



ZieloneGodziny.pl®
wspieramy czyste źródła energii



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



Ministerstwo Funduszy
i Polityki Regionalnej



**Ciało Doskonale Czarne,
czyli promieniowanie termiczne.**

**Prawie połowa ciepła ucieka z naszych domów
przez okna w wyniku promieniowania cieplnego.**

TAK  LEPIEJ



**Zielone
Godziny.pl®**
Czas na czystą energię!



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



Ministerstwo Funduszy
i Polityki Regionalnej

Symulacje obliczeniowe prowadzące do wniosków na temat udziału promieniowania termicznego w wydostawaniu się ciepła z domów/mieszkań.

Promieniowanie ciepłe

Model ciała doskonale czarnego

Dla ciała doskonale czarnego (emisyjność $\varepsilon = 1,0$) moc promieniowania obliczana jest na podstawie prawa Stefana-Boltzmann'a:

$$P = \sigma \cdot A \cdot (T_g^4 - T_p^4)$$

gdzie $\sigma = 5,670374419 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ to stała Stefana-Boltzmann'a.

Podstawiając wartości:

- $T_g = 323,15 \text{ K}$ (50°C)
- $T_p = 293,15 \text{ K}$ (20°C)
- $A = 1 \text{ m}^2$

Otrzymujemy **moc promieniowania dla ciała doskonale czarnego: 199,6 W.**

[A tak bardziej realistycznie] Model ciała doskonale szarego

Dla rzeczywistych materiałów stosuje się model ciała szarego z emisyjnością mniejszą od jedności. Moc promieniowania wynosi:

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_g^4 - T_p^4)$$

Typowe wartości emisyjności dla materiałów grzejników:

- **Żeliwo surowe:** $\varepsilon = 0,8 \rightarrow 159,7 \text{ W}$
- **Stal malowana:** $\varepsilon = 0,92 \rightarrow 183,6 \text{ W}$
- **Aluminium:** $\varepsilon = 0,77 \rightarrow 153,7 \text{ W}$
- **Ceramika:** $\varepsilon = 0,9 \rightarrow 179,6 \text{ W}$

Konwekcja naturalna

Charakterystyka przepływu

Dla płyty pionowej o wysokości $L = 1$ m obliczono podstawowe liczby bezwymiarowe charakteryzujące konwekcję naturalną:

Liczba Grashofa : $Gr = [g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L^3] / [\nu^2] = 3,49 \times 10^9$

Liczba Rayleigha : $Ra = Gr \cdot Pr = 2,48 \times 10^9$

Gdzie $\beta = 3,25 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ to współczynnik rozszerzalności cieplnej powietrza, a $Pr = 0,71$ to liczba Prandtla dla powietrza.

Model konwekcji

Ponieważ $Ra > 10^9$, przepływ ma charakter **turbulentny**. Zastosowano korelację dla turbulentnej konwekcji naturalnej na płycie pionowej:

$$Nu = 0,13 \cdot Ra^{1/3} = 176,0$$

Współczynnik przejmowania ciepła : $h = (Nu \cdot k) / L = 4,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Moc konwekcji : $P_{\text{conv}} = h \cdot A \cdot \Delta T = 138,8 \text{ W}$

Ruch powietrza i energia kinetyczna

Prędkość i przepływ powietrza

Konwekcja naturalna generuje pionowy ruch powietrza opisywany wzorami empirycznymi:

Maksymalna prędkość powietrza : $v_{\text{max}} = 0,65 \cdot \sqrt{[g \cdot L \cdot \Delta T / T_p]} = 0,651 \text{ m/s}$

Przepływ objętościowy : $Q = 0,019 \cdot [g \cdot \Delta T / T_p]^{0,4} \cdot L^{1,2} = 0,0190 \text{ m}^3/\text{s}$

Co odpowiada **68,5 m³/h** przepływu powietrza.

Moc mechaniczna ruchu powietrza

Moc mechaniczna ruchu powietrza

Strumień masy powietrza : $\dot{m} = \rho \cdot Q = 0,0218 \text{ kg/s}$

Energia kinetyczna generowanego ruchu powietrza:

$$P_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v_{\text{max}}^2 = 0,00463 \text{ W} = 4,63 \text{ mW}$$

Siła ciągu konwekcyjnego : $F = \dot{m} \cdot v_{\text{max}} = 14,2 \text{ mN}$

Analiza wykazuje następujący rozkład mocy cieplnej oddawanej przez grzejnik ze stali malowanej ($\epsilon = 0,92$):

Mechanizm	Moc [W]	Udział [%]
Promieniowanie	183,6	56,9
Konwekcja	138,8	43,1
Energia kinetyczna	0,005	0,001
Razem	322,4	100,0

linki:

<https://www.sfu.ca/~mbahrami/ENSC 388/Notes/Natural Convection.pdf>

https://jesaun.journals.ekb.eg/article_114955_d565bfd28e362dd24d9e2de6ec3a4050.pdf

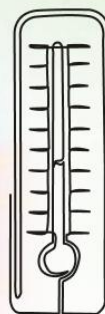
https://www.engineeringtoolbox.com/convective-air-flow-d_1006.html

https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_12974.pdf

Aleksander Rybacki, ZieloneGodziny.pl

+48 511 423 975

www.fundacja.DEMOK.pl



1° = 5% zł

**Dzięki zastronom termicznym możesz
grzać jak na 16° – 17°, a cieszyć się 20°
i zaoszczędzić 15 – 20% na rachunkach!**

Czy wiesz, że połowa ciepła „ucieka” z domu przez
zastrony i okna w formie promieniowania termicznego?