



Magdalena
Młynarczyk

**WPŁYW PARAMETRÓW
MIKROKLIMATU
NA PARAMETRY
TERMICZNE ODZIEŻY
OCHRONNEJ**

- badania z wykorzystaniem
manekina termicznego
Newton

Materiały informacyjne CIOP-PIB

Wpływ parametrów mikroklimatu na parametry termiczne odzieży ochronnej – badania z wykorzystaniem manekina termicznego Newton

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Zadanie 1.G.09: Określenie wpływu wartości parametrów mikroklimatu (wilgotność względna, prędkość przepływu powietrza) na parametry termiczne odzieży, przy wykorzystaniu manekina termicznego Newton

Autor:

dr inż. Magdalena Młynarczyk – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ergonomii, Pracownia Obciążeń Termicznych

Zdjęcie na okładce: Bigstockphoto

© Copyright by
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Zapewnienie pracownikom komfortu cieplnego dzięki doborowi odzieży o odpowiednich parametrach cieplnych jest ważne ze względu na wspomaganie termoregulacji dzięki wytwarzaniu sztucznego mikroklimatu wokół ciała człowieka, chroniącego je przed czynnikami fizycznymi i chemicznymi. Odzież ochronną stosuje się w wielu różnych środowiskach pracy, w tym w środowisku z wysoką wartością wilgotności względnej czy różną prędkością przepływu powietrza.

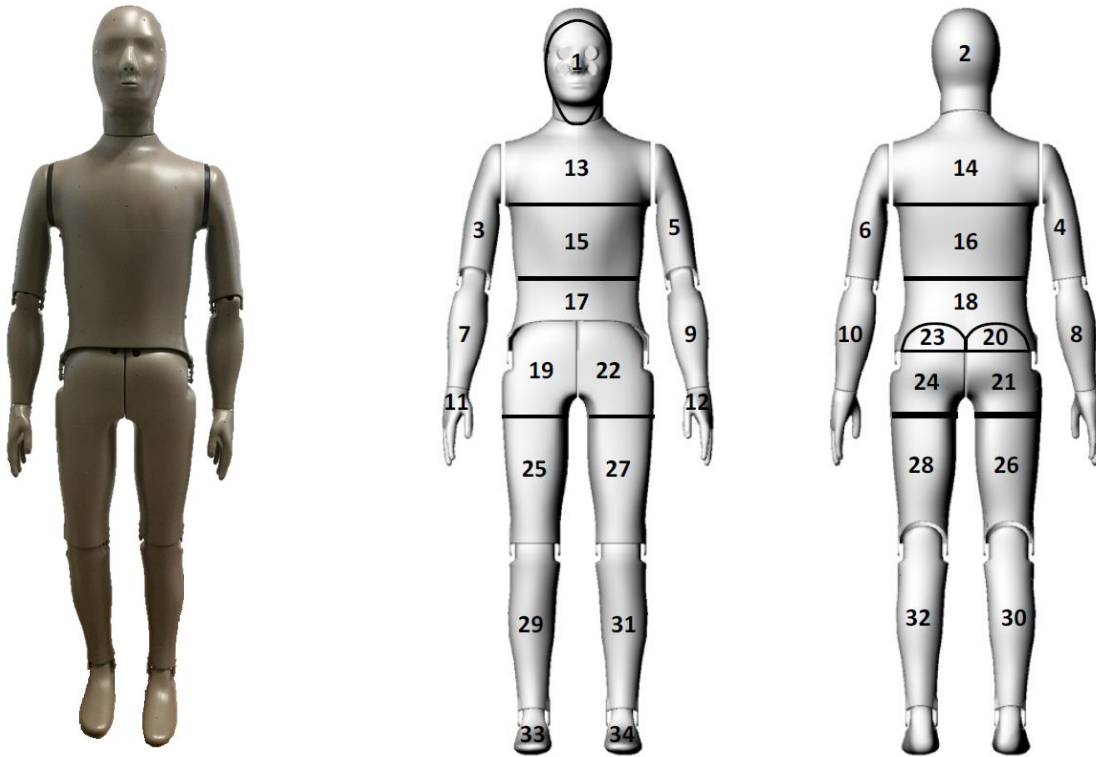
W normach opisujących metodykę badania izolacyjności cieplnej R_{ct} (PN-EN ISO 15831:2006 [1], PN-EN 342:2005 [2], PN-EN ISO 9920 [3]) czy badania oporu pary wodnej R_{et} odzieży (ASTM F2370-15 [4]) zawarto wymagane wartości parametrów mikroklimatu, dla których należy wykonywać te badania. Według norm [1] i [2] wilgotność względna oraz prędkość przepływu powietrza powinna się mieścić odpowiednio w zakresie 30-70% oraz 0,4 m/s \pm 0,1 m/s, natomiast w normie [4] są zapisane zakresy 40% \pm 5% oraz 0,40 m/s \pm 0,05 m/s. Ze względów technologicznych nie zawsze jednak jest możliwe utrzymanie takiego zakresu wilgotności względnej (np. w niższych wartościach temperatury powietrza).

W celu poznania wpływu parametrów mikroklimatu w wyżej wymienionym zakresie na wartość izolacyjności cieplnej R_{ct} wybranych zestawów odzieży przeprowadzono badania z wykorzystaniem manekina termicznego Newton. Badania te umożliwiają precyzyjną ocenę parametrów cieplnych zestawu odzieży, co przekłada się na jej prawidłowy dobór i dostosowanie do wymagań stanowiska pracy.

Badania wpływu parametrów mikroklimatu na parametry termiczne odzieży ochronnej przeprowadzono w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w ramach realizacji IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2017-2019).

Manekin termiczny typu Newton

Podstawowym narzędziem służącym do badań właściwości termicznych odzieży jest manekin termiczny. Manekin termiczny Newton (manekin o kształcie ciała mężczyzny), składający się z 34 segmentów (rys. 1), znajduje się w CIOP-PIB.

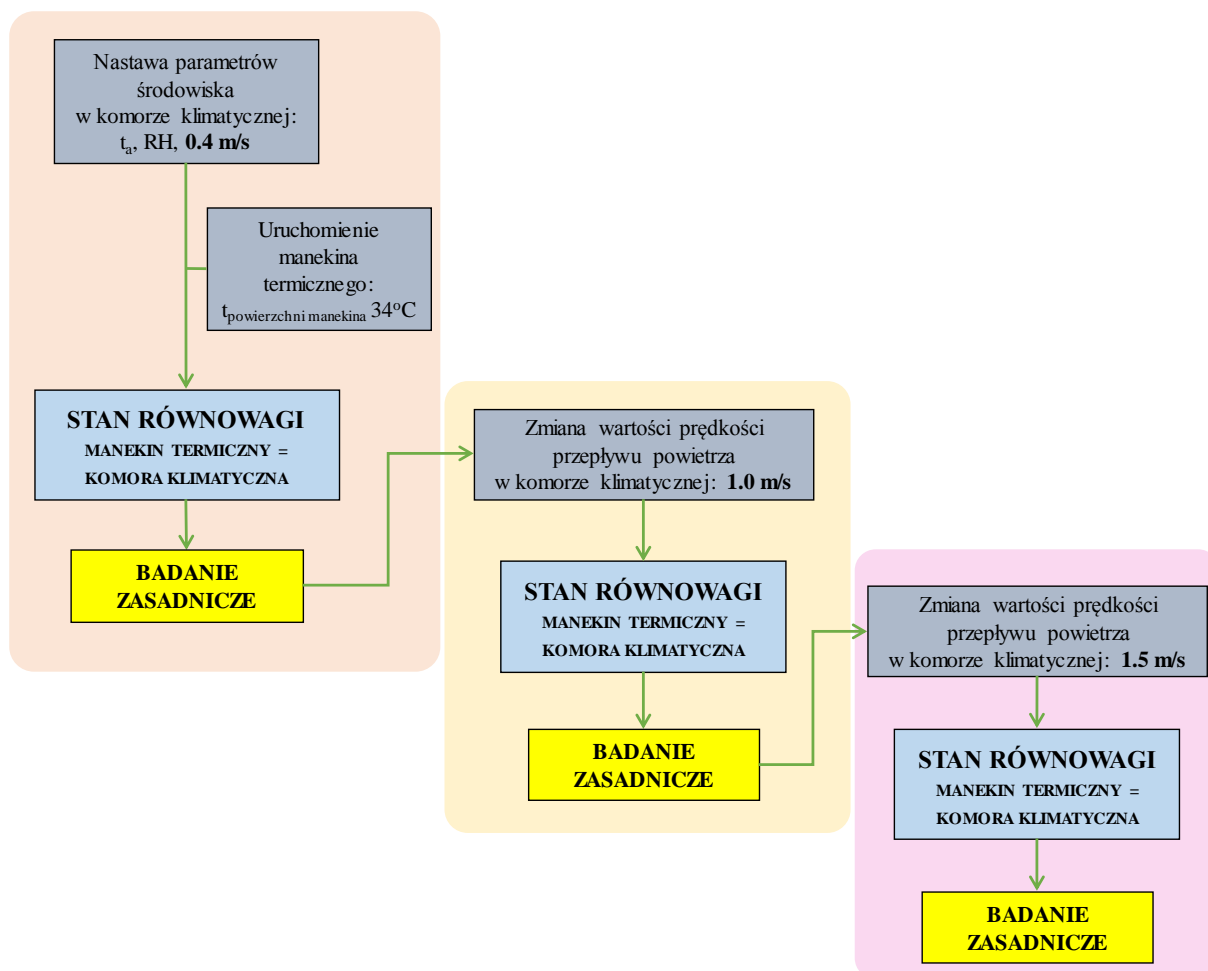


Rys. 1. Manekin termiczny Newton z zaznaczonymi segmentami [źródło: zdjęcie własne CIOP-PIB, instrukcja obsługi manekina Newton MNTW]

Manekin umożliwia wyznaczenie suchej wymiany ciepła – izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży. Jest również wyposażony w system pocenia umożliwiający doprowadzenie wody do każdego segmentu, dzięki czemu można dokonać pomiaru mokrej wymiany ciepła – oporu pary wodnej R_{et} .

Metodyka prowadzenia badań

W celu sprawdzenia wpływu parametrów mikroklimatu na parametry cieplne odzieży zaproponowano przeprowadzenie badań według schematu* zamieszczonego poniżej (rys. 2).



Rys. 2. Metodyka przeprowadzania badań [źródło: opracowanie własne]

Parametry mikroklimatu mierzono za pomocą mierników mikroklimatu B&K oraz INNOVA. Przeprowadzono po dwa badania zasadnicze, których wyniki w przypadku izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży czy oporu pary wodnej R_{et} nie różniły się więcej niż odpowiednio o 4 i 10% [1, 2, 4].

* Schemat badań został powtórzony przy wilgotności względnej RH 30, 50 i 70%.

Badana odzież

Wpływ mikroklimatu badano na dwóch typach odzieży: ubrania specjalnego dla strażaka, przeznaczonego do akcji gaśniczych i akcji o podobnym charakterze, jak np. akcje ratunkowe oraz akcje podczas katastrof (fot. 1), oraz ubrania trudnopalnego dla spawacza (fot. 2).



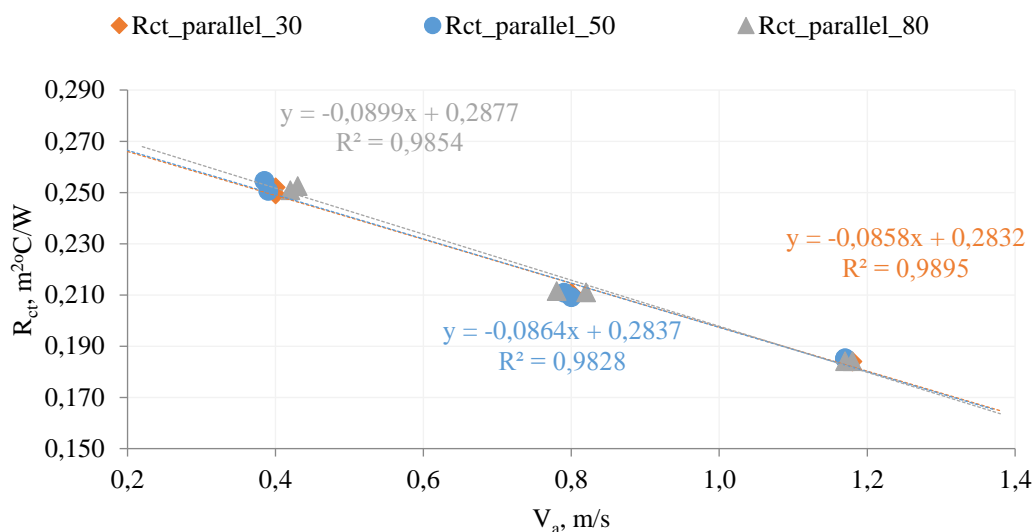
Fot. 1. Ubranie specjalne dla strażaka [źródło: zdjęcie własne]



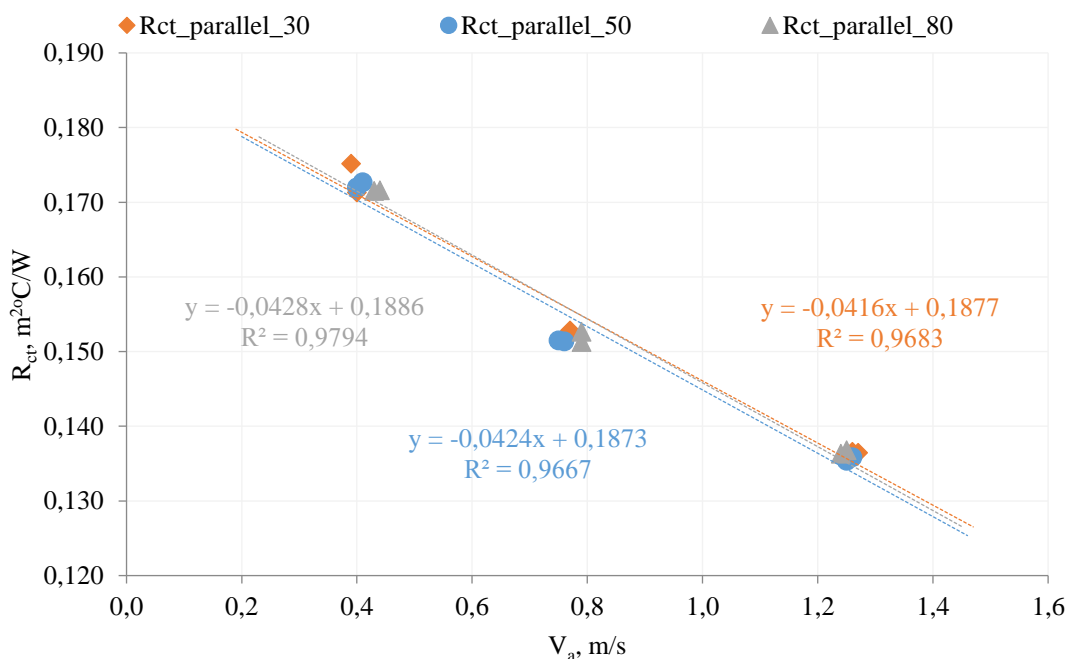
Fot. 2. Ubranie trudnopalne dla spawacza [źródło: zdjęcie własne]

Wpływ prędkości przepływu powietrza i wilgotności względnej

Uzyskane wartości izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży oraz oporu pary wodnej R_{et} dla ustawienia prędkości przepływu powietrza w komorze: 0,4; 1,0 i 1,5 m/s badanej odzieży zamieszczono na rys. 3.



Rys. 3. Zależność wartości całkowitej izolacyjności cieplnej (R_{ct} ; metoda parallel) ubrania specjalnego dla strażaka od prędkości przepływu powietrza przy wilgotności względnej 30, 50 oraz 80% [źródło: opracowanie własne]



Rys. 4. Zależność wartości całkowitej izolacyjności cieplnej (R_{ct} ; metoda parallel) odzieży dla spawacza od prędkości przepływu powietrza przy wilgotności względnej 30, 50 oraz 80% [źródło: opracowanie własne]

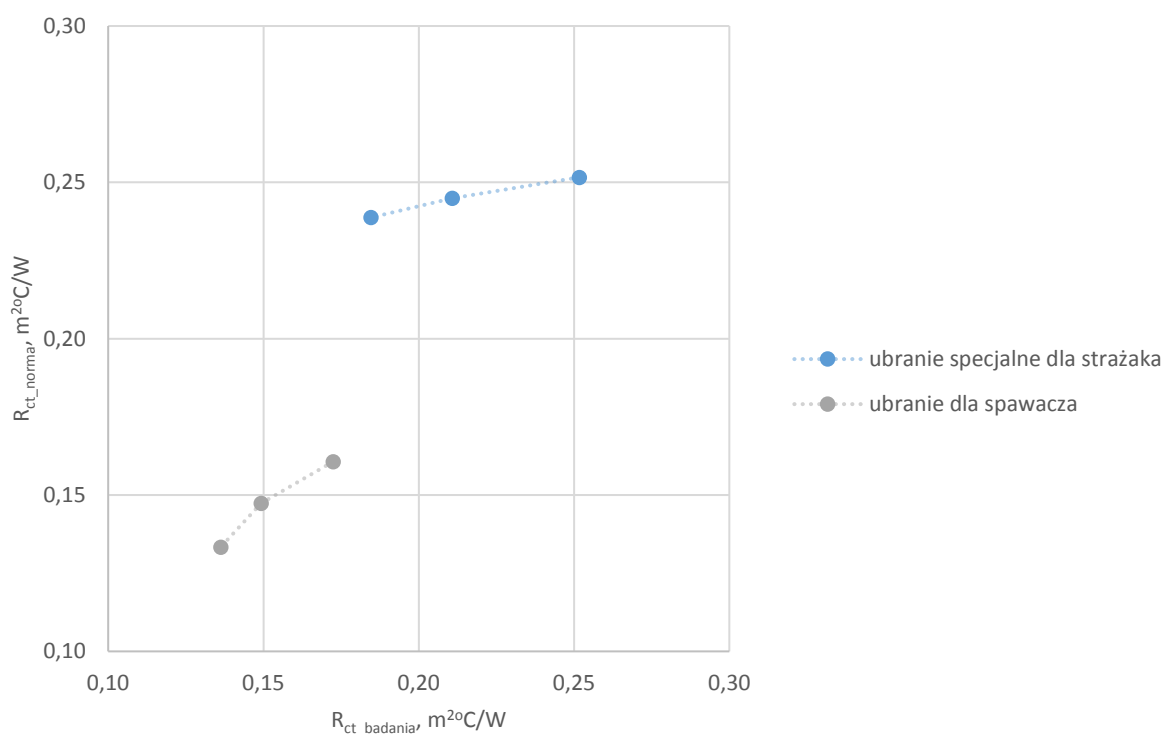
Na podstawie powyższych wykresów można stwierdzić, iż wpływ prędkości przepływu powietrza jest większy dla ubrania cechującego się wyższą wartością izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży (ubranie specjalne dla strażaka) niż w przypadku ubrania o niższej izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży (ubranie trudnopalne dla spawacza). Współczynnik kierunkowy funkcji liniowych dla ubrania specjalnego dla strażaka i ubrania trudnopalnego dla spawacza wynosił odpowiednio $a \sim -0,08$ i $a \sim -0,04$.

Zwiększenie prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 0,8 m/s powodowało spadek izolacyjności cieplnej R_{ct} ubrania dla strażaka i spawacza odpowiednio o 16 i 13%. Wzrost prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 1,2 m/s skutkowało spadkiem izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży odpowiednio o 27 i 21%.

Powyższe wykresy (rys. 3 i 4) wskazują także na brak wpływu wartości wilgotności względnej RH w badanym zakresie 30, 50 i 80% na wartości izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży.

Na podstawie normy [3] obliczono współczynniki korekcyjne i wartości izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży wytypowanych zestawów odzieży z uwzględnieniem uzyskanych w komorze prędkości przepływu powietrza (R_{ct_norma}).

Uzyskane wartości zestawiono z wynikami otrzymanymi podczas badań z wykorzystaniem manekina Newton ($R_{ct_badania}$) (rys. 5).

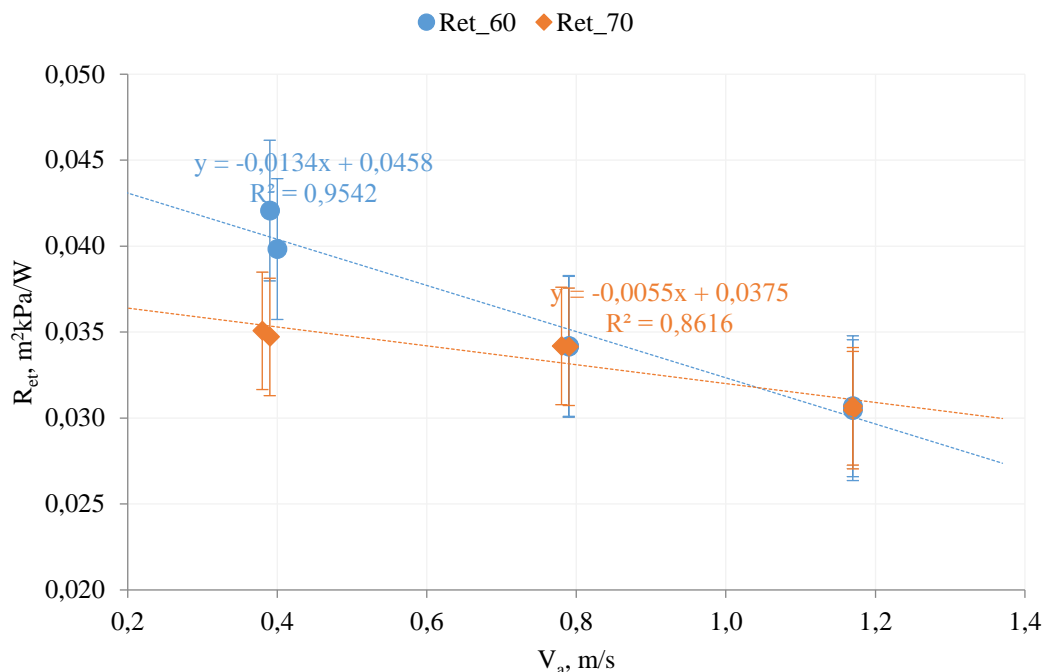


Rys. 5. Stosunek izolacyjności cieplnej (R_{ct} ; metoda parallel) obliczonej wg normy [3] (R_{ct_norma}) do wartości izolacyjności cieplnej R_{ct} wyznaczonej w badaniach ($R_{ct_badania}$) dla ubrania dla strażaka i spawacza podczas badań z prędkością przepływu powietrza 1,2; 0,8 i 0,4 m/s (od lewej) [źródło: opracowanie własne]

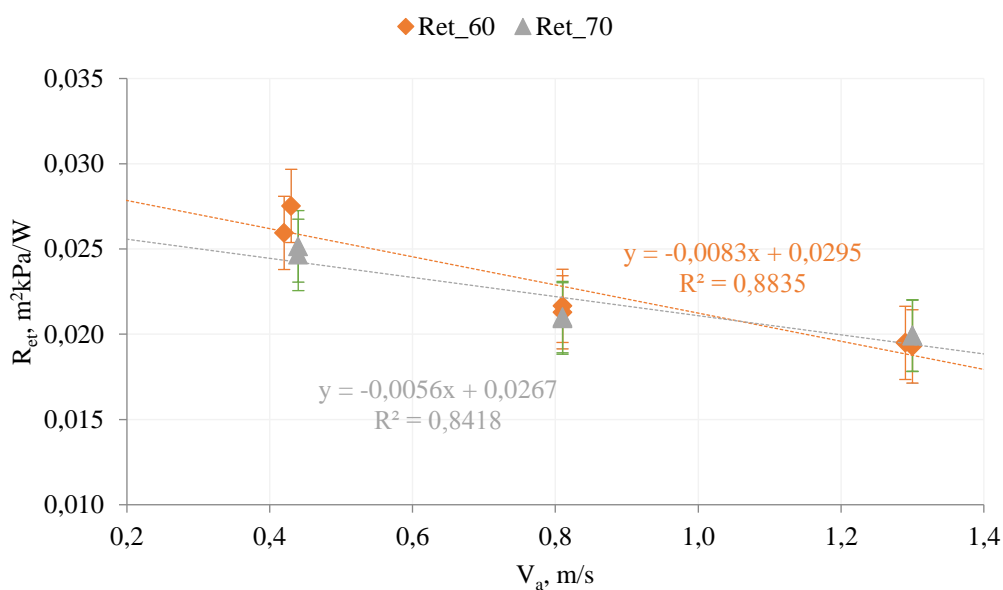
W przypadku ubrania dla strażaka (dla $R_{ct} > 2$ clo) wartość izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży uzyskanej w badaniach była niższa niż wartość obliczona wg normy [3]. W przypadku odzieży dla spawacza (dla

$R_{ct} < 2$ clo) wartości izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży wyznaczone w badaniach są zbliżone do wartości obliczonych wg normy [3].

Badania oporu pary wodnej R_{et} prowadzono dla dwóch wartości wilgotności względnej 60 i 70%. Ze względów technologicznych nie uzyskano wartości 30% w komorze klimatycznej podczas aktywnej funkcji pocenia się manekina (rys. 6 i 7).



Rys. 6. Zależności wartości oporu pary wodnej R_{et} spejclanego ubrania dla strażaka od prędkości przepływu powietrza przy wilgotności względnej 60 i 70% wraz z dopuszczalnym błędem pomiaru (10%) [źródło: opracowanie własne]



Rys. 7. Zależności wartości oporu pary wodnej R_{et} ubrania dla spawacza od prędkości przepływu powietrza przy wilgotności względnej 60 i 70% wraz z dopuszczalnym błędem pomiaru (10%) [źródło: opracowanie własne]

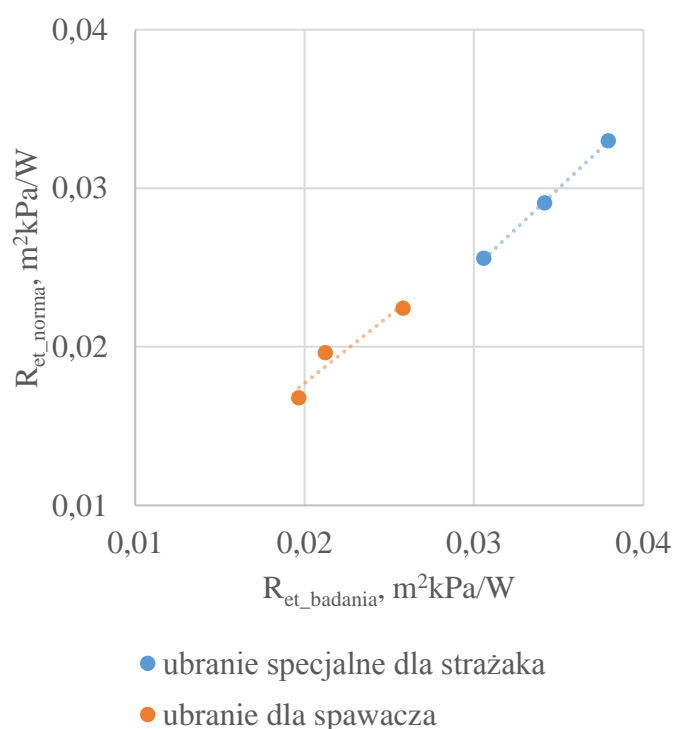
Na podstawie powyższych wykresów można stwierdzić, iż wpływ prędkości przepływu powietrza jest większy dla ubrania cechującego się wyższą wartością izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży (ubranie specjalne dla strażaka) niż w przypadku ubrania o niższej izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży (ubranie trudnopalnego dla spawacza). Współczynnik kierunkowy funkcji liniowych dla ubrania specjalnego dla strażaka i ubrania trudnopalnego dla spawacza wynosił odpowiednio $a \sim -0,0134$ i $a \sim -0,0083$.

Zwiększenie prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 0,8 m/s spowodowało spadek oporu pary wodnej R_{et} ubrania dla strażaka i spawacza odpowiednio o 10 i 18%. Wzrost prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 1,2 m/s skutkowało spadkiem oporu pary wodnej R_{et} odpowiednio o 19 i 24%.

Powyższe wykresy (rys. 6 i 7) wskazują także na brak wpływu wartości wilgotności względnej RH w badanych punktach 60 i 70% na wartości oporu pary wodnej R_{et} odzieży. Uzyskane wyniki zawierają się w dopuszczalnym błędzie pomiaru (10%).

Na podstawie normy [3] obliczono współczynniki korekcyjne i wartości oporu pary wodnej R_{et} wytypowanych zestawów odzieży z uwzględnieniem uzyskanych w komorze prędkości przepływu powietrza R_{et_norma} .

Pozyskane wartości zestawiono z wynikami, które otrzymano podczas badań z wykorzystaniem manekina Newton $R_{et_badania}$ (rys. 8).



Rys. 8. Zależność oporu pary wodnej R_{et} obliczonej wg normy [3] (R_{et_norma}) do wartości oporu pary wodnej wyznaczonej w badaniach ($R_{et_badania}$) na manekinie termicznym dla prędkości przepływu powietrza 1,2; 0,8 i 0,4 m/s (od lewej) [źródło: opracowanie własne]

Zarówno w przypadku ubrania specjalnego dla strażaka, jak i ubrania trudnopalnego dla spawacza wartości oporu pary wodnej R_{et} wyznaczone w badaniach są wyższe niż wartości obliczone wg normy [3].

Podsumowanie

Przeprowadzone badania izolacyjności cieplnej R_{ct} oraz oporu pary wodnej R_{et} ubrania specjalnego dla strażaka oraz ubrania trudnopalnego dla spawacza wykazały, iż prędkość przepływu powietrza ma duży wpływ na końcową wartość wyżej wymienionych parametrów. Wzrost prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 0,8 m/s spowodował spadek izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży odpowiednio o 16 i 13%. Natomiast wzrost prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 1,2 m/s spowodowało spadek izolacyjności cieplnej R_{ct} odzieży odpowiednio o 27 i 21%. W przypadku oporu pary wodnej R_{et} zwiększenie prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 0,8 m/s spowodowało spadek oporu pary wodnej R_{et} ubrania dla strażaka i spawacza odpowiednio o 10 i 18%, a wzrost prędkości przepływu powietrza z 0,4 do 1,2 m/s spowodowało spadek oporu pary wodnej R_{et} odpowiednio o 19 i 24%.

W przypadku ubrania wielowarstwowego (dla strażaka) redukcja izolacyjności cieplnej R_{ct} spowodowana zwiększeniem prędkości przepływu powietrza jest większa (odpowiednio o 16 i 27%) niż odnotowany spadek izolacyjności cieplnej R_{ct} dla ubrania jednowarstwowego (dla spawacza). Odwrotną zależność odnotowano dla oporu pary wodnej R_{et} . Zwiększenie prędkości przepływu powietrza powodowało mniejszy spadek wartości oporu pary wodnej R_{et} dla ubrania wielowarstwowego.

Przeprowadzone badania wskazały również na występowanie różnic w wartościach parametrów cieplnych odzieży (R_{ct} i R_{et}) pomiędzy wynikami uzyskanymi z badań z wykorzystaniem manekina termicznego a wartościami wyznaczonymi za pomocą współczynników korygujących wg normy [3]. W celu określenia rzeczywistej wartości wyżej wymienionych parametrów cieplnych odzieży ochronnej należy przeprowadzić badania z wykorzystaniem manekina termicznego w środowisku symulującym rzeczywiste warunki na stanowisku pracy. Zastosowanie współczynników korygujących nie gwarantuje, że otrzymamy wartości uzyskane podczas badań, mogą one jedynie stanowić punkt odniesienia.

Bibliografia

- [1] PN-EN ISO 15831:2006 Odzież – Właściwości fizjologiczne – Pomiar izolacyjności cieplnej z zastosowaniem manekina termicznego.
- [2] PN-EN 342:2005 Odzież ochronna – Zestawy odzieży i wyroby odzieżowe chroniące przed zimnem.
- [3] PN-EN ISO 9920:2008 Ergonomia środowiska termicznego – Szacowanie izolacyjności cieplnej i oporu pary wodnej zestawów odzieży.
- [4] ASTM F2370-15 Standard Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin.