

dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
mgr inż. ANDRZEJ PAWLAK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
- Państwowy Instytut Badawczy

Ocena zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym na wybranych stanowiskach pracy

Część widma promieniowania elektromagnetycznego o długościach fali z przedziału 100÷400 nm nazywamy promieniowaniem nadfioletowym – UV. Zwykle obszar promieniowania nadfioletowego dzieli się na pasma: UV-A (nadfiolet bliski), UV-B (nadfiolet średni), UV-C (nadfiolet daleki). Zgodnie z normą PN-90/E-01005 [1] do poszczególnych pasm promieniowania nadfioletowego zalicza się fale o następującej długości:

UV-A: 315÷400 nm
UV-B: 280÷315 nm
UV-C: 100÷280 nm

Fale krótsze od 200 nm praktycznie nie występują na stanowiskach pracy, ponieważ są silnie pochłaniane przez powietrze. Promieniowanie UV jest naturalnym składnikiem promieniowania słonecznego jak również wykorzystywane jest w procesach technologicznych, medycynie, pracach badawczych oraz stanowi uboczny produkt działalności zawodowej człowieka. Tak więc człowiek jest narażony zarówno na naturalne (słoneczne) jak i pochodzące od sztucznych źródeł promieniowanie UV. Do sztucznych źródeł zaliczamy elektryczne źródła nadfioletu, które znalazły wykorzystanie w medycynie, przemyśle farmaceutycznym i spożywczym, poligrafii, przemyśle meblowym, lakierniach i farbiarniach, salonach kosmetycznych oraz w takich urządzeniach, jak testery do banknotów czy lampy owadobójcze. Innymi sztucznymi źródłami promieniowania nadfioletowego mogą być takie procesy technologiczne, jak: spawanie łukowe i gazowe, cięcie łukiem plazmowym, cięcie tlenowe. Promieniowanie towarzyszące tym procesom jest często bardzo intensywne i może stanowić zagrożenie dla człowieka.

Biologiczne działanie promieniowania nadfioletowego

Jakkolwiek nadfiolet jest ważnym czynnikiem środowiska, niezbędnym do prawidłowego rozwoju i działalności człowieka (działanie przeciwkrzywicze, wzrost odporności organizmu, przyspieszenie gojenia ran, niszczenie drobnoustrojów itp.), to jego nadmiar powoduje wiele niekorzystnych skutków biologicznych. Reakcje biologiczne może wywoływać jedynie promieniowanie pochłonięte, a skutki narażenia na promieniowanie zależą od parametrów fizycznych promieniowania, wielkości pochłoniętej dawki oraz właściwości optycznych i biologicznych ekspozowanej tkanki.

Działanie nadfioletu na skórę

Promieniowanie nadfioletowe pochłonięte przez skórę może spowodować zarówno szereg szkodliwych reakcji fotochemicznych, np. rumień skóry, zmiany przednawotworowe i nowotworowe, wzrost pigmentacji, złuszczenie się naskórka, jak i korzystnych, np. wzrost odporności organizmu, powstawanie witaminy D₃, obniżenie ilości cholesterolu, szybsze gojenie się ran, ustępowanie infekcji i niektórych chorób skóry [2].

Działanie nadfioletu na oczy

Najczęściej spotykany, ostrym objawem narażenia oka na nadfiolet jest stan zapalny rogówki i spojówek.

Natomiast promieniowanie nadfioletowe o długości fali większej od 300 nm docierające do soczewki, w której jest silnie pochłaniane może doprowadzić do powstania **zaćmy, czyli zmętnienia soczewki**. Rozwój zaćmy jest powolny, trwa wiele lat i przypuszcza się, że największą skuteczność wywoływania zaćmy posiadają fale o długości 300÷320 nm.

Kryteria oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym

Zgodnie z rozporządzeniem ministra pracy i polityki socjalnej z dnia 17 czerwca 1998 r. [4] najwyższe dopuszczalne wartości skuteczne napromienienia (w skrócie NDN) promieniowaniem nadfioletowym są następujące:

- najwyższa dopuszczalna wartość skuteczna napromienienia erytemalnego (mogącego wywołać stan zapalny w skórze, zwany rumieniem) dla 8-godzinnego dnia pracy wynosi $N_{de} = 30 \text{ J/m}^2$ bez względu na powtarzalność ekspozycji
- najwyższa dopuszczalna wartość skuteczna napromienienia koniunktywalnego (mogącego powodować zapalenie spojówek i rogówek oczu) w ciągu 8-godzinnego dnia pracy wynosi $N_{dk} = 30 \text{ J/m}^2$ w przypadku ekspozycji nie powtarzającej się w następnym dniu oraz $N_{dk} = 18 \text{ J/m}^2$ w przypadku ekspozycji powtarzających się w kolejnych dniach.

Powyższe dane są podstawą do określenia dopuszczalnego średniego natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym E :

$$E = \frac{N}{t}$$

gdzie:

t – czas ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe w sekundach

N – najwyższa dopuszczalna wartość skuteczna napromienienia promieniowaniem nadfioletowym w J/m^2 .

Wartość dopuszczalnego średniego natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (E) dla 8-godzinnej ekspozycji ($t = 8 \text{ godz.}$) nie powinna przekraczać:

$E_{\text{emax}} \leq 1,04 \text{ mW/m}^2$ dla napromienienia erytemalnego

$E_{\text{kmx}} \leq 1,04 \text{ mW/m}^2$ dla napromienienia koniunktywalnego w przypadku ekspozycji nie powtