

*Bernard Nowak, Krzysztof Filek, Marian Branny**

WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW WYMIANY CIEPŁA I MASY W WENTYLATOROWEJ WYPARNEJ CHŁODNICY WODY**

1. Wprowadzenie

Wyparne wentylatorowe chłodnice wody są często wykorzystywane w kopalniach podziemnych stosujących lokalne systemy chłodnicze do zwalczania zagrożenia cieplnego, szczególnie w wyrobiskach eksploatacyjnych i przygotowawczych. Ochładzanie powietrza odbywa się w przeponowych wymiennikach ciepła – w parownikach chłodziarek sprężarkowych przy chłodzeniu bezpośrednim lub w chłodnicach wodnych przy chłodzeniu pośrednim. Ciepło odebrane powietrzu jest przenoszone do skraplacza chłodziarki za pomocą czynnika chłodniczego bez pośrednictwa wody w pierwszym przypadku lub z jej pośrednictwem w drugim. Ze skraplacza ciepło odbierane jest przez krążącą w obwodzie zamkniętym wodę chłodzącą, która z kolei schładzana jest w wyparnej chłodnicy wody, zlokalizowanej w prądzie powietrza zużytego. Powietrze to stanowi czynnik ostatecznie wynoszący ciepło poza kopalnię do atmosfery.

Przedmiotem zainteresowania artykułu są chłodnice współpracujące ze sprężarkowymi górnictwymi chłodziarkami powietrza dwóch typów:

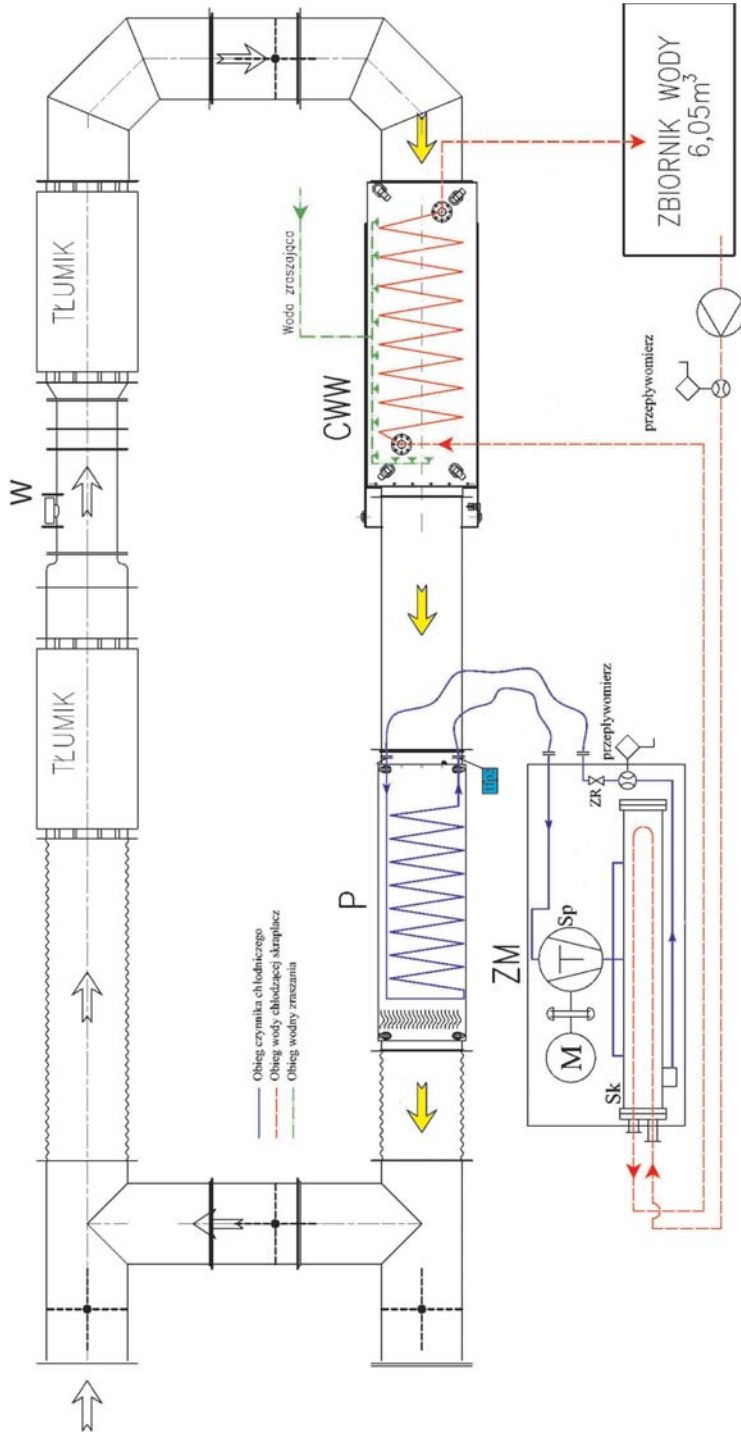
- 1) chłodnica wyparna typu RK-450 w układzie chłodziarki DV-290 z czynnikiem chłodniczym R22,
- 2) chłodnica wyparna typu CWW-420 w układzie chłodziarki TS-300B z czynnikiem chłodniczym R407c.

Zasada pracy tych chłodziarek jest identyczna, a konstrukcja podobna. Są to chłodziarki bezpośredniego działania; klimatyzowanie wyrobisk eksploatacyjnych odbywa się wg następującego schematu:

— powietrze schładzane jest w parowniku chłodziarki podczas parowania czynnika chłodniczego,

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH, Kraków.

** Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy nr N N524 2169 33.



Rys. 1. Schemat laboratoryjnego stanowiska do badania chłdnic (udostępniony przez „Termospec” Sp. z o.o.): W – wentylator, P – parownik, ZM – zespół maszynowy (M silnik, Sp – sprężarka, Sk – skraplacz, ZR – zawór rozprężny, urządzenia sterujące i zabezpieczające), CWW – chłodnica wyparna wody.

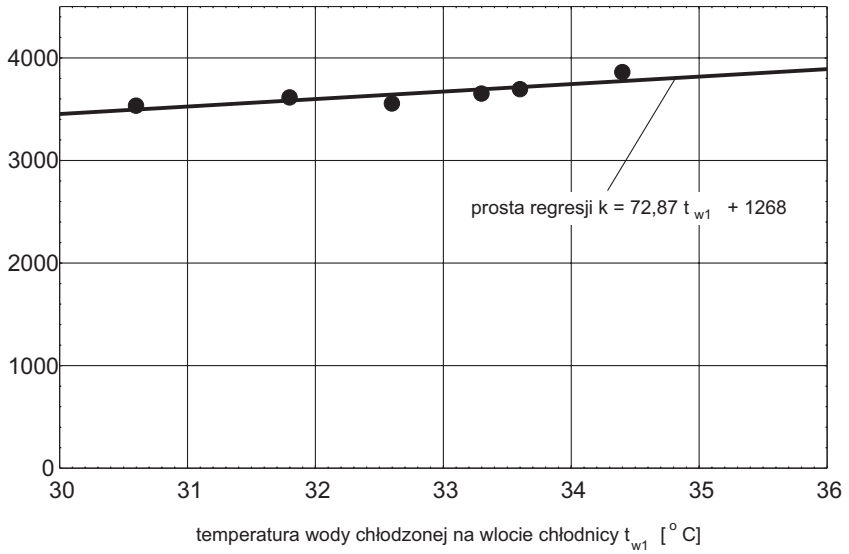
TABELA 3

Wyznaczona z danych pomiarowych regresja i korelacja liniowa zależności $k(t_{wp})$, $\alpha(t_{wp})$ i $\beta(t_{wp})$ dla chłodnic wyparnych

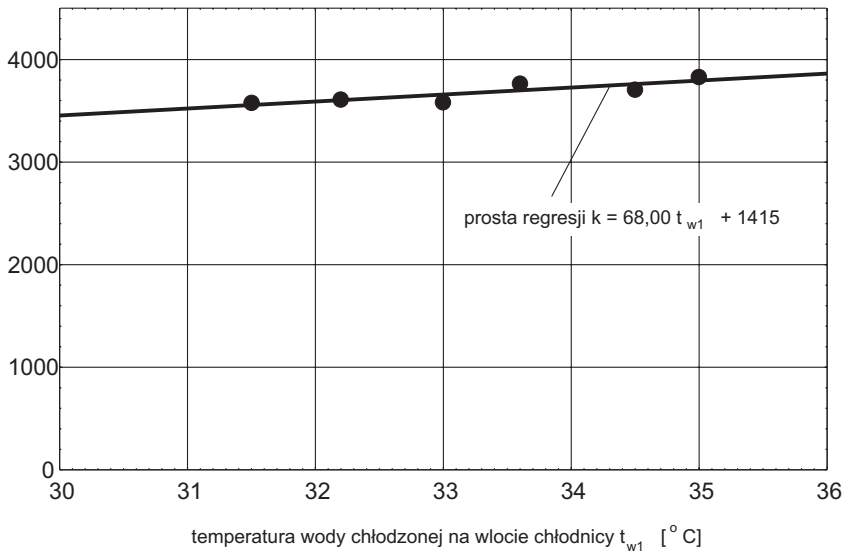
Chłodnica RK-450			
	Współczynnik k	Współczynnik α	Współczynnik β
wartość średnia	$k_{gr} = 3652 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\alpha_{gr} = 197,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\beta_{gr} = 0,0798 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
równanie prostej regresji	$k(t_{wp}) = 72,87 \cdot t_{wp} + 1268$	$\alpha(t_{wp}) = 15,84 \cdot t_{wp} - 321,4$	$\beta = (2,47 \cdot t_{wp} - 0,87) \cdot 10^{-3}$
współczynnik korelacji liniowej	$r = 0,844$	$r = 0,517$	$r = 0,323$

Chłodnica CWW-420			
	Współczynnik k	Współczynnik α	Współczynnik β
wartość średnia	$k_{gr} = 3680 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$a_{gr} = 220,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$b_{gr} = 0,1001 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
równanie prostej regresji	$k(t_{wp}) = 68,00 \cdot t_{wp} + 1415$	$a(t_{wp}) = 21,77 \cdot t_{wp} - 504,3$	$b = (3,40 \cdot t_{wp} - 13,30) \cdot 10^{-3}$
współczynnik korelacji liniowej	$r = 0,863$	$r = 0,761$	$r = 0,286$

Współczynnik przenikania ciepła przez przeponę
chłodziwy RK-450

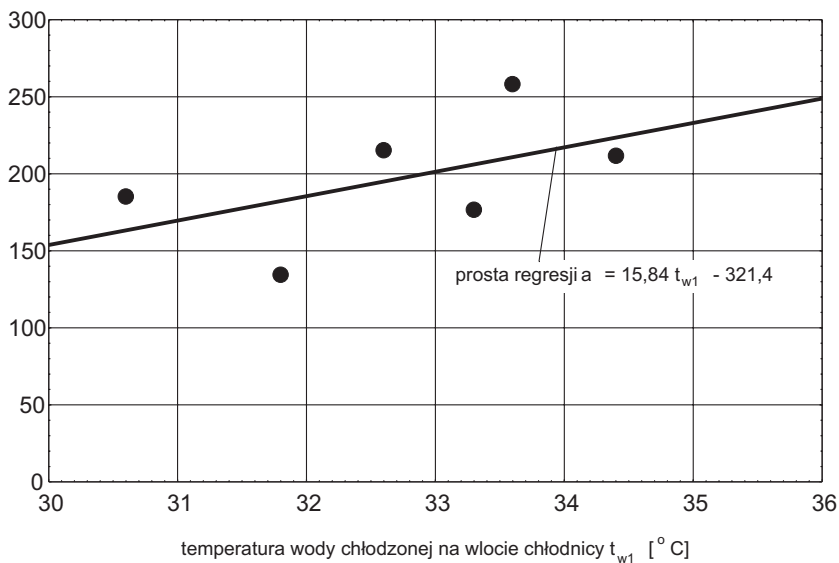


Współczynnik przenikania ciepła przez przeponę
chłodziwy CWW-420

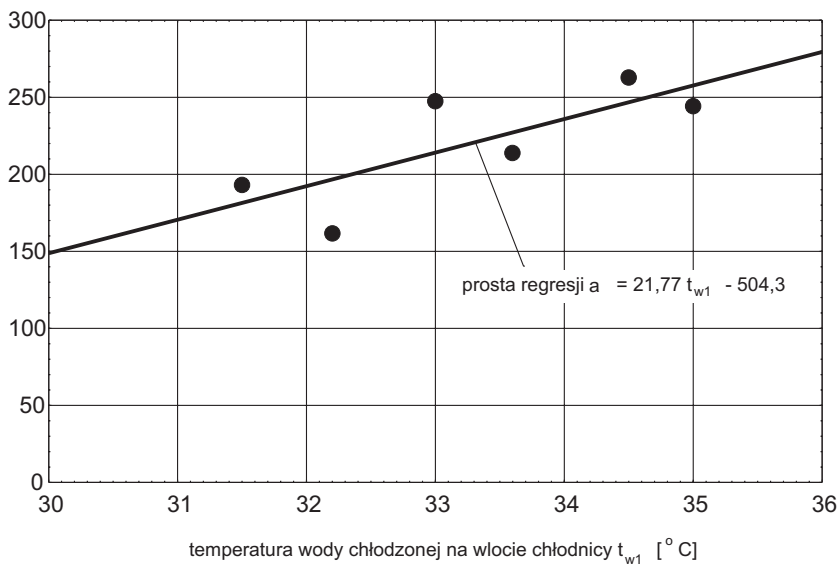


Rys. 2. Wyznaczone współczynniki k w funkcji wlotowej temperatury wody chłodzonej t_{w1}

Współczynnik przejmowania ciepła przez powietrze
w chłodnicy RK-450

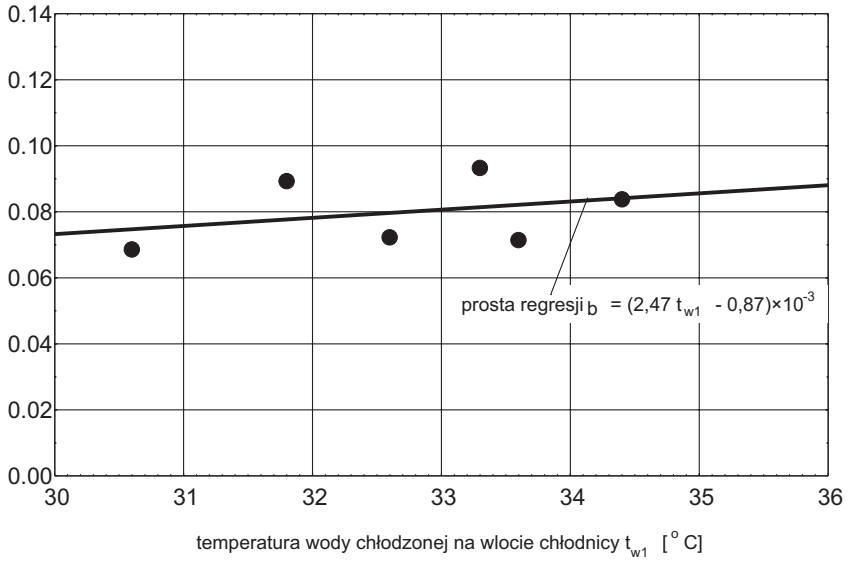


Współczynnik przejmowania ciepła przez powietrze
w chłodnicy CWW-420

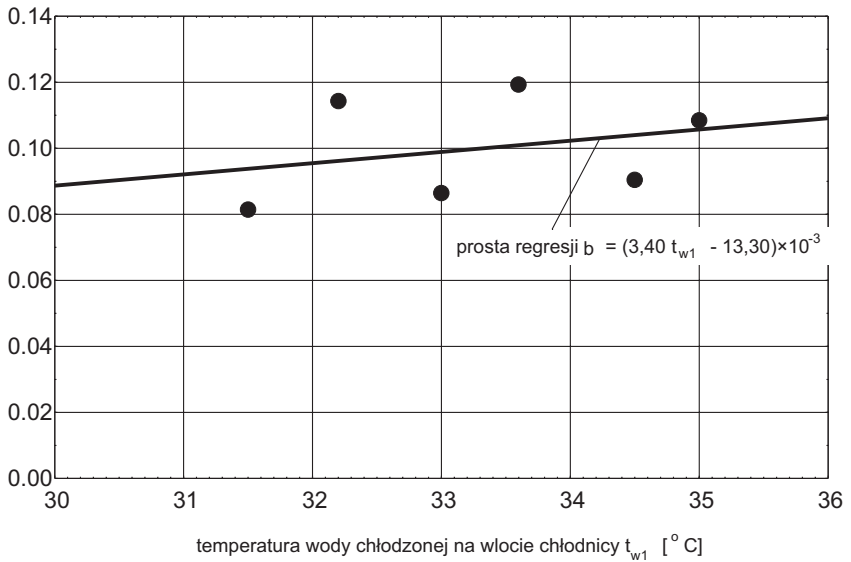


Rys. 3. Wyznaczone współczynniki w funkcji wlotowej temperatury wody chłodzonej t_{w1}

Współczynnik przejmowania pary wodnej przez powietrze
w chłodnicy RK-450



Współczynnik przejmowania pary wodnej przez powietrze
w chłodnicy CWW-420



Rys. 4. Wyznaczone współczynniki w funkcji wlotowej temperatury wody chłodzonej t_{w1}

4. Podsumowanie

Obserwacja wartości współczynników przenikania ciepła przez przeponę chłodnicy wyparnej (k) oraz przejmowania przez powietrze ciepła (α) i masy pary wodnej (β), wyliczonych w oparciu o badania eksperymentalne pozwala sformułować następujące wnioski:

- wyznaczony z wzoru (8) współczynnik k przyjmuje wartości z wąskiego przedziału od 3536 do 3860 W/(m²·K), podobne dla obu chłodnic,
- współczynnik α przyjmuje wartości: dla chłodnicy RK-450 od 134,6 do 258,2 W/(m²K) – średnio 197,0 W/(m²K), dla chłodnicy CWW-420 od 161,5 do 262,8 W/(m²K) – średnio 220,5 W/(m²K); wartość średnia współczynnika α chłodnicy CWW-420 jest większa od odpowiadającej jej wartości określonej dla chłodnicy RK-450 o około 12%,
- współczynnik β przyjmuje wartości: dla chłodnicy RK-450 od 0,0686 do 0,0933 kg/(m²s) – średnio 0,0798 kg/(m²s), dla chłodnicy CWW-420 od 0,0814 do 0,1193 kg/(m²s) – średnio 0,1001 kg/(m²s); wartość średnia współczynnika β chłodnicy CWW-420 jest większa od odpowiadającej jej wartości określonej dla chłodnicy RK-450 o około 25%,
- wartości współczynników k , α i β rosną ze wzrostem wlotowej temperatury wody chłodzonej t_{w1} .

Należy tu dodać jeszcze pewien komentarz. Jak widać w tabelach, badania obejmowały przypadki, w których pewne wielkości wejściowe (jak ciśnienie powietrza na wlocie, strumień masy wody chłodzonej czy temperatura wlotowa wody zraszającej) nie ulegały zmianom. Były to bowiem stany pracy tych chłodnic, w których wymienione parametry przyjmują wartości zbliżone do nominalnych. Każdy z powyższych wniosków, zwłaszcza dotyczący wartości liczbowych, odnosi się zatem do takich właśnie warunków.

Pewne niejasności mogą tu też budzić wartości liczbowe współczynnika β . Jego wymiar może sugerować, że z 1 m² w ciągu 1 sekundy paruje np. 0,1 kg wody zraszającej, co nie jest prawdą (przekraczałoby to wielokrotnie będący do dyspozycji strumień przepływu wody). Wyjaśnieniem może tu być równanie (3), z którego wynika, że masa wody parującej z powierzchni o takim polu i w takim czasie jest iloczynem współczynnika β i (bezwymiarowej, znacznie mniejszej od 1) różnicy wilgotności właściwych x_{wz} oraz x .

LITERATURA

- [1] *Filek K., Nowak B.*: Zmiana temperatury wody chłodzącej skraplacz górnicy chłodziarki powietrza w wentylatorowej chłodnicy wyparnej. Zeszyty Naukowe AGH „Górnictwo i Geoinżynieria”, z. 3, Kraków 2009
- [2] *Hobler T.*: Ruch ciepła i wymienniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, wydanie IV, Warszawa 1971
- [3] *Kołodziejczyk L., Rubik M.*: Technika chłodnicza w klimatyzacji. Arkady, Warszawa, 1976
- [4] *Roszczyński W., Trutwin W., Waclawik J.*: Kopalniane pomiary wentylacyjne. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice, 1992