



Wpływ sprawności promienników podczerwieni na koszt zużycia energii

Edyta Dudkiewicz, Natalia Fidorów, Janusz Jeżowiecki
Politechnika Wrocławska

1. Wstęp

Promieniowanie podczerwone wysyłane przez gazy, ciecze i ciała stałe jest wytwarzane w wyniku pobudzenia elektronowego atomów i cząsteczek oraz ruchów drgających i rotacyjnych cząsteczek ciał promieniujących. Zjawisko emitowania mocy promienistej przez ciało nagrzane do określonej temperatury nosi nazwę promieniowania temperaturowego lub cieplnego. Powstaje ono wskutek nieustannego ruchu cząsteczek ciała promieniującego [4].

System ogrzewania promiennikami podczerwieni zaczął się rozwijać w Stanach Zjednoczonych na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, po opatentowaniu pierwszego promiennika z prostymi rurami i ekranem. Zainteresowanie tym systemem szybko rosło i zjawisko promieniowania było wykorzystywane w coraz to nowszych modelach promienników i taśm promieniujących [1, 3, 6, 13]. W zależności od konstrukcji promienników gazowych dzielą się one na promienniki o intensywności wysokiej (ceramiczne) i niskiej (rurowe). Zasadnicza różnica w ich budowie wynika ze sposobu spalania mieszanki powietrzno-gazowej. W rurowych następuje ono wewnątrz rury, zaś w ceramicznych – na powierzchni ceramicznej płyty.

Znanych jest wiele publikacji opisujących zastosowanie promienników podczerwieni w obiektach wielko kubaturowych oraz zasady i zalety ich stosowania, np. [1, 2, 18, 19]. Różnice wynikające z konstrukcji i geometrii pomieszczenia wielko kubaturowego, jego przeznaczenia i sposobu użytkowania powodują, że nie ma szczegółowych uni-

wersalnych zasad rozmieszczenia promienników. Zależą one bowiem także od specyficznej dla każdego producenta konstrukcji promienników. Należyte rozmieszczenie promienników wymaga podania ich typu i mocy, a ponadto miejsca montażu, wysokości, kąta nachylenia i rozstawu między nimi. W tym celu należy podać podstawowe informacje o obiekcie [5, 13], mianowicie:

- przeznaczenie hali i czas użytkowania w ciągu doby,
- rodzaj technologii, rozmieszczenie stanowisk pracy,
- wymiary pomieszczenia i cechy budowlane – grubość i materiał przegród, stopień przeszklenia, wielkość bram wjazdowych, izolacyjność ścian i stropu,
- odstęp między słupami konstrukcyjnymi i wysokość torów suwnic lub innych przeszkód,
- sposób wentylacji pomieszczenia,
- rodzaj dostępnego paliwa do ogrzewania,
- żadaną temperaturę wewnątrz obiektu podczas jego funkcjonowania oraz temperatury dyżurnej.

Na podstawie powyższych informacji określa się moc cieplną do ogrzewania, która stanowi podstawę do ustalenia rodzaju i wielkości promienników (wydajności cieplnej), ich wysokości zamontowania, zasięgu promieni cieplnych oraz odległości między nimi.

Prawidłowo zaprojektowane ogrzewanie promiennikami gazowymi podczerwieni pozwala osiągnąć w pomieszczeniu żadaną temperaturę odczuwalną [11]. Spotykana w literaturze [1, 13] intensywność promieniowania nie powinna przekraczać 300 W/m^2 na wysokości 1,8 m nad posadzką, natomiast według [8] dopuszczalną wartością jest 200 W/m^2 na wysokości 1,5 m nad podłogą. Intensywność promieniowania i wysokość zamontowania promienników jest decydującym kryterium ich doboru, gdyż nie można dopuścić do nadmiernego wzrostu temperatury odczuwalnej na wysokości głowy człowieka. Maksymalna dopuszczalna wartość tej temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzką wynosi, według [7], 25°C . Producenci promienników podają minimalne wysokości zawieszenia urządzeń w zależności od ich mocy cieplnej.

Szczególnie istotnym parametrem przy doborze promienników jest sprawność radiacyjna, która nazywana jest również współczynnikiem promieniowania, bądź sprawnością kierunkową promieniowania. Parametr ten jest często mylony ze sprawnością cieplną (temperaturową) urządzenia.

2. Sprawność promienników

Promienniki oddają ciepło do przestrzeni przez promieniowanie i konwekcję, przy czym znacząca liczba dostępnych na rynku polskim promienników oddaje 45% do 55% całego ciepła przez konwekcję. Na rys. 1 pokazano bilans mocy dla promiennika gazowego. Wielkością charakteryzującą jakość promiennika, a więc efektywność przekazywania ciepła drogą przez promieniowanie do otoczenia, jest sprawność radiacyjna (kierunkowa) promiennika η_R , obliczana ze wzoru (1):

$$\eta_R = \frac{Q_R}{Q_c} \cdot 100 \quad (1)$$

w którym:

- η_R – sprawność radiacyjna (kierunkowa) [%],
- Q_R – moc promieniowania wysyłana w żądanym kierunku [kW],
- Q_c – moc całkowita promiennika [kW].

Sprawność radiacyjna może być również wyznaczona w oparciu o sumę strat konwekcyjnych i radiacyjnych z elementów konstrukcyjnych promiennika oraz strat ciepła w spalinach, ze wzoru:

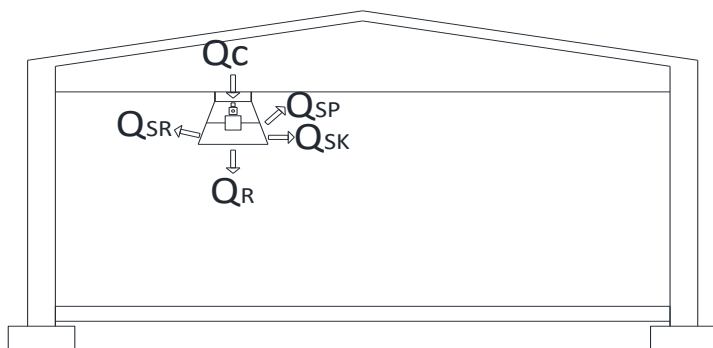
$$\eta_R = \left(1 - \frac{Q_{SK} + Q_{SR} + Q_{SP}}{Q_c}\right) \cdot 100 \quad (2)$$

w którym:

- Q_{SK} – moc strat ciepła na drodze konwekcji z elementów konstrukcyjnych do otoczenia [kW],
- Q_{SR} – moc strat ciepła na drodze promieniowania z elementów konstrukcyjnych w niepożądanym kierunku [kW],
- Q_{SP} – moc strat ciepła w spalinach, [kW].

W większości kart katalogowych producentów podawana jest sprawność cieplna promiennika η_c , która wynosi:

$$\eta_c = \frac{Q_R + Q_{SK} + Q_{SR}}{Q_c} 100 \quad (3)$$

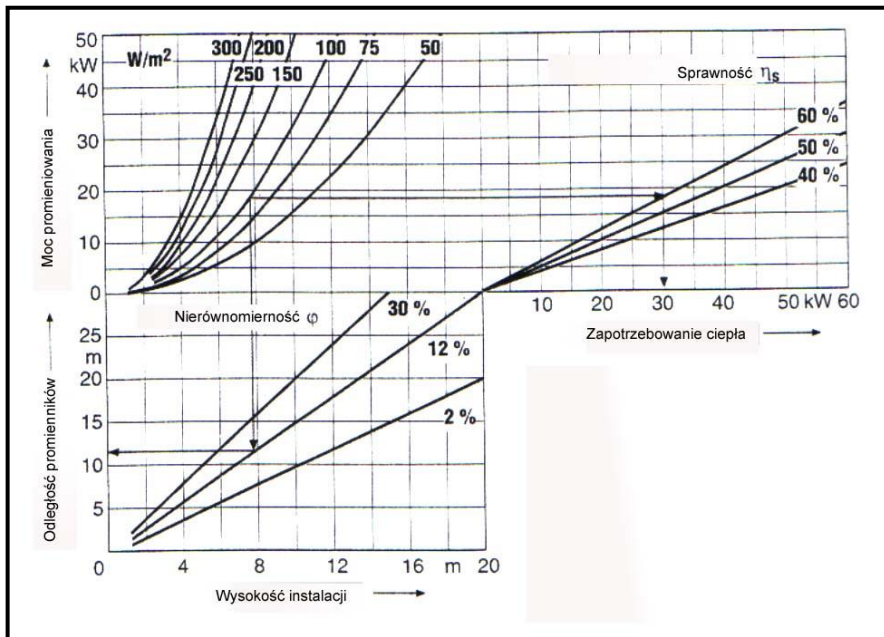


Rys. 1. Bilans mocy dla ceramicznego gazowego promiennika podczerwieni. Oznaczenia: Q_c – moc całkowita promiennika, Q_R – moc promieniowania wysyłana w żądanym kierunku, Q_{SK} – moc strat ciepła na drodze konwekcji z elementów konstrukcyjnych do otoczenia, Q_{SR} – moc strat ciepła na drodze promieniowania z elementów konstrukcyjnych w niepożądanym kierunku, Q_{SP} – moc strat ciepła w spalinach.

Fig. 1. Power-balance of the high intensity infrared heater. Symbols: Q_c – total power of heater, Q_R – radiant power send in demanded direction, Q_{SK} – heat loss through convection from the construction elements to the environment, Q_{SR} – heat loss through radiation from the construction elements in undesirable direction, Q_{SP} – heat loss in the combustion gases.

Do ogrzewania budynków wykorzystywane jest ciepło oddawane przez promieniowanie Q_R , zaś ciepło oddawane przez konwekcję Q_{SK} jest z punktu widzenia ogrzewania ciepłem straconym [7]. Przy doborze liczby i mocy promienników powinna być więc uwzględniana sprawność radiacyjna promienników na poziomie 45–80%, a nie sprawność cieplna podawana w kartach katalogowych na poziomie 95%. Moc cieplna promienników to moc palników, a rzeczywista wartość mocy radiacyjnej promiennika wynika z uwzględnienia jego sprawności radiacyjnej. Na rys. 2 pokazano nomogram do doboru promienników ceramicznych uwzględniający sprawność radiacyjną promienników [10, 12]. Dla przykładu: w hali, w której ze względów konstrukcyjnych możliwe jest zamontowanie promienników na wysokości 7,7 m nad posadzką i dlażądaney intensywności promieniowania 100 W/m^2 , moc promieniowania urządzeń powinna wynosić 18 kW i przy przyjęciu ich sprawności radiacyjnej na poziomie 60% moc cieplna promienników musi wynosić

30 kW. Współczynnik ϕ na nomogramie na rys. 2 określa stopień nierównomierności intensywności promieniowania, czyli nierównomierność pola cieplnego. Wskazane jest, by współczynnik ten był mniejszy od 12% [10]. Można więc odczytać, że odległość między promiennikami powinna wynosić dla tych założeń 11,5 m.



Rys. 2. Nomogram do doboru promienników ceramicznych [10, 12].

Fig. 2. High intensity infrared heaters selection chart [10, 12].

3. Metodyka badań sprawności radiacyjnej promienników gazowych

Niewielu producentów podaje moc promieniowania, czy sprawność radiacyjną promienników. Wynika to z konieczności przeprowadzenia badań zgodnie z normą PN-EN 419-2 [16], bardzo kosztownych i dotąd nie wykonywanych w Polsce.

Powyższa norma zawiera wymagania i metody pomiaru efektywności jasnych, górnych promienników gazowych z palnikiem atmosferycznym stosowanych w pomieszczeniach niemieszkalnych w celu uzyskania racjonalnego zużycia energii przy zachowaniu komfortu cieplnego.

go. Norma nie odnosi się do urządzeń używanych w pomieszczeniach mieszkalnych i na zewnątrz oraz do urządzeń o obciążeniu cieplnym powyżej 120 kW. Nie odnosi się również do urządzeń ze wstępnym zmieszaniem gazu z powietrzem do spalania, ani do urządzeń w których dostarczanie powietrza lub wypływ spalin odbywa się za pomocą urządzeń mechanicznych. Zmierzona sprawność promieniowania nie powinna być niższa od 0,4. Norma przewiduje dwie klasy urządzeń, pierwsza – dla promienników o sprawności między 0,4 a 0,5 oraz druga – dla promienników o sprawności powyżej 0,5.

Pomiar mocy promieniowania powinien być przeprowadzony przy montażu promienników zgodnym z wytycznymi producenta. Obszar roboczy powinien umożliwiać odpowiednie zamontowanie promiennika, posiadać wentylację umożliwiającą odprowadzanie spalin, powinien również posiadać możliwość rozproszenia powstałego ciepła. Temperatura w pomieszczeniu powinna wynosić $20\pm 5^{\circ}\text{C}$, a w obszarze pomiarów (zamontowania czujników) nie powinno być odczuwalnego przeciągu. Temperatura czujników powinna być sprawdzona przed pomiarami i po pomiarach. Dla czujników chłodzonych powietrzem powinna wynosić w obu przypadkach $20\pm 5^{\circ}\text{C}$, a dla czujników chłodzonych wodą nie powinna się zmienić więcej niż o 5°C . Norma dopuszcza dwie metody pomiarowe A i B.

W metodzie A promiennik należy umieścić na wysokości od 2 do 2,5 m nad powierzchnią posadzki. Pomiaru należy dokonać dla mocy nominalnej, lub maksymalnej i minimalnej jeżeli urządzenie jest dwustopniowe lub modulowane. Promiennik należy zasilić gazem, dla którego podano jego moc cieplną. W metodzie A pomiaru dokonuje się na siatce kształcie półsfery – dla promienników o długości do 1,3 m lub półwalca z dwiema ćwiartkami sfery na końcach – dla promienników o długości większej niż 1,3 m (wtedy długość półwalca powinna być równa długości promiennika). Pomiarów dokonuje się w punktach siatki oddalonych o $20\pm 1^{\circ}$ w obu kierunkach na sferze w płaszczyźnie stycznej do sfery. Odległość punktów pomiarowych na półwalcu nie powinna być większa niż 0,8 m. Dla układów symetrycznych zalecany jest pomiar na połowie siatki. Każdy czujnik powinien być wyposażony w ekran. Wymagania dotyczące czujników i ekranów są szczegółowo opisane w normie. Obszar roboczy powinien być odizolowany od innych źródeł promieniowania, np. słonecznego z okien czy od innych urządzeń grzew-

czych. Powierzchnie w obszarze roboczym powinny być pokryte materiałami nieodbijającymi. Temperatury powierzchni nie mogą się zmienić podczas pomiaru o więcej niż 5°C. Pomiarów dokonuje się w każdym punkcie siatki jako różnicowe z ekranem i bez ekranu. Wyniki pomiarów zestawia się w tabelach, których wzory są załącznikami do normy. Odpowiednio zsumowane i przeliczone dają natężenie promieniowania, a następnie są przeliczane na zmierzoną moc promieniowania. Tę przeliczoną moc koryguje się ze względu na absorpcję składników powietrza i dopiero po skorygowaniu moc promieniowania odnosi się do mocy cieplnej urządzenia. Wyniki pomiarów i obliczeń zamieszcza się w raporcie, którego wzór również stanowi załącznik do normy.

Podczas pomiarów metodą B promiennik należy umieścić co najmniej 1,2 m nad powierzchnią posadzki. W tej metodzie używa się odpowiednio skalibrowanych radiometrów posiadających sterowane termostatem chłodzenie wodne oraz przedmuchiwanie azotem. Pomiarów dokonuje się na płaskiej siatce w kształcie prostokąta. Koniec siatki określa się jako punkt narożny, w którym promieniowanie jest mniejsze niż 1% z wartości maksymalnej zmierzonej pod urządzeniem. Punkty siatki rozmieszcza się co 100 mm. Podłoga w obszarze roboczym powinna zostać wykonana z materiału nieodbijającego. Pomiarów dokonuje się w punktach siatki, a natężenie promieniowania w polu siatki oblicza się jako średnie dla 4 skrajnych punktów pomiarowych. Moc promieniowania uzyskuje się mnożąc wyniki przez pola powierzchni wycinków siatki. Pomierzoną moc promieniowania koryguje się ze względu na absorpcję składników powietrza. Skorygowaną moc promieniowania odnosi się do mocy cieplnej urządzenia dla zastosowanego gazu. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zamieścić w raporcie, którego wzór stanowi załącznik do normy.

4. Przykład doboru promienników z uwzględnieniem sprawności radiacyjnej

Do analizy przyjęto halę wielkokubaturową o zapotrzebowaniu na ciepło, obliczonym zgodnie z PN-EN 12831 [17], równym $Q = 480$ kW. Literatura [14, 15] podaje, że obliczone na podstawie normy [17] zapotrzebowanie na ciepło, należy obniżyć o około 20–30% przy zastosowaniu ogrzewania z użyciem promienników gazowych podczerwieni. Do

analizy doboru systemu ogrzewania przyjęto 3 typy promienników firmy Schwank [9], które jako jedne z nielicznych na rynku polskim podają w kartach katalogowych sprawność radiacyjną zmierzoną zgodnie z EN 419-2 [16] i potwierdzoną deklaracją techniczną wydaną przez laboratorium testowe DVGW. Założono czas pracy promienników w ciągu roku 960 godzin. Analizę doboru przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Analiza doboru promienników

Table1. Heaters selection analysis

Typ promiennika	ECO Schwank 18	Primo Schwank 15	Supra Schwank 20
Moc cieplna promiennika [kW]	18,0	14,5	15,4
Sprawność cieplna η_c [%]	95,0	95,0	95,0
Sprawność radiacyjna η_R [%]	50,4	66,2	79,2
Radiacyjne zapotrzebowanie na ciepło $Q_{tz} = Q / (\eta_R \cdot \eta_c)$ [kW]	1003	763	638
Liczba promienników [sztuk]	56	52	42
Zainstalowana moc cieplna promienników [kW]	1008	754	647
Zużycie gazu GZ50 [m ³ /h]	1,81	1,45	1,54
Roczne zużycie gazu [m ³ /rok]	97305,6	72384,0	62092,8
Cena promiennika netto [euro]	830	1450	1900

5. Analiza ekonomiczna kosztów zużycia gazu

Na podstawie rocznego i maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na gaz dobrano dla analizowanego zakładu taryfy, według których obliczono roczne koszty zużycia gazu dla trzech przypadków doboru promienników w hali produkcyjnej. Do porównania wykorzystano taryfy Operatora Gazociągów Przesyłowych Gaz-System S.A. oraz Operatora systemu dystrybucyjnego Dolnośląskiej Spółki Gazownictwa sp. z o.o., dla których przykładowe przedsiębiorstwo kwalifikuje się odpowiednio do taryf E-1A i W-5A. Stawki zastosowane w taryfach przedstawiono w tabeli 2, natomiast w tabeli 3 – roczne koszty zużycia gazu dla obu taryf i trzech przypadków doboru promienników gazowych.

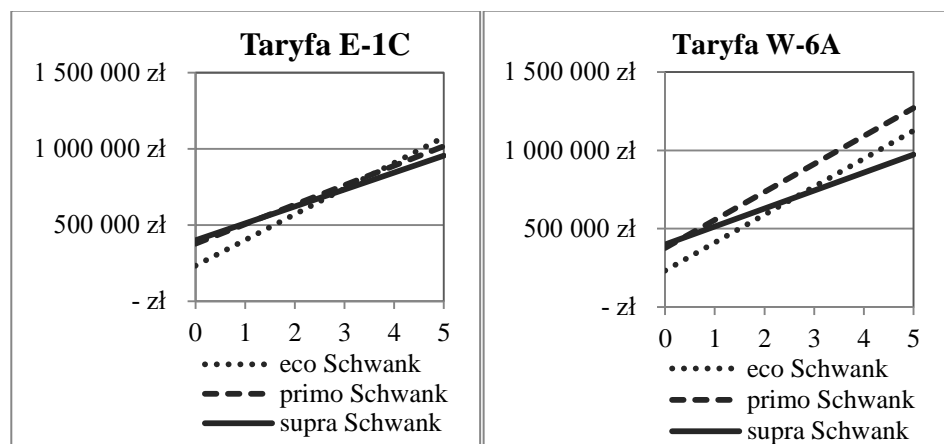
Tabela 2. Stawki opłat netto za paliwo gazowe w taryfach E-1A i W-6A**Table 2.** Net charges for gas fuel in tariffs E-1A and W-6A

Nazwa taryfy		E-1A	W-6A
Cena za paliwo gazowe		1,2945 zł/m ³	1,2480 zł/m ³
Opłata abonamentowa		660,00 zł/m-c	143,00 zł/m-c
Stawki opłat sieciowych	stała	0,0436 zł/(m ³ /h) za h	0,0681 zł/(m ³ /h) za
	zmienna	0,0341 zł/m ³	0,2262 zł/m ³

Tabela 3. Opłaty za paliwo gazowe (brutto) w taryfach E-1A i W-6A dla trzech typów dobranych promienników**Table 3.** Fees for fuel gas (gross) in tariffs E-1A and W-6A for three types of selected infrared heaters

Nazwa promiennika	Nazwa taryfy	E-1A brutto	W-6A brutto	
EcoSchwank 18 Moc umowna 110 m ³ /h	Cena za paliwo gazowe	154 933,38 zł	149 367,99 zł	
	Opłata abonamentowa	9 741,60 zł	2 110,68 zł	
	Stawki opłat sieciowych	stała	70,79 zł	110,57 zł
		zmienna	4 081,29 zł	27 072,95 zł
	SUMA		168 827,06 zł	178 662,18 zł
PrimoSchwank 15 Moc umowna 80 m ³ /h	Cena za paliwo gazowe	115 252,34 zł	111 112,34 zł	
	Opłata abonamentowa	9 741,60 zł	2 110,68 zł	
	Stawki opłat sieciowych	stała	51,48 zł	80,41 zł
		zmienna	3 036,00 zł	20 139,11 zł
	SUMA		128 081,42 zł	133 442,54 zł
SupraSchwank 20 Moc umowna 70 m ³ /h	Cena za paliwo gazowe	98 866,33 zł	95 314,93 zł	
	Opłata abonamentowa	9 741,60 zł	2 110,68 zł	
	Stawki opłat sieciowych	stała	45,05 zł	70,36 zł
		zmienna	2 604,36 zł	17 275,83 zł
	SUMA		111 257,34 zł	114 771,80 zł

Opłaty dla dwóch taryf różnią się między sobą ze względu na różne stawki opłat, różnice te wynoszą między 3,1% a 5,5%. Ze względu na ilość zużywanego paliwa, te różnice wynoszą nawet około 10 000 zł. Dużo większe różnice występują między systemami z dobranymi różnymi typami urządzeń. Wynikają one z różnic pomiędzy sprawnościami promienników i dużo większą ilością zużytego gazu, dla uzyskania tego samego efektu przy niskiej sprawności promieniowania. Inwestując w system wysokosprawny można zaoszczędzić na paliwie między 57 570 zł a 63 890 zł, co stanowi około 35% kosztów ogrzewania. Oczywiście urządzenia bardziej energooszczędne są droższe i aby ocenić opłacalność zastosowania droższych urządzeń należy wykonać chociażby najprostszą analizę ekonomiczną. Rys. 3 przedstawia wyniki analizy ekonomicznej w postaci wykresów kosztów skumulowanych.



Rys. 3. Wykresy kosztów skumulowanych trzech systemów grzewczych
Fig. 3. Diagrams of cumulative costs for three heating systems

6. Dyskusja wyników

Uwzględnienie zarówno sprawności cieplnej, jak i radiacyjnej promienników, było podstawą do obliczenia właściwej liczby promienników jaką należy zastosować w hali. Dobrano promienniki o zbliżonej mocy cieplnej. Zastosowanie promienników o sprawności radiacyjnej na poziomie 80% powoduje możliwość zainstalowania 10 sztuk mniej niż o sprawności 66% i 14 sztuk promienników mniej niż o sprawności 50% i nieco większej mocy (18 kW).

Mniejsza liczba promienników przekłada się na znaczne oszczędności zużycia gazu na cele grzewcze. Bowiem promienniki o najniższej sprawności radiacyjnej zużyją w ciągu jednego sezonu grzewczego o 57% gazu więcej niż promienniki o najwyższej sprawności radiacyjnej.

Z tabeli 1 można odczytać liczby promienników w poszczególnych systemach oraz ich ceny jednostkowe. Zakładając, że cena montażu będzie porównywalna we wszystkich przypadkach, można oprzeć analizę na cenach zakupu urządzeń. Koszt zakupu 56 promienników EcoSchwank 18 wynosi około 232 684 zł, z kolei 52 promienników PrimoSchwank 15 – 377 460 zł, a 42 promienników SupraSchwank 20 – 399 487 zł. Wykresy kosztów skumulowanych (rys. 3) obrazują, który z systemów daje najniższe koszty po kilku latach eksploatacji; obejmują one analizę dla trzech rodzajów promienników dla dwóch taryf.

W przypadku taryfy E-1C koszty skumulowane po 5 latach różnią się o około 8%, przy czym system wyposażony w najtańsze promienniki EcoSchwank18 daje najwyższe koszty skumulowane. System wyposażony w najdroższe wysokosprawne promienniki daje po 5 latach najniższe koszty. Natomiast promienniki PrimoSchwank, których zakup kosztuje nieomal tyle ile promienników typu SupraSchwank, dają po 5 latach koszty pośrednie pomiędzy dwoma pozostałymi systemami.

Jeżeli inwestor wybierze taryfę W-6A, okazuje się, że zakup promienników PrimoSchwank staje się nieopłacalny już po pierwszym roku użytkowania. Inwestycja w promienniki SupraSchwank w porównaniu z EcoSchwank zwraca się już po 3 latach. W przypadku taryfy W-6A promienniki EcoSchwank dają niższe koszty skumulowane niż PrimoSchwank nawet po 5 latach użytkowania instalacji grzewczej.

7. Wnioski

Tradycyjne ceramiczne promienniki gazowe posiadają sprawność radiacyjną na poziomie 50%. W celu pokrycia strat ciepła hali wymagane jest więc zastosowanie promienników o dwukrotnie większej mocy cieplnej niż to wynika z obliczeń zapotrzebowania na moc cieplną. W literaturze niemieckiej już w latach 90' pojawiły się nomogramy do doboru gazowych promienników podczerwieni z uwzględnieniem sprawności radiacyjnej urządzeń. W Polsce wciąż istnieje przekonanie, że moc cieplna promienników (moc palników) jest wyznacznikiem do

obliczenia mocy cieplnej koniecznej do zainstalowania w hali w celu pokrycia strat ciepła. Powoduje to utrzymanie w hali parametrów cieplnych na zbyt niskim poziomie i dyskomfort cieplny pracowników. Na rynku pojawiły się promienniki, których sprawność radiacyjna sięga już 80%. Zastosowanie takich urządzeń pozwala na zainstalowanie o 25–30% mniejszej liczby promienników w hali, co wpływa również na mniejsze zużycie gazu na cele grzewcze w ciągu roku. Większe koszty inwestycyjne wynikające z zastosowania droższej, bardziej energooszczędnej technologii zwracają się już w ciągu pierwszych trzech lat po zainstalowaniu systemu grzewczego, dając w kolejnych latach oszczędności rzędu kilkudziesięciu tysięcy złotych rocznie w przypadku średniej wielkości hali produkcyjnej.

Określenie sprawności radiacyjnej promienników wymaga przeprowadzenia kosztownych badań zgodnie z normą PN-EN 419-2, nie wykonywanych dotąd w Polsce. Wcześniej stosowane metody kalorymetryczne uniemożliwiają otrzymanie deklaracji technicznej, jednak mogą być cenną wskazówką dla producenta i projektanta systemu, gdyż jak wykazano w analizie sprawność radiacyjna ma istotny wpływ na racjonalne projektowanie systemu.

Literatura

1. **Antoniewicz B., Koczyk H.:** *Gazowe i elektryczne promienniki podczerwieni – przykłady rozwiązań (1)*. Ogrzewnictwo Praktyczne. 5. 17–24 (1999).
2. **Barker M.:** *Using infrared heating*. Plant Engineering. January 2002.
3. **Bąkowski K.:** *Ogrzewanie gazem hal przemysłowych i obiektów użyteczności publicznej*. Gaz Płynny. 9/1998.
4. **Burakowski T., Giziński J., Sala A.:** *Podczerwień i jej zastosowania*. MON, Warszawa 1963.
5. **Centaurus:** *Instrukcja dla instalatorów promienników SX.SBM*, Gdańsk
6. **Chmielowski A.:** *Ogrzewanie w budynkach przemysłowych*. Polski Instalator. 9/1998.
7. **Cihelka J.:** *Ogrzewanie przez promieniowanie*. Arkady. Warszawa 1965
8. *Heizungsanlagen mit Hellstrahlern. Planung – Installation – Betrieb*, DVGW-Arbeitsblatt G 638/I, 03/1991.
9. <http://www.schwank.pl/pl/home.html>
10. **Kämpf A.:** *Experimentelle Untersuchungen an Gasinfrarotstrahlern hinsichtlich der Strahlungsverteilung und Strahlungswirkungsgrad*. Stadt- und Gebäudetechnik 5, 30–33 (1996).

11. **Kämpf A.:** *Heizungsanlagen mit Heizstrahlern ohne Gebläse (Hellstrahlern) – Neufassung des DVGW-Arbeitsblattes G 638 Teil 1. Gaswärme International* (53) Nr 2/2004.
12. **Kämpf A.:** *Optimale Platzierung von Strahlungsheizung*, HLH, 9, 509–514 (1991).
13. **Kowalczyk M.:** *Promienniki podczerwieni. Ogrzewanie XXI wieku. Solaren-Bis*, Gdańsk 2000.
14. **Kowalczyk M.:** *Temperatura na żądanie*, Magazyn Instalatora, nr 1 (77) styczeń 2005.
15. **Pijanowski R.:** *Promiennik gazowy AMBI RAD do ogrzewania dużych i przestrzennych hal*. COW, 1, 10–12 (1993).
16. *PN-EN 419-2:2006 – Gazowe promienniki wysokotemperaturowe do pomieszczeń niemieszkalnych – Część 2: Racjonalne zużycie energii (oryg.)* norma wycofana zastąpiona przez *PN-EN 419-2:2012 Gazowe promienniki wysokotemperaturowe do stosowania w pomieszczeniach niemieszkalnych – Część 2: Racjonalne zużycie energii*.
17. *PN-EN 12831 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*.
18. **Roth K., Dieckmann J., Brodrick J.:** *Infrared Radiant Heaters*. Ashrae Journal, June 2007.
19. **Schultz C. C.:** *Heating large spaces*. Engineered Systems, January 2004.

The Influence of Infrared Heaters Efficiency on the Energy Consumption Cost

Abstract

Gas-fired infrared radiators become more widely used in large-space buildings. This is due to the way of use of the hall, distribution of work stations and the heat upward lifting in convection heating. Despite the advantages of gas-fired radiators and significant savings in comparison to other heating systems, the breach of thermal conditions and thermal discomfort of workers is often observed as the result of the incorrect selected number and power of the devices. Majority of designers take into consideration a heat power of radiators not the power of radiation send towards occupied zone. Efficiency of radiators without or with poor radiating screen insulation equals 45 to 55%. As the result the installed heating power should be twice greater than calculated heating load. Unfortunately most producers do not provide the radiation efficiency of devices. This results from the necessity of execution of expensive examinations according to the PN-EN 419-2 standard, that are not conducted in Poland. Some radia-

tors with radiation efficiency as high as 80% appeared on the market. Their price is over twice higher than low efficient radiators. Three types of radiators, taking in account radiation efficiency, have been selected for calculation example. Their gas consumption during heating season have been compared. Cumulative cost analysis have been performed for those systems for two fuel tariffs. The analysis showed that the choice of tariff influence the heating costs for chosen type of radiators. The investment with high initial cost, because of high price of more efficient system starts to pay back after three years. Moreover in the article the rules for selection of ceramic gas-fired radiators and definitions of efficiencies have been given and the methodology of the radiation efficiency examination, according to the PN-EN 419-2 standard, have been described.