

dr inż. GRZEGORZ OWCZAREK
 dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
 dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Ocena skuteczności oraz dobór materiałów barierowych używanych do produkcji odzieży chroniącej przed promieniowaniem nadfioletowym

Fot. Diego Cervo/Bigstockphoto



Do oceny stopnia ochronności materiałów włókienniczych przed naturalnym promieniowaniem UV służy współczynnik ochrony przed nadfioletem – UPF (ang. *Ultraviolet Protective Factor*), który w celu dobrej ochrony przed szkodliwym działaniem naturalnego UV powinien wynosić co najmniej 40. Niestety, nie może on być bezpośrednio zastosowany do określania stopnia ochrony materiałów włókienniczych. Wynika to zarówno z różnic w zakresie widmowym, jak i w rozkładzie widmowym promieniowania słonecznego i emitowanego przez różne źródła – sztucznego UV. Biorąc pod uwagę, że wielu pracowników narażonych jest podczas pracy na sztuczne promieniowanie UV, należałoby wyposażyć ich w ubranie robocze wykonane z materiału, który odpowiednio tłumi to promieniowanie. W artykule przedstawiono sposób doboru nowego wskaźnika barierowości odzieży ochronnej przed sztucznym promieniowaniem UV na podstawie opracowanej nowej metody oraz kryteriów oceny ochronności materiałów włókienniczych przed tym promieniowaniem.

Effectiveness evaluation and choice of barrier fabrics used for protective clothing against ultraviolet radiation

The Ultraviolet Protective Factor (UPF) rating indicates how effective a fabric/textile is at blocking out solar ultraviolet radiation. A fabric with an UPF rating of at least 40 protects very well against harmful UV radiation. Unfortunately this rating couldn't be implemented directly to fabric protective properties evaluation against artificial UV radiation. This is because the differences in spectral range and spectral distribution of natural radiation and artificial radiation emitted by different sources. Taking into account, that many workers are exposed to artificial UV radiation, they should be provided with protective clothing, which adequately block out this radiation. The article presents the way of choosing the new barrier factor of protective clothing against artificial UV on the base of elaborated new method and evaluation criteria of fabric protective properties against artificial UV.

Wstęp

Na promieniowanie nadfioletowe (UV) narażonych jest wiele tysięcy pracowników wykonujących pracę w przestrzeni otwartej, jak również poddanych oddziaływaniu promieniowania emitowanego przez sztuczne źródła promieniowania. Dyrektywa 2006/25/WE [1] i rozporządzenie MPiPS z 2010 r. [2] określają kryteria oceny zagrożenia zdrowia sztucznym promieniowaniem optycznym (laserowym i nielaserowym) oraz maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE). Jeśli na stanowisku pracy występują przekroczenia wartości MDE dla nielaserowego promieniowania optycznego, w tym nadfioletu, wówczas stwierdza się duże ryzyko zawodowe i muszą być podjęte natychmiastowe działania je ograniczające. Jeśli nie jest możliwe ograniczenie ekspozycji na promieniowanie optyczne za pomocą środków technicznych czy organizacyjnych, konieczne jest zastosowanie odpowiednich środków ochrony indywidualnej zabezpieczających oczy (okularów, gogli ochronnych lub osłon twarzy) oraz skórę (odzieży ochronnej i rękawic, wykonanych z odpowiednich materiałów barierowych).

Działanie promieniowania nadfioletowego ma charakter fotochemiczny, a jego skutek biologiczny zależy od ilości pochłoniętego promieniowania, długości fali i od rodzaju ekspozowanej tkanki (oko,

skóra). Ilość pochłoniętego przez tkankę biologiczną promieniowania jest zależna od natężenia napromienienia promieniowania UV na nią padającego, czasu ekspozycji oraz współczynników odbicia i przepuszczenia ekspozowanej tkanki. Aby ograniczyć natężenie napromienienia promieniowania padającego na oczy lub skórę, należy stosować środki ochrony indywidualnej odbijające lub pochłaniające znaczącą ilość tego promieniowania, czyli charakteryzujące się odpowiednim wskaźnikiem barierowości. Ich dobór powinien być dokonywany na podstawie analizy ryzyka zawodowego na danym stanowisku pracy, przy uwzględnieniu wszystkich występujących zagrożeń.

Dla filtrów optycznych stosowanych w środkach ochrony oczu ustalono progi transmisji promieniowania UV w odniesieniu do określonych źródeł promieniowania. Do oceny stopnia ochrony materiałów włókienniczych przed naturalnym promieniowaniem UV służy aktualnie współczynnik ochrony przed nadfioletem – UPF (*Ultraviolet Protective Factor*). Niestety, kryteria i sposób wyznaczania współczynnika UPF nie mogą być bezpośrednio zastosowane do określania stopnia ochrony materiałów włókienniczych przed sztucznym promieniowaniem UV. Wynika to zarówno z różnic w zakresie widmowym (naturalne promieniowanie UV zawiera się w przedziale 290-400 nm, podczas gdy sztuczne promienniki mogą emitować promieniowanie ze znacznie szerszego zakresu UV,

tj. 180-400 nm), jak i w rozkładzie widmowym promieniowania słonecznego i emitowanego przez różne źródła sztucznego promieniowania UV.

Brak odpowiedniego współczynnika do oceny stopnia ochrony materiałów włókienniczych przed sztucznym promieniowaniem UV i kryteriów, na podstawie których można ocenić ich skuteczność w ochronie przed sztucznymi źródłami promieniowania nadfioletowego, był przyczyną opracowania nowej metody i kryteriów oceny barierowości materiałów włókienniczych, chroniących skórę przed sztucznym promieniowaniem UV.

Celem artykułu jest przedstawienie sposobu doboru wskaźnika barierowości odzieży ochronnej przed sztucznym promieniowaniem UV na podstawie opracowanej nowej metody oraz kryteriów oceny barierowości materiałów włókienniczych przed tym promieniowaniem.

Ocena barierowości materiałów włókienniczych przed naturalnym promieniowaniem UV z wykorzystaniem współczynnika UPF

Do oceny stopnia ochrony materiałów włókienniczych przed promieniowaniem nadfioletowym podczas ekspozycji na promieniowanie słoneczne służy

aktualnie współczynnik UPF (*ang. Ultraviolet Protective Factor*) definiowany następującym wzorem [3]:

$$UPF = \frac{\int_{290nm}^{400nm} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{290nm}^{400nm} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

gdzie:
 $\varepsilon(\lambda)$ – względna skuteczność widmowa wywoływania rumienia skóry (skuteczność erytemalna)
 $\tau(\lambda)$ – transmisja widmowa promieniowania przez materiał włókienniczy
 $E(\lambda)$ – widmo promieniowania imitującego promieniowanie słoneczne (iluminant światła dziennego)
 λ – długość fali.

Współczynnik UPF jest wyznaczany w warunkach laboratoryjnych metodą spektrofotometryczną, a szczegółowy sposób przeprowadzenia pomiarów podaje norma PN-EN 13758-1+A1:2007 [3].

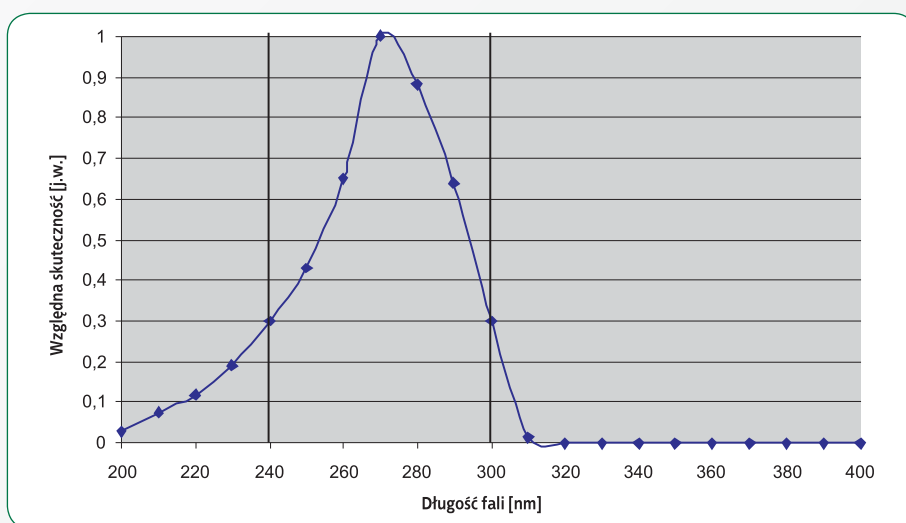
Zgodnie z normą PN-EN 13758-2+A1:2007 [4], przedstawiającą wymagany poziom właściwości ochronnych materiałów tekstylnych chroniących przed UV, najmniejsza wartość UPF powinna być większa od 40. Współczynnik UPF nie może być jednak traktowany jako „uniwersalne” narzędzie do oceny stopnia zabezpieczenia materiałów włókienniczych przed promieniowaniem nadfioletowym, szczególnie emitowanym ze źródeł sztucznych. Wynika to z faktu, że w celu wyznaczenia UPF wartość widmowej transmisji promieniowania ważona jest jedynie przez rozkłady widmowe w zakresie długości fali od 290 nm do 400 nm, czyli nie obejmujące m.in. promieniowania UVC, emitowanego z wielu źródeł sztucznych. Ponadto przy wyliczeniu tego wskaźnika uwzględnia się jedynie działanie rumieniotwórcze promieniowania, natomiast nie uwzględnia się działania rakotwórczego i związanego z uszkodzaniem DNA.

Ocena materiałów na odzież i rękawice chroniące przed sztucznym promieniowaniem UV na podstawie wskaźników barierowości

Zgodnie z dyrektywą 2006/25/WE [1], jak i rozporządzeniem ministra pracy i opieki społecznej [2], wartość maksymalnego napromienienia skutecznego skóry sztucznym promieniowaniem UV wynosi 30 J/m² w ciągu zmiany roboczej. Wartość skutecznego napromienienia wyznaczana jest z uwzględnieniem krzywej skuteczności aktywności $S(\lambda)$ oddziaływania promieniowania UV na oczy i skórę w zakresie od 180 do 400 nm, której względne wartości dla poszczególnych długości fali przedstawione są w dyrektywie [1] i normie [5]. Krzywa skuteczności aktywności odzwierciedla wpływ poszczególnych długości fali promieniowania UV na wywoływanie następujących skutków szkodliwych dla skóry: erytema (zaczerwienienie), oparzenia i rak skóry. Wykres przedstawiający rozkład skuteczności aktywności $S(\lambda)$ przedstawiono na rys. 1.

W związku z tym, aby materiał włókienniczy zapewniał odpowiednią ochronę, powinien umożliwiać obniżenie skutecznego aktywności napromienienia skóry pod odzieżą, odniesionego do 8-godzinnej pracy, do wartości poniżej 30 J/m².

Poniżej przedstawiono wzór pozwalający na wyznaczenie średniego współczynnika transmisji



Rys. 1. Względna aktywna skuteczność widmowa szkodliwego oddziaływania nadfioletu na oczy i skórę $S(\lambda)$, zgodnie z dyrektywą 2006/25/WE (w odniesieniu do sztucznych źródeł nadfioletu)

Rys. 1. Względna aktywna skuteczność widmowa szkodliwego oddziaływania nadfioletu na oczy i skórę $S(\lambda)$, zgodnie z dyrektywą 2006/25/WE (w odniesieniu do sztucznych źródeł nadfioletu)

promieniowania UV przez tkaninę, skorygowanego aktywności dla promieniowania UV z zakresu 200 nm – 400 nm – dalej w skrócie nazwanej „transmisją aktywnością” (z uwagi na ograniczenia pomiarowe spektrofotometrów w zakresie UVC poniżej 200 nm jako dolną granicę zakresu pomiarowego przyjęto 200 nm).

$$T_{A(200-400)} = \frac{1}{21} \cdot \int_{200}^{400} \tau(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

gdzie:
 $\tau(\lambda)$ – transmisja widmowa promieniowania UV przez tkaninę
 $S(\lambda)$ – względna aktywna skuteczność widmowa szkodliwego oddziaływania nadfioletu na oczy i skórę
 λ – długość fali.

Współczynnik $(1/21)$ we wzorze (2) oznacza, że obliczono wartość średniej arytmetycznej z wyników pomiarów współczynnika transmisji $\tau(\lambda)$ dla 21 długości fali z całego zakresu, co wynika z przyjętego interwału pomiarowego wynoszącego 10 nm.

Ze względu na różną skuteczność poszczególnych zakresów promieniowania UV w wywoływaniu skutków szkodliwych dla skóry, zgodnie z krzywą skuteczności aktywności (rys. 1.), podzielono zakres promieniowania UV (200–400 nm) na 3 podzakresy odpowiadające różnym stopniom szkodliwości tego promieniowania, przyjmując jako kryterium graniczne wartość $S(\lambda) = 0,3$:

- 200-240 nm
- 240-300 nm
- 300-400 nm.

Podział ten jest dość istotny, gdyż przebiegi charakterystyk widmowych współczynników transmisji różnych materiałów włókienniczych mogą się znacząco różnić i w niektórych przypadkach tkaniny te bardziej tłumią zakresy UVA i UVB, zaś mniej UVC, a niekiedy jest odwrotnie. Biorąc pod uwagę fakt, że sztuczne źródła promieniowania UV mogą często emitować promieniowanie tylko z wąskiego zakresu UV (np. lampy bakterioobójcze emitują głównie w paśmie UVC), barierowość stosowanego w danym przypadku materiału włókienniczego musi być zapewniona dla tego właśnie zakresu bez potrzeby zapewniania wysokiej barierowości dla pozostałych zakresów UV.

Poniżej przedstawiono wzory zaproponowanych średnich współczynników transmisji promieniowania UV przez tkaninę, skorygowanych aktywności dla wymienionych 3 podzakresów promieniowania UV, przyjętych do oceny barierowości materiałów włókienniczych chroniących przed UV ze źródeł sztucznych.

Średni aktywny współczynnik transmisji promieniowania UV w zakresie 200-240 nm (transmisja aktywna w zakresie 200-240 nm):

$$T_{A(200-240)} = \frac{1}{5} \cdot \int_{200}^{240} \tau(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

Średni aktywny współczynnik transmisji promieniowania UV w zakresie 240-300 nm (transmisja aktywna w zakresie 240-300 nm):

$$T_{A(240-300)} = \frac{1}{7} \cdot \int_{240}^{300} \tau(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

Średni aktywny współczynnik transmisji promieniowania UV w zakresie 300-400 nm (transmisja aktywna w zakresie 300-400 nm):

$$T_{A(300-400)} = \frac{1}{11} \cdot \int_{300}^{400} \tau(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

Wartości współczynników: 1/5; 1/7; 1/11, przyjętych we wzorach 3-5, wynikają z pomiarów $\tau(\lambda)$, przeprowadzonych z krokiem co 10 nm.

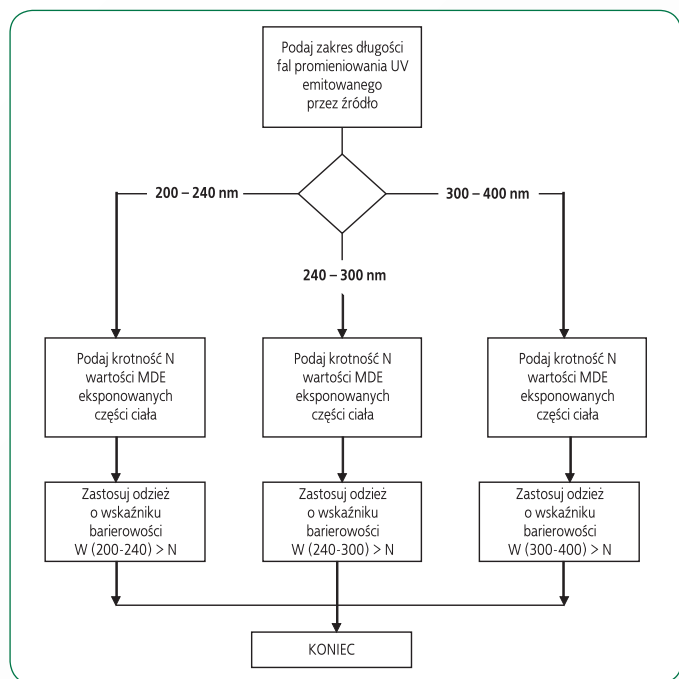
Na podstawie wartości transmisji widmowej $\tau(\lambda)$ promieniowania UV dla materiałów włókienniczych wyznaczonych metodą spektrofotometryczną obliczana jest transmisja aktywna T_A , a następnie wskaźniki barierowości „W” jako odwrotność wyznaczonej wcześniej transmisji aktywności. Otrzymujemy wtedy następujące wskaźniki barierowości dla wymienionych wyżej zakresów promieniowania:

$$\begin{aligned} W_{(200-240)} &= 1/T_{A(200-240)} \\ W_{(240-300)} &= 1/T_{A(240-300)} \\ W_{(300-400)} &= 1/T_{A(300-400)} \end{aligned}$$

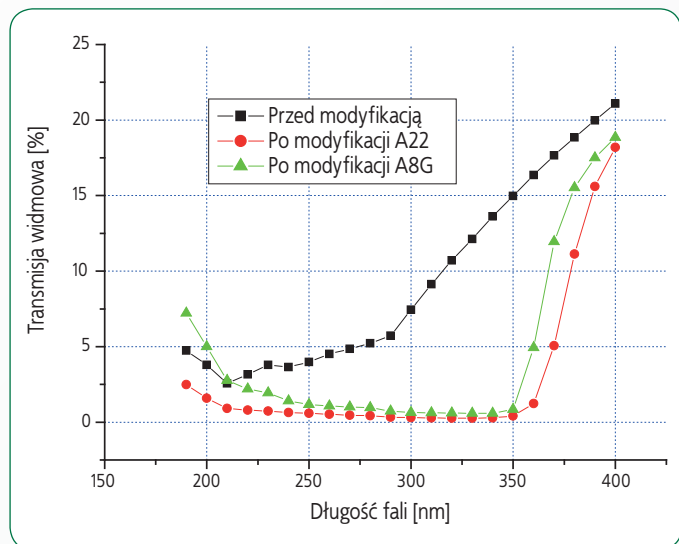
lub dla całego zakresu UV ze wzoru:

$$W_{(200-400)} = 1/T_{A(200-400)}$$

Wskaźniki te są miarą obniżenia skutecznego aktywności napromienienia promieniowaniem UV padającym na skórę i służą do wyboru odpowiedniego materiału barierowego, przy ekspozycji na okre-



Rys. 2. Schemat postępowania podczas doboru odzieży do ochrony przed sztucznym promieniowaniem UV
 Rys. 2. Schemat postępowania podczas doboru odzieży do ochrony przed sztucznym promieniowaniem UV



Rys. 3. Transmisja widmowa $\tau(\lambda)$ dla dzianiny bawełnianej przed modyfikacją i po modyfikacji absorberami A22 i A8G
 Rys. 3. Transmisja widmowa $\tau(\lambda)$ dla dzianiny bawełnianej przed modyfikacją i po modyfikacji absorberami A22 i A8G

Ślony sztuczny promiennik UV o znanym rozkładzie widmowym jego promieniowania, tak aby przy 8-godzinnej ekspozycji nie doszło do przekroczenia wartości MDE określonej dla źródeł sztucznych.

Dobór odzieży i rękawic do ochrony przed sztucznym promieniowaniem UV z wykorzystaniem wskaźników barierowości

W celu dokonania doboru materiału włókienniczego charakteryzującego się odpowiednim wskaźnikiem barierowości (W) należy:

- określić zakres długości fal i charakterystykę widmową promieniowania emitowanego przez dane źródło UV (w przypadku elektrycznych promienników UV dane takie można znaleźć w katalogu producenta źródła lub poprzez wyszukiwarke na stronach internetowych)

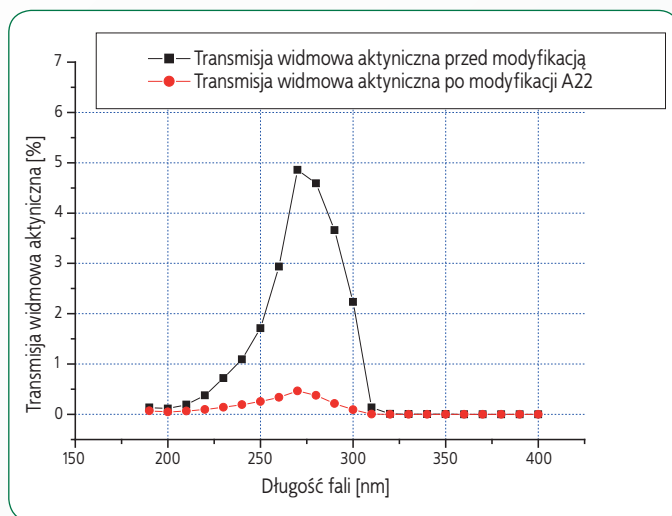
- zmierzyć skuteczne natężenie napromienienia promieniowania UV poszczególnych eksponowanych części ciała (dłonie, ramiona, szyja, głowa itp.) na stanowisku pracy oraz określić czas ekspozycji pracownika w ciągu zmiany roboczej

