

Termowizja – część 1

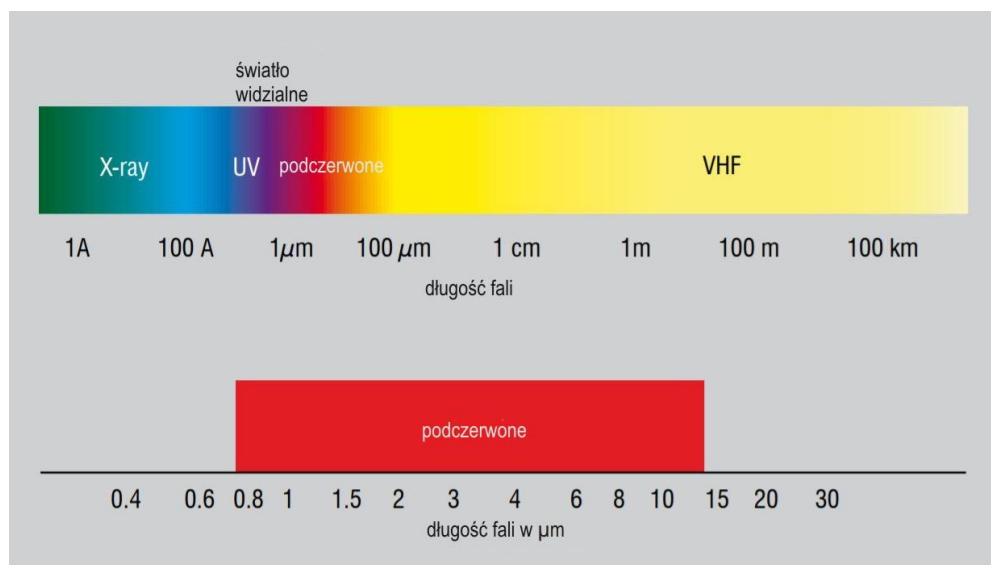
Wprowadzenie

Coraz bardziej restrykcyjne wymagania w zakresie ochrony cieplnej budynków wymagają poszukiwania nie tylko najlepszych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych czy technologicznych, ale również bardzo precyzyjnych narzędzi i technik obliczeniowych, badawczych oraz diagnostycznych mających na celu projektowanie budynków spełniających kryteria energooszczędności. **Termowizja (termografia)** jest techniką obrazowania, która pozwala na precyzyjną, bezinwazyjną i szybką ocenę stanu termicznego badanego obiektu. Jest przede wszystkim bardzo przydatna w diagnostyce stanu technicznego budynków istniejących, które chcemy poddać termomodernizacji. Badanie polega na bezkontaktowym pomiarze temperatury na powierzchni badanego obiektu przy pomocy kamery termowizyjnej, która rejestruje promieniowanie podczerwone i przetwarza na kolorową mapę temperatur – termogram. Odzwierciedla on rozkład temperatury powierzchniowej badanego obiektu. W niniejszym opracowaniu przedstawione są podstawowe pojęcia i prawa fizyki wykorzystywane w termowizji. Przykłady zastosowań tej techniki w budownictwie, jak również sposób przeprowadzenia badania z zastosowaniem kamery termowizyjnej omówione są w materiale pt.: Termowizja – część 2.

Podstawowe pojęcia i prawa fizyki stosowane w termografii

Widmo promieniowania

Promieniowanie elektromagnetyczne, które wypełnia otaczającą nas przestrzeń, charakteryzuje długość emitowanej fali lub jej częstotliwość. Zakres częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego nazywa się widmem elektromagnetycznym. Jest ono umownie podzielone na szereg obszarów, nazywanych pasmami (Rys.1) o określonych długościach fal. We wszystkich pasmach promieniowanie podlega tym samym prawom, a jedyną różnicą jest długość fali.



Rys. 1. Widmo fal elektromagnetycznych [1].

W termografii wykorzystuje się pasmo podczerwieni. Jest ono często dzielone na mniejsze pasma, których granice są również określone umownie. Promieniowanie podczerwone emituje każde ciało o temperaturze powyżej 0°K.

Ciało doskonale czarne – to ciało, które całkowicie pochłania padające na nie promieniowanie elektromagnetyczne niezależnie od długości fali, kąta padania i temperatury obiektu promieniującego. Jego zdolność absorpcyjna wynosi 1. W rzeczywistości takie ciało nie istnieje. Stanowi jednak punkt odniesienia dla rozważań na temat promieniowania podczerwonego i jego pomiarów.

Emisyjność – określa możliwość emisji elektromagnetycznego promieniowania termicznego przez dane ciało. Jest funkcją jego temperatury i częstotliwości emitowanego promieniowania. Emisyjność można też określić jako miarę intensywności promieniowania emitowanego przez dane ciało (np. obiekt) w stosunku do intensywności promieniowania emitowanego przez ciało doskonale czarne o tej samej temperaturze. Współczynnik emisyjności ϵ przyjmuje wartości od 0 do 1 [2,3]. Dla ciała doskonale czarnego emisyjność wynosi zawsze 1. Oznacza to, że ciało takie pochłania całą energię, nie odbija jej ani nie przepuszcza. Obiekty rzeczywiste odbiegają od tego modelu, dlatego przy pomiarach należy uwzględnić tą odchyłkę poprzez wprowadzenie współczynnika emisyjności.

Wartości współczynników emisyjności dla wybranych materiałów przedstawiono poniżej:

Material	ϵ	Material	ϵ	Material	ϵ	Material	ϵ
Asfalt	0,90-0,98	Marmur	0,94	Śnieg	0,83	Tkaniny	0,90
Beton	0,94	Tynk	0,80-0,90	Szkło	0,90-0,95	Skóra	0,75-0,80
Cement	0,96	Cegła	0,93-0,96	Plastik	0,85-0,95	Guma (czarna)	0,94
Piasek	0,90	Woda	0,92-0,96	Drewno	0,90	Lakier	0,80-0,95
Ceramika	0,90-0,94	Lód	0,96-0,98	Papier	0,70-0,94	Ziemia	0,92-0,96
Brąz polerowany	0,1	Cynk, blacha	0,2	Stal, blacha niklowana	0,11	Złoto polerowane	0,02

Podstawowe prawa opisujące promieniowanie ciała doskonale czarnego

Prawo PLANCKA

Max Planck opisał rozkład widmowy promieniowania ciała doskonale czarnego następującym wzorem:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \cdot 10^{-6}$$

gdzie:

$W_{\lambda b}$ – emitancja widmowa (zdolność emisyjna) ciała doskonale czarnego dla długości fali λ

c – prędkość światła = 3×10^8 m/s

h – stała Plancka = $6,63 \times 10^{-34}$ J s

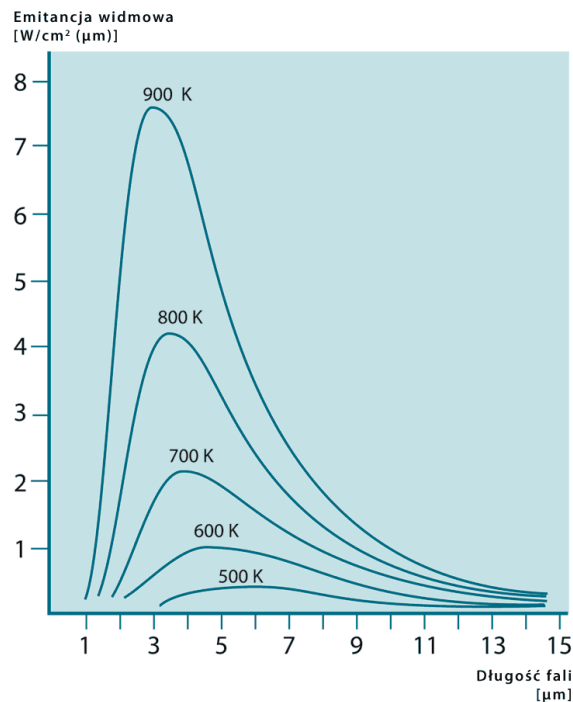
k – stała Boltzmanna = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T – temperatura bezwzględna (K) ciała doskonale czarnego

λ – długość fali (μm)

Stosowany jest współczynnik 10^{-6} , ponieważ emitancja widmowa jest wyrażana w $\text{W}/\text{m}^2, \mu\text{m}$.

Na Rys.2 przedstawiono krzywe Plancka obrazujące emitancję widmową ciała doskonale czarnego dla różnych temperatur bezwzględnych.



Rys.2. Emitancja widmowa ciała doskonale czarnego dla różnych temperatur bezwzględnych [4].

Prawo WIENA

Opisuje zależność wynikającą z rozkładu Plancka dotyczącą długości fali, dla której rozkład osiąga maksimum. Ze wzrostem temperatury widmo promieniowania ciała doskonale czarnego przesuwa się w stronę fal krótszych zgodnie ze wzorem:

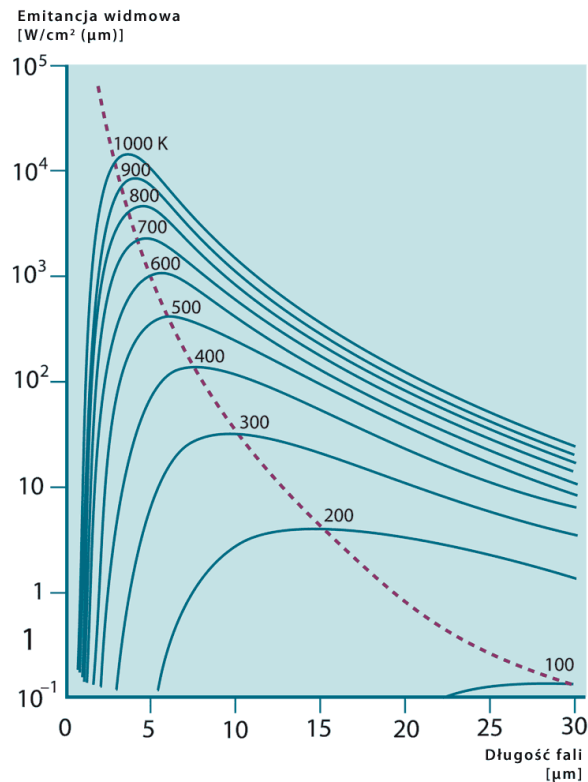
$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

gdzie:

b – stała Wiena; $b = 2,8977685 \cdot 10^{-3} \pm 5,1 \cdot 10^{-9}$, $\text{m} \cdot \text{K}$

T – temperatura ciała doskonale czarnego, K

Na Rys. 3 przedstawiono krzywe Plancka dla różnych temperatur bezwzględnych przedstawione w skali półlogarytmicznej w zakresie od 100 do 1000 K, gdzie linią kropkowaną oznaczono miejsca występowania maksimum emitancji dla każdej temperatury zgodnie z prawem Wiena.



Rys.3. Emitancja widmowa ciała doskonale czarnego dla różnych temperatur bezwzględnych z oznaczeniem miejsca występowania maksimum emitancji dla każdej temperatury zgodnie z prawem Wiena [5].

Prawo STEFANA - BOLTZMANN

Określa ono zależność całkowitej zdolności emisyjnej ϵ ciała doskonale czarnego od jego temperatury bezwzględnej T i wyraża się wzorem:

$$W_b = \sigma \cdot T^4$$

gdzie:

σ – stała Stefana - Boltzmann; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$, W/m² · K⁴

T – temperatura, K

Literatura

[1] <https://wobit.com.pl/download/editoruploads/files/swiatlo.JPG>

[2] Współczynnik emisyjności – wpływ na dokładność pomiaru temperatury;

<https://axiomet.eu/pl/pl/page/1346/Wspolczynnik-emisyjnosci-wplyw-na-dokladnosc-pomiaru-temperatury-pl/>

[3] H. Wiśniewski: Zastosowanie termowizji w budownictwie;

<http://www.praze.pl/UserFiles/File/Pakiety/5/5.1/Zastosowanie%20termowizji%20w%20budownictwie%20-%20szkolenie%202.pdf>

[4] http://www.itermowizja.pl/wp-content/uploads/2014/06/emitancja_widmowa.gif

[5] http://www.itermowizja.pl/wp-content/uploads/2014/06/emitancja_widmowa_wien.gif

Opracowanie:

Dr inż. Anna Staszczuk