeném cihelném bloku uvádí tabulka 1.

Pro další výpočty byl na základě uvedeného výsledku, uvažován izotropní součinitel tepelné vodivosti keramického střepu  $\lambda_{ker.strep} = 0,389 \text{ W/m.K}$ .

Měření součinitele tepelné vodivosti cihelného střepu (měřeno na vysušené tvarovce)										
č. měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	průměr
součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [ $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ]	0,3747	0,3846	0,3797	0,3954	0,3848	0,4008	0,3848	0,4008	0,3954	<b>0,389</b> ( $s = 0,00885$ )

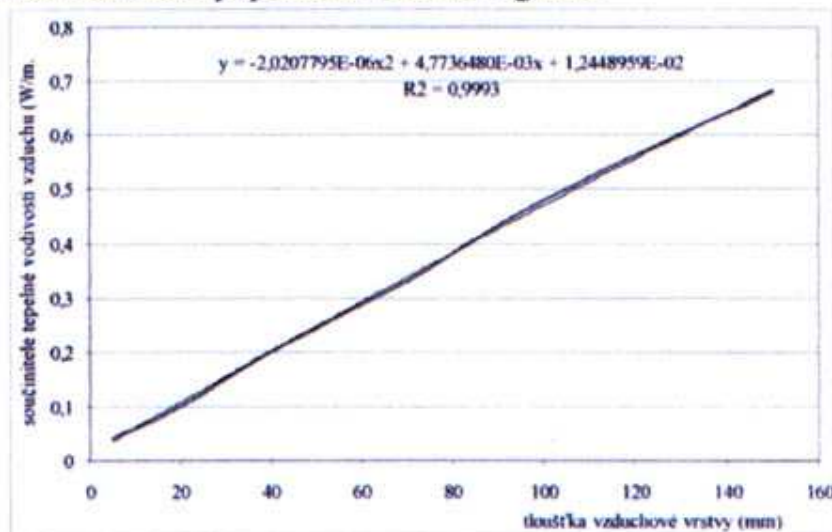
Tab. 1: Zjištěné hodnoty součinitele tepelné vodivosti cihelného střepu  $\lambda_{ker.strep}$  na vysušené tvarovce (hodnota s představuje výběrovou směrodatnou odchylku souboru hodnot  $\lambda_{ker.strep}$ ).



## 1.2 Určení tepelně – izolační vlastnosti vzduchových dutin

Pro stanovení tepelných odporů vzduchových dutin v obou směrech bylo použito návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_x$ , resp.  $\lambda_y = f(d_{vv})$  dle vztahu popsaného v ČSN 73 0540-3 tabulkou s aproximační funkční závislostí popsanou vztahem v grafu:

$d$ [mm]	$\lambda_{air}$ [W/(m.K)]
5	0,042
10	0,059
20	0,100
40	0,200
70	0,330
100	0,480
150	0,680



Tab. 2: Závislost hodnoty součinitele tepelné vodivosti vzduchu na tloušťce svislé dutiny

Graf 1: Aproximační funkční závislost hodnoty součinitele tepelné vodivosti na tloušťce svislé dutiny

## 1.3 Modelování teplotních polí a průběhů tepelných toků v blocích

Pro stanovení teplotního rozložení bylo použito předpokladu dvojrozměrného šíření tepla ve stacionárním stavu, pro tento popis tepelného šíření platí Fourieova diferenciální rovnice ve tvaru:

$$\lambda_x \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

Numerické výpočty byly provedeny metodou konečných prvků, zobrazení teplotních údajů do přehledné barevné škály bylo provedeno s podporou programu ANSYS. Podstatou metody pro stanovení rozložení teplotního pole ve 2D rozměru je ustálený tepelný stav teplotního pole diskretizované sítě plošných elementů. Příklad diskretizace uvádí obr. 3. Metoda stanovení teplotního pole pomocí numerických výpočtů je uvedena v normě ČSN 73 0540-2. K tomu jsou předepsány výpočtové hodnoty součinitelů tepelných vodivosti materiálů zúčastněných v posuzovaném stavebním fragmentu, včetně okrajových přestupových a teplotních hodnot.



## 2 Stanovení hodnot tepelného odporu cihelného bloku v podélném směru v suchém stavu

### 2.1 Sestavení geometrického modelu cihelného bloku

Pro vytvoření modelu vzduchových dutin cihelných bloků byl použit náčrt ústí šnekového lisu pro výrobu předmětného bloku - viz příloha 1. Toto uspořádání dutin bylo využito pro sestavení numerického teplotního pole.

#### Identifikační data cihelného bloku

Typ:	KERATERM 380
Rozměry pro výpalu:	380 x 245 / 238 mm
Děrování:	50%
Výrobce:	Kuzminskij kirpičnyj zavod; KKZ, Ukrajina

### 2.2 Modelování teplotních polí a průběhu tepelných toků v bloku

Teplota  $\theta_{si}$  na vnitřním povrchu tvarovky byla stanovena váženým průměrem teplot ve všech uzlech nacházejících se na linii vnitřního povrchu získaných při vyřešení teplotního průběhu na vertikálním řezu.

Výpočtový vztah (4) pro tepelný odpor  $R$  tvarovky v podélném směru byl odvozen ze vztahu pro hustotu tepelného toku (3):

$$q = \frac{(\theta_{ai} - \theta_e)}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{(\theta_{ai} - \theta_{si})}{R_{si}} \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (3)$$

$$R = \frac{R_{si}(\theta_{ai} - \theta_e)}{(\theta_{ai} - \theta_{si})} - R_{si} - R_{se} \quad [\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}] \quad (4)$$

Pro výpočty tepelného odporu zdiva z cihelných bloků bylo použito následujících okrajových výpočtových podmínek:

- Teplota vzduchu vnitřního prostředí  $\theta_{ai} = 21^\circ\text{C}$ ,
- Teplota vzduchu vnějšího prostředí  $\theta_e = -15^\circ\text{C}$ ,
- Přestupový tepelný odpor na vnitřním povrchu  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$
- Přestupový tepelný odpor na vnějším povrchu  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$
- (Tyto hodnoty odpovídají vnitřní pokojové teplotě a návrhové zimní teplotě venkovního prostředí, které ČSN 730540 uvádí pro brněnskou oblast).





### 3 Závěr

Výpočtem stanovený tepelný odpor keramické voštinové tvarovky s vnitřním uspořádáním vnitřních voštinových dutin podle obrázku v příloze 1 je uveden v tabulce 3:

označení	$d$ [mm]	$R_t$ [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	$\lambda_{eq}$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$R_{t,m}$ [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
Tvarovka 1	380	2,68	0,1416	2,68

Poznámka – označení veličin::

- $d$  skladebný rozměr bloku.
- $R_t$  tepelný odpor vlastního cihelného bloku ve vysušeném stavu zjištěný váženým průměrováním.
- $\lambda_{eq}$  ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti bloku.
- $R_{t,m}$  tepelný odpor zdiva z cihelných bloků ve vysušeném stavu v podélném směru.

Tab. 3: Přehled hodnot tepelného odporu voštinového cihelného bloků zjištěný výpočtem



*Handwritten signature* □