- obliczyć napromienienie skuteczne poszczególnych eksponowanych części ciała

- określić krotność N wartości MDE jako iloraz obliczonego skutecznego napromienienia i MDE równego 30 J/m^2

- wybrać tkaninę barierową charakteryzującą się wskaźnikiem barierowości z zakresu widma emitowanego przez dane źródło, np. dla lampy bakterioobójczej, której maksimum emisji występuje w przedziale 240-300 nm należy przyjąć $W_{(240-300)}$ i którego wartość będzie większa od krotności N wartości MDE (N).

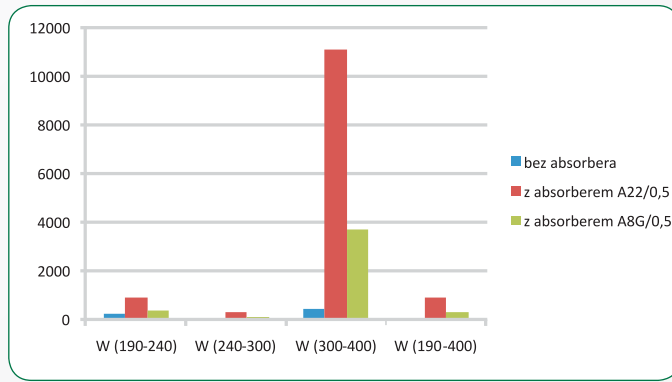
Schemat postępowania podczas doboru odzieży do ochrony przed sztucznym promieniowaniem UV przedstawiono na rys. 2.



Rys. 4. Transmisja widmowa aktywna $\tau(\lambda) \cdot S(\lambda)$ dla dzianiny bawełnianej przed modyfikacją i po modyfikacji absorberem A22
 Rys. 4. Transmisja widmowa aktywna $\tau(\lambda) \cdot S(\lambda)$ dla dzianiny bawełnianej przed modyfikacją i po modyfikacji absorberem A22

Tabela. Wartości wskaźników barierowości „W” dla próbek przed i po modyfikacji
 Tabela. Wartości wskaźników barierowości „W” dla próbek przed i po modyfikacji

| Symbol | Rodzaj próbki dzianiny 100% CO | W (200-240) | W (240-300) | W (300-400) | W (200-400) |
|--------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| IW/D | przed modyfikacją bez absorbera | 228 | 33 | 458 | 96 |
| IW/D/A | z absorberem A22 | 972 | 362 | 11122 | 931 |
| IW/D/B | z absorberem A8G | 376 | 141 | 3758 | 359 |



Rys. 5. Wartości wskaźników barierowości „W” dla dzianiny bawełnianej przed i po modyfikacji
 Rys. 5. Wartości wskaźników barierowości „W” dla dzianiny bawełnianej przed i po modyfikacji

Przykład doboru materiału włókienniczego przeznaczonego na odzież do ochrony przed sztucznym promieniowaniem UV

Przykład doboru materiału włókienniczego stanowiącego barierę przed sztucznym promieniowaniem nadfioletowym zaprezentowano dla lampy bakterioobójczej emitującej promieniowanie z zakresu UVC (max emisji 253,7 nm). Lampa zainstalowana jest nad stanowiskiem pracy. Zmierzone skuteczne natężenie napromienienia (ważone wg krzywej $S(\lambda)$) padające na skórę pracownika wynosi $E_{skóra} = 0,1 \text{ W/m}^2$.

Aby dobrać odzież wykonaną z odpowiedniego materiału barierowego, należy odpowiedzieć na pytanie: jaki powinien być minimalny wskaźnik barierowości $W_{(240-300)}$ tkaniny, aby w ciągu 8 godzin zmiany roboczej nie przekroczona została wartość $\text{NDN} = 30 \text{ J/m}^2$.

Sposób wyznaczania wskaźnika barierowości W obejmuje trzy podstawowe kroki:

- 1) Obliczenie napromienienia aktywnego w ciągu 8 godzin ekspozycji:
 - (8 godz. = 28800 s)
 - $H_{skóra} = 0,1 \cdot 28800 \text{ s} = 2880 \text{ J/m}^2$
- 2) Obliczenie krotności N wartości MDE: krotność $N = H_{skóra} / 30 \text{ J/m}^2 = 2880 / 30 = 96$
- 3) Określenie minimalnego wskaźnika barierowości w odniesieniu do omawianego przypadku: $W_{(240-300)} = 96$.

Minimalny wskaźnik barierowości $W_{(240-300)}$ materiału włókienniczego przeznaczonego na ubranie ochronne pracownika musi (w omawianym przykładzie) wynosić co najmniej 96, aby w ciągu 8 godzin ekspozycji wartość MDE dla skóry nie została przekroczona. Zatem następnym krokiem jest znalezienie ubrania roboczego o odpowiednio wysokim wskaźniku barierowości na UVC. Nie każde ubranie robocze zasłaniające skórę będzie spełniało ten warunek, wobec czego niezbędne jest określanie i oznakowywanie omawianych wcześniej wskaźników barierowości dla materiałów włókienniczych, z których szyta jest odzież robocza – jako odzież ochronna przed UV. To pozwoli na właściwy dobór odzieży ochronnej do rodzaju ekspozycji na stanowisku pracy, na którym występuje narażenie na sztuczne promieniowanie UV o określonych parametrach.

Badania wskaźnika barierowości materiałów włókienniczych

Badania omawianych wcześniej wskaźników barierowości przeprowadzono na przykładzie trzech materiałów włókienniczych stosowanych do produkcji odzieży roboczej:

- dzianiny bawełnianej o masie powierzchniowej 230 g/m^2 (oznaczonej symbolem IW/D)
- zmodyfikowanej absorberem promieniowania UV: absorber A22 dzianiny bawełnianej (oznaczonej symbolem IW/D/A)
- zmodyfikowanej absorberem promieniowania UV: absorber A8G dzianiny bawełnianej (oznaczonej symbolem IW/D/B)

Obie zmodyfikowane dzianiny bawełniane opracowane zostały przez Instytut Włókiennictwa w Łodzi.

Wyniki pomiarów transmisji widmowej dzianiny bawełnianej przed modyfikacją i po modyfikacji absorberami promieniowania UV przedstawiono na rys. 3, natomiast wykresy przedstawiające transmisję aktywną dla próbki przed modyfikacją (IW/D) i po modyfikacji absorberem A22 (IW/D/A) przedstawiono na rys. 4.

Z rys. 3 i 4. wynika jednoznacznie, że modyfikacja dzianiny bawełnianej obydwoma opracowanymi absorberami UV spowodowała spadek transmisji widmowej w całym zakresie UV. Wyznaczone wartości poszczególnych wskaźników barierowości „ W ” dla dzianiny bawełnianej przed i po modyfikacji absorberami UV przedstawiono w tabeli i na rys. 5. Spośród badanych materiałów włókienniczych najlepsze właściwości barierowe posiada dzianina po modyfikacji absorberem A22. Analizując wskaźniki barierowości dla dzianiny bawełnianej przed modyfikacją można stwierdzić, że najniższe właściwości barierowe ma w zakresie 240-300 nm i stosowanie jej jako materiał na odzież ochronną przy ekspozycji np. na promieniowanie UVC od lamp bakterioobójczych może dawać niewystarczającą ochronę skóry.

W odniesieniu do przedstawionego wcześniej przykładu opisującego dobór materiału do ochrony przed promieniowaniem UVC lampy bakterioobójczej widać, że wartości wskaźnika barierowości $W_{(240-300)}$ materiału po modyfikacji obydwoma absorberami są większe od wyznaczonej wartości minimalnej wynoszącej 96. Stosowanie odzieży ochronnej z tych materiałów zapewnia, że w ciągu 8 godzin ekspozycji nie zostanie przekroczona wartość MDE dla skóry. Natomiast przeznaczania na odzież roboczą w tym przypadku zwykłej dzianiny bawełnianej przed modyfikacją nie zapewnia odpowiedniej ochrony, gdyż wartość wskaźnika barierowości $W_{(240-300)}$ wynosi 33, a zatem jest trzykrotnie mniejsza od wymaganej wartości minimalnej.

Podsumowanie

Dotychczas prowadzone badania nad modyfikacją materiałów włókienniczych w celu zapewnienia odpowiedniej barierowości przed promieniowaniem UV dotyczyły wyłącznie ochrony przed naturalnym promieniowaniem pochodzącym od Słońca. Opracowane kryteria oceny i metoda badań barierowości tych materiałów z wykorzystaniem współczynnika UPF odnoszą się tylko do ekspozycji na naturalne promieniowanie UV z zakresu 290-400 nm. Zatem współczynnik UPF nie określa barierowości danego materiału dla promieniowania UV z zakresu poniżej 290 nm, które często występuje przy ekspozycji na sztuczne promieniowanie nadfioletowe. Wobec powyższego istniała potrzeba określenia kryteriów i metody oceny materiałów włókienniczych pod kątem ich barierowości dla szerszego zakresu promieniowania UV, które byłyby wykorzystywane dla celów właściwego doboru odzieży roboczej i rękawicy przy ekspozycji na sztuczny nadfiolet.

W artykule przedstawiono opracowaną nową metodę i kryteria oceny barierowości materiałów włókienniczych przed sztucznym promieniowaniem UV, wyniki badań i oceny barierowości dzianiny bawełnianej przed i po modyfikacji absorberami nadfioletu, zgodnie z opracowaną metodą i kryteriami oceny oraz sposób doboru wskaźnika barierowości odzieży ochronnej przed sztucznym promienio-

waniem UV. Opisana metoda oceny barierowości materiałów włókienniczych przed sztucznym promieniowaniem UV przeznaczonych do konstrukcji odzieży ochronnej i rękawic ochronnych pozwala na określenie wskaźników barierowości w wyszczególnionych przedziałach promieniowania nadfioletowego. Dzięki temu można precyzyjnie dobrać materiał barierowy do charakterystyki sztucznego promieniowania UV (zakres i rozkład widmowy emitowanego przez dane źródło promieniowania UV) na podstawie wymaganego dla danego stanowiska obniżenia skutecznego aktywnie napromienienia promieniowaniem nadfioletowym poniżej wartości MDE, przechodzącym przez materiał.

Propozycja czterech wskaźników barierowości odniesionych do skuteczności aktywnego działania nadfioletu na organizm człowieka, zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny zagrożenia tym promieniowaniem pochodzącym od źródeł sztucznych [1, 2] oraz wyznaczonych odpowiednio dla 3 charakterystycznych podzakresów promieniowania UV lub dla całego zakresu UV pozwala na bezpośrednie zastosowanie ich do działań ograniczających ryzyko do małego – w przypadku stwierdzenia na danym stanowisku ryzyka dużego przy ekspozycji skóry na nadfiolet. Wyznaczenie z badań na danym stanowisku krotności przekroczenia MDE dla skóry oraz znajomość zakresu i rozkładu widmowego źródła UV wystarcza do określenia minimalnej wartości wskaźnika barierowości i jaką powinna mieć odzież robocza.

Zaproponowane wskaźniki barierowości mogą więc być bardzo przydatne przy doborze środków ochrony indywidualnej wykonanych z materiałów włókienniczych przeznaczonych dla pracowników narażonych na sztuczne promieniowanie nadfioletowe. Zaprezentowane wyniki wskaźników barierowości dla przykładowych materiałów modyfikowanych absorberami UV potwierdzają znaczne podwyższenie wskaźników barierowości w stosunku do materiałów bez modyfikacji, a co zatem idzie – możliwość zastosowania materiałów modyfikowanych do konstrukcji środków ochrony indywidualnej przeznaczonej do ochrony przed sztucznym UV.

PÍSMIENICTWO

- [1] Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym), dziewiętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG)
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 141, poz. 950
- [3] PN-EN 13758-1+A1:2007 *Tekstylija – Właściwości ochronne przed działaniem promieniowania UV – Część 1: Metoda badania płaskich wyrobów włókienniczych*
- [4] PN-EN 13758-2+A1:2007 *Tekstylija – Właściwości ochronne przed działaniem promieniowania UV – Część 2: Klasyfikacja i znakowanie*
- [5] PN-T-06589:2002 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym – Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy*

Publikacja została przygotowana w ramach Projektu Kluczowego PO IG nr 01.03.01-00-006/08 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.