

Andrzej PAWLAK

OKREŚLENIE KATEGORII EMISJI MASZINY ZE WZGLĘDU NA ZAGROŻENIE PROMIENIOWANIEM NADFIOLETOWYM NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

STRESZCZENIE *W referacie omówiono metodykę wyznaczenia kategorii emisji promieniowania nadfioletowego maszyn, w których do procesów technologicznych używane jest promieniowanie nadfioletowe. Na wybranych przykładach maszyny zaprezentowano wyniki pomiarów natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym oraz sposób wyznaczania kategorii badanej maszyny. Zwrócono również uwagę na przyczyny emisji promieniowania nadfioletowego poza obudowę maszyny.*

Słowa kluczowe: *nielaserowe promieniowanie optyczne, promieniowanie nadfioletowe, maszyna, kategoria emisji promieniowania*

1. WSTĘP

Promieniowanie nadfioletowe stosowane jest w wielu procesach technologicznych jak np. fotopolimeryzacja, utwardzanie, suszenie czy dezynfekcja. Procesy te wykorzystywane są m.in. w przemyśle poligraficznym, chemicznym,

mgr inż. Andrzej PAWLAK
e-mail: an.paw@ciop.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy
Prochownia Promieniowania Optycznego

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 245, 2010

farmaceutycznym, spożywczym, meblowym, itp. W związku z tym promieniowanie nadfioletowe występuje na wielu stanowiskach pracy oraz emitowane jest przez różnego rodzaju maszyny. Promieniowanie to może stanowić zagrożenie dla oczu i skóry pracowników wykonujących określone czynności na takich stanowiskach, czy obsługujących maszyny – jeśli nadmierna ilość tego promieniowania wydostanie się poza maszynę w strefę przebywania pracownika. Według danych GUS za 2008 r. (na podstawie karty Z-10) liczba pracowników zatrudnionych w warunkach zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym wynosiła 2 983. Niestety dane te nie odzwierciedlają pełnej liczby zatrudnionych w warunkach zagrożenia tym promieniowaniem, gdyż np. szacunkowa liczba pracowników ekspozowanych na sztuczne promieniowanie nadfioletowe wynosiła w 2002 r. – 91,5 tys. (na podstawie Spisu Powszechnego). Większość z ww. liczby pracowników narażona jest na to promieniowanie na skutek emisji przez maszyny. Ten fakt uwzględniają odpowiednie Dyrektywy: 98/37/WE [1], 89/655/EWG [4] i 2006/25/WE [3], z których wynika konieczność ograniczenia emisji promieniowania emitowanego przez maszyny i jej oceny. Wyprodukowana maszyna powinna być poddana ocenie jej bezpieczeństwa ze względu na emisję promieniowania optycznego, co określają normy zharmonizowane z dyrektywą maszynową (PN-EN 12198: 2006, część 1, 2 i 3) [5, 6, 7].

2. METODA OCENY KATEGORII MASZYN EMITUJĄCYCH PROMIENIOWANIE NADFIOLETOWE

Określenie kategorii emisji promieniowania wykonuje się w odniesieniu do poszczególnych etapów użytkowania maszyny: obsługa, nastawianie i czyszczenie. Jako ogólną kategorię maszyny przyjmuje się kategorię o najwyższym numerze z kategorii określonych dla emisji promieniowania w poszczególnych etapach podczas jej użytkowania.

W zależności od poziomu emisji promieniowania, producent maszyny powinien określić jej kategorię emisji promieniowania. Zgodnie z tabelą 1 występują trzy kategorie promieniowania. Natomiast zależności pomiędzy wyznaczonymi dla maszyny parametrami promieniowania nadfioletowego, a kategorią emisji promieniowania maszyny, przedstawiono w tabeli 2.

Pomiary skutecznego natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym należy zawsze wykonywać w odległości 10 cm od powierzchni dostępu maszyny w kierunku maksymalnej intensywności tego promieniowania.

TABELA 1

Klasyfikacja maszyn ze względu na poziom emisji promieniowania [5]

Kategoria	Ograniczenia i środki ochronne	Informowanie i szkolenia
0	Brak ograniczenia	Nie ma potrzeby informowania
1	Ograniczenia: ograniczenia dostępu, mogą być potrzebne środki ochronne	Informowanie o zagrożeniu, ryzyku i skutkach wtórnych
2	Niezbędne specjalne ograniczenia i środki ochronne	Informowanie o zagrożeniu, ryzyku i skutkach wtórnych: może być potrzebne szkolenie

TABELA 2

Zależność między skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym a kategorią emisji promieniowania maszyny [5]

E_{eff} (180 nm ÷ 400 nm) [W/m ²]	Kategoria emisji promieniowania
$E_{eff} \leq 0,1 \cdot 10^{-3}$	0
$0,1 \cdot 10^{-3} < E_{eff} \leq 1,0 \cdot 10^{-3}$	1
$E_{eff} > 1,0 \cdot 10^{-3}$	2

W przypadku, gdy w obudowie maszyny są otwory, do których operator może wprowadzić część swojego ciała, to pomiar należy wykonać wewnątrz obszaru, do którego może dosięgnąć. Jeśli operatorzy muszą zaglądać do wnętrza obudowy przez np. okna, to pomiary należy wykonać w punktach odpowiadających położeniu oka. Dodatkowo należy wykonać pomiary w miejscach, w których może wydostawać się promieniowanie (np. na skutek przechodzenia przez szczeliny w obudowie, czy połączenia ścianek) oraz wewnątrz obudów zdejmowanych w celu konserwacji i otworów wykorzystywanych podczas obsługi i napraw. Wszystkie punkty pomiarowe powinny być tak określone, aby były jednoznacznie rozpoznawane. Czas uśredniania pomiaru powinien wynosić 8 godzin z możliwością jego skrócenia w przypadku występowania takich samych wyników. Krzywa względnej skuteczności widmowej promieniowania nadfioletowego $S(\lambda)$ określona jest w Załączniku B do normy PN-EN 12198-1: 2006 [5].

3. WYNIKI OCENY KATEGORII WYBRANYCH MASZYN EMITUJĄCYCH PROMIENIOWANIE NADFIOLETOWE

3.1. Maszyna do utwardzania żelu ochronnego

Maszyna pokazana na rysunku 1 przeznaczona jest do utwardzania żelu ochronnego nałożonego na obwód drukowany. Zainstalowany jest w niej pro-

miennik UV o mocy 1,8 kW. Obwody drukowane przemieszczają się na taśmie, która przechodzi przez środek maszyny.

Rys. 1. Widok maszyny do utwardzania za pomocą promieniowania UV żelu ochronnego (fot. autor)



Rys. 2. Widok fragmentu maszyny z zainstalowaną dodatkową osłoną (fot. autor)

Pomiary promieniowania nadfioletowego emitowanego na zewnątrz tej maszyny były wykonane dwukrotnie: przed oraz po zainstalowaniu dodatkowej osłony taśmy wykonanej z blachy duralowej po stronie wyjścia taśmy z maszyny oraz ruchomej przesłony otworu w maszynie, od strony siatki – podnoszącej się podczas przemieszczania się po taśmie obwodu drukowanego (rys. 2).

Przed zainstalowaniem tych osłon, po stronie wyjścia taśmy z maszyny, średnie skuteczne natężenie napromienienia w odległości 10 cm, wyniosło $E_{sr} = 21,2 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$. Natomiast po zainstalowaniu osłon średnie skuteczne natężenie napromienienia w tym samym miejscu, w odległości 10 cm, wyniosło $E_{sr} = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$.

Wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia z pozostałych stron tej maszyny były bliskie zeru.

Oznacza to, że kategoria emisji promieniowania tej maszyny, po zastosowaniu osłon ochronnych, zmieniła się z 2 na 1.

Również w odległości około 3,5 m od tej maszyny, po zainstalowaniu osłony na ogrodzeniu obszaru z robotem (rys. 3) średnie skuteczne natężenie napromienienia w tej odległości zmniejszyło się z $E_{sr} = 8,58 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$ do $E_{sr} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$ [8].

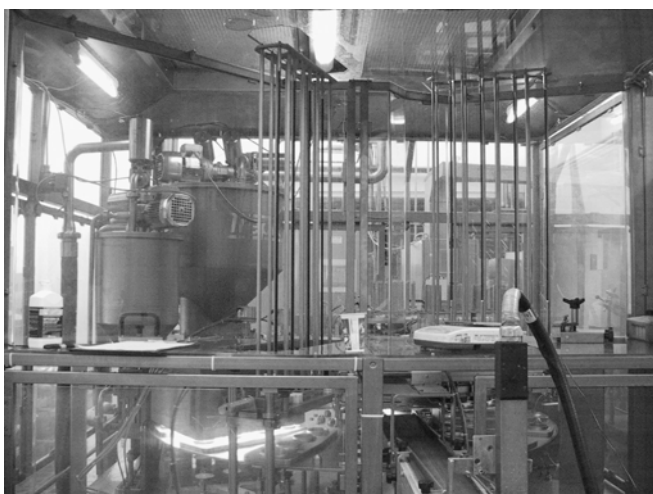


Rys. 3. Widok urządzenia do utwardzania na tle ogrodzenia obszaru robota z zaznaczoną dodatkową osłoną na ogrodzeniu (fot. autor)

3.2. Automat do pakowania produktów spożywczych

W automacie do pakowania produktów spożywczych zainstalowanych jest łącznie 5 promienników (świłówek) UV-C (produkcji firmy Philips). Liczba oraz moc pracujących lamp UV-C jest zależna od trybu pracy automatu – normalna lub dezynfekcja. Podczas normalnej pracy załączone są następujące promienniki:

- TUV PL-L 18 W - służący do dezynfekcji kubków,
- TUV TL-D 55 W (2 szt.) - służące do dezynfekcji płatynek.

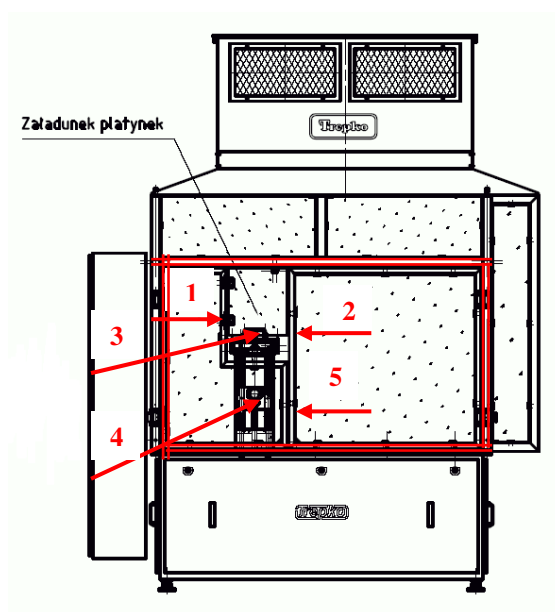


Natomiast podczas pracy w trybie dezynfekcji załączone są dwa promienniki TUV TL-D 15 W. Promienniki te zainstalowane są w górnej części automatu – przy bocznych ściankach (rys. 4).

Rys. 4. Widok automatu od strony załadunku kubków z załączonymi promiennikami UV w górnej części (tył automatu) (fot. autor)

Automat ze wszystkich stron osłonięty jest obudową składającą się z ekranów wykonanych z przezroczystego poliwęglanu. Pomiędzy ekranami występują dość duże szczeliny, przez które swobodnie przechodzi promieniowanie UV na zewnątrz automatu.

W tabelach od 3 do 6 przedstawiono wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia, w odległości 10 cm od szczelin pomiędzy częściami ekranu ochronnego, występującego podczas dezynfekcji oraz normalnej pracy automatu.



Rys. 5. Widok tyłu automatu z zaznaczonymi liniami pomiaru

TABELA 3

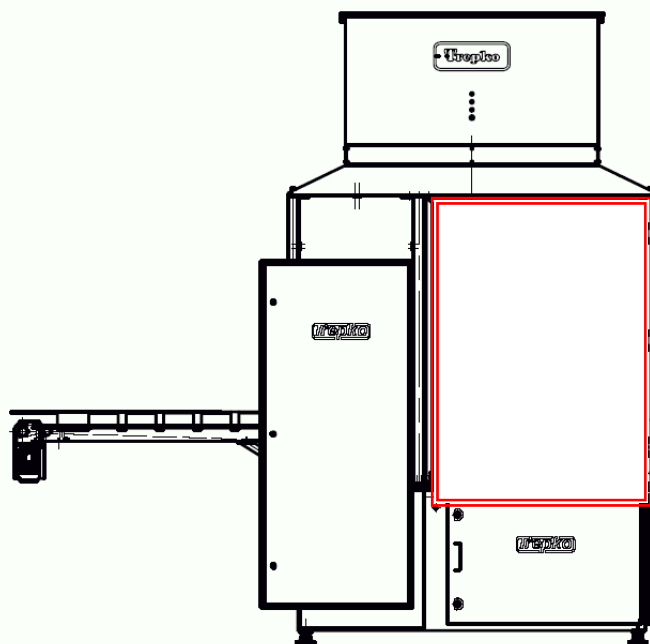
Wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia z tyłu automatu podczas dezynfekcji oraz normalnej pracy [9]

Miejsce pomiaru		Zależność między wyznaczonym skutecznym natężeniem napromienienia a kategorią emisji			
Strona automatu	Linia pomiaru (szczelina)	Dezynfekcja		Normalna praca	
		Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru	Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru
Tył (rys. 5)	Górna podwójna linia	$0,4 \cdot 10^{-3}$	1	$0,08 \cdot 10^{-3}$	0
	Prawa podwójna linia	$0,31 \cdot 10^{-3}$	1	$0,17 \cdot 10^{-3}$	1
	Lewa podwójna linia	$4,15 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Dolna podwójna linia	$0,29 \cdot 10^{-3}$	1	$0,29 \cdot 10^{-3}$	1
	Linia 1	$11,5 \cdot 10^{-3}$	2	$0,14 \cdot 10^{-3}$	1
	Linia 2	$1,12 \cdot 10^{-3}$	2	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 3	$1,97 \cdot 10^{-3}$	2	$0,58 \cdot 10^{-3}$	1
	Linia 4	$8,12 \cdot 10^{-3}$	2	$1,57 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 5	$0,35 \cdot 10^{-3}$	1	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2
	Średnia dla całej ściany tylnej	$3,13 \cdot 10^{-3}$	2	$0,54 \cdot 10^{-3}$	1

TABELA 4

Wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia prawego boku automatu podczas dezynfekcji oraz normalnej pracy [9]

Miejsce pomiaru		Zależność między wyznaczonym skutecznym natężeniem napromienienia a kategorią emisji			
Strona automatu	Linia pomiaru (szczelina)	Dezynfekcja		Normalna praca	
		Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru	Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru
Prawy bok (rys. 6)	Górna podwójna linia	$340 \cdot 10^{-3}$	2		
	Lewa podwójna linia	$0,42 \cdot 10^{-3}$	1	$0,01 \cdot 10^{-3}$	0
	Prawa podwójna linia	$1,51 \cdot 10^{-3}$	2	$0,76 \cdot 10^{-3}$	1
	Dolna podwójna linia	$0,22 \cdot 10^{-3}$	1	$0,09 \cdot 10^{-3}$	0
	Średnia dla całej ściany prawej	$85,5 \cdot 10^{-3}$	2	$0,29 \cdot 10^{-3}$	1

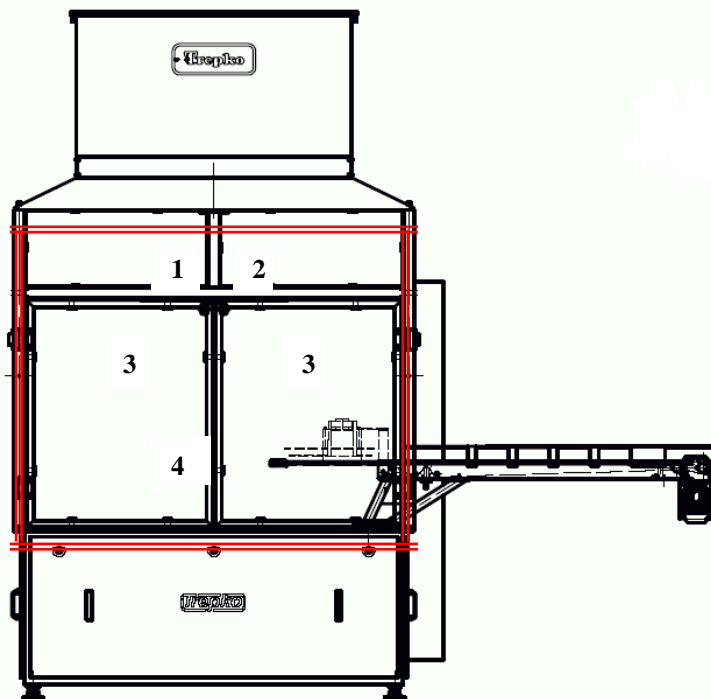


Rys. 6. Widok prawego boku automatu z zaznaczonymi liniami pomiaru

TABELA 5

Wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia lewego boku automatu podczas dezynfekcji oraz normalnej pracy [9]

Miejsce pomiaru		Zależność między wyznaczonym skutecznym natężeniem napromienienia a kategorią emisji			
Strona automatu	Linia pomiaru (szczelina)	Dezynfekcja		Normalna praca	
		Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru	Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru
Lewy bok (rys. 7)	Górna podwójna linia	$2,85 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Lewa podwójna linia	$0,5 \cdot 10^{-3}$	1	$0,07 \cdot 10^{-3}$	0
	Prawa podwójna linia	$0,36 \cdot 10^{-3}$	1	$0,7 \cdot 10^{-3}$	1
	Dolna podwójna linia	$0,5 \cdot 10^{-3}$	0	$1,44 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 1	$10,5 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 2	$22,1 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 3	$0,67 \cdot 10^{-3}$	1	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 4	$4,0 \cdot 10^{-3}$	2	$0,77 \cdot 10^{-3}$	1
	Średnia dla całej ściany lewej	$5,85 \cdot 10^{-3}$	2	$0,62 \cdot 10^{-3}$	1

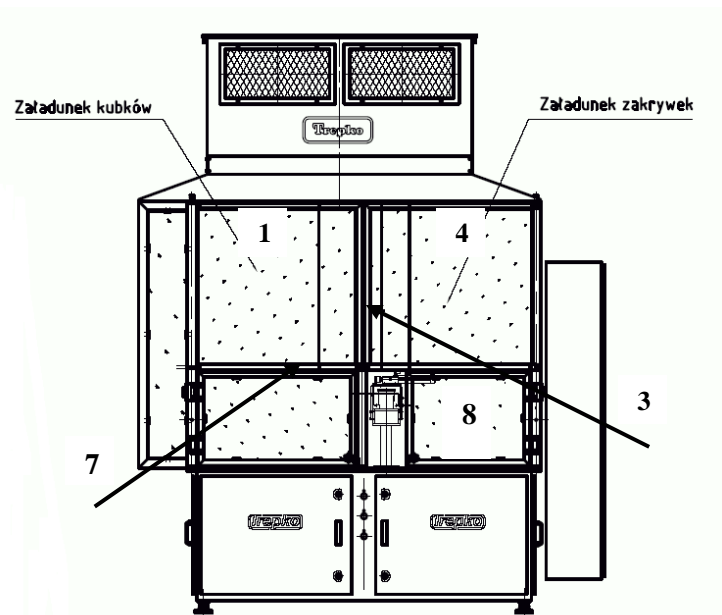


Rys. 7. Widok lewego boku automatu z zaznaczonymi liniami pomiaru

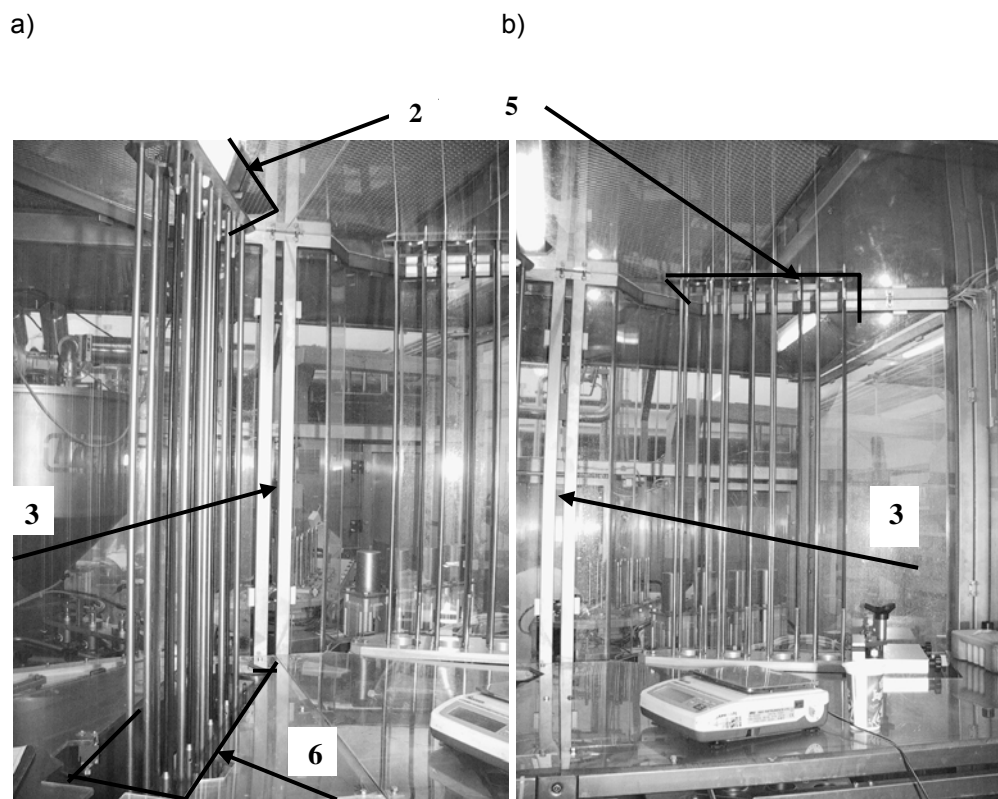
TABELA 6

Wyniki pomiarów skutecznego natężenia napromienienia z przodu automatu podczas dezynfekcji oraz normalnej pracy [9]

Miejsce pomiaru		Zależność między wyznaczonym skutecznym natężeniem napromienienia a kategorią emisji			
Strona automatu	Linia pomiaru (szczelina)	Dezynfekcja		Normalna praca	
		Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru	Skuteczne natężenie napromienienia [W/m ²]	Kategoria emisji wynikająca z pomiaru
Przód (rys. 8 i rys. 9a i 9b, rys. 10)	Linia 1	$9,1 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 2	$3,48 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 3	$1,69 \cdot 10^{-3}$	2	$18,5 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 4	$6,45 \cdot 10^{-3}$	2	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0
	Linia 5	$0,84 \cdot 10^{-3}$	1	$1,1 \cdot 10^{-3}$	1
	Linia 6	$1,1 \cdot 10^{-3}$	1	$25,4 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 7	$0,5 \cdot 10^{-3}$	0	$1,43 \cdot 10^{-3}$	2
	Linia 8	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0	$8,13 \cdot 10^{-3}$	2
	Średnia dla przodu automatu	$4,31 \cdot 10^{-3}$	2	$13,4 \cdot 10^{-3}$	2

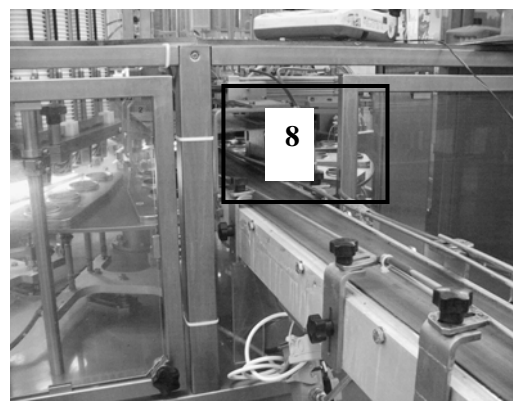


Rys. 8. Widok przodu automatu z zaznaczonymi liniami pomiaru



Rys. 9. Widok przodu automatu z zaznaczonymi liniami (miejscami) pomiaru (2 i 5 – otwory w suficie, 6 otwór w blacie) (fot. autor)

Rys. 10. Widok dolnej części przodu automatu z zaznaczonym miejscem pomiaru (fot. autor)



Wnioski z pomiarów

Uzyskane wyniki pomiarów wskazują na 2 kategorię emisji promieniowania automatu, zarówno podczas dezynfekcji automatu jak i normalnej pracy. Jest to równoznaczne z koniecznością stosowania specjalnych ograniczeń i środków ochronnych oraz poinformowania pracowników o występujących zagrożeniach. Wskazane jest podjęcie przez producenta działań w celu wyeliminowania lub zmniejszenia emisji promieniowania nadfioletowego na zewnątrz automatu, które jest wynikiem wielokrotnych odbić wewnątrz automatu. Pozwoliłoby to na sklasyfikowanie niniejszego urządzenia do niższej kategorii emisji. Możliwe to jest poprzez:

- szczelniejsze przesłonięcie promienników UV (2 x 55 W) w ich metalowej obudowie za pomocą odpowiednio wyprofilowanych elementów metalowych,
- znacznie ograniczenie szerokości szczelin między ekranami ochronnymi lub poprzez zamontowanie płaskowników przesłaniających te otwory/ szczeliny.

LITERATURA

1. Dyrektywa 98/37/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 22 czerwca 1998 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do maszyn.
2. DYREKTYWA 2006/42/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.
3. Dyrektywa 2006/25/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 5 kwietnia 2006 r. 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).
4. Dyrektywa 89/655/EWG z dnia 30 listopada 1989 r. dotycząca minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny użytkowania sprzętu roboczego przez pracowników podczas pracy (druga dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).

5. PN-EN 12198-1:2006 Bezpieczeństwo maszyn – Ocena i zmniejszanie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny – Część 1: Zasady ogólne.
6. PN-EN 12198-2:2006 Bezpieczeństwo maszyn – Ocena i zmniejszanie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny – Część 2: Sposób pomiaru emitowanego promieniowania.
7. PN-EN 12198-3:2006 Bezpieczeństwo maszyn – Ocena i zmniejszanie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny – Część 3: Zmniejszenie promieniowania przez tłumienie lub ekranowanie.
8. Ocena zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym w przedsiębiorstwie elektronicznym. Praca niepublikowana, CIOP-PIB nr 509/PZ/2008/NB. Główny wykonawca mgr inż. Andrzej Pawlak.
9. Ocena zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym na stanowiskach pracy w obszarze automatu do pakowania produktów spożywczych. Praca niepublikowana, CIOP-PIB nr 413/PZ/2006/NB. Główny wykonawca mgr inż. Andrzej Pawlak. Wykonawca dr inż. Agnieszka Wolska.

Rękopis dostarczono, dnia 26.03.2010 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

DETERMINATION OF CATEGORY OF UV RADIATION EMISSION FOR CERTAIN MACHINERY

Andrzej PAWLAK

ABSTRACT *This paper presents assessment methods for machinery emitting optical radiation. The measurement results of UV radiation for certain machinery as well as determination of category of radiation emission are discussed. The reasons of emission of UV radiation outside the body of the machinery are also presented.*



Mgr inż. Andrzej PAWLAK – absolwent Politechniki Warszawskiej – Wydział Elektryczny – specjalizacja – Technika Świetlna. Obecnie asystent w Pracowni Promieniowania Optycznego CIOP-PIB. Działalność zawodowa to prace badawcze oraz ekspertyzy z zakresu oświetlenia elektrycznego oraz promieniowania optycznego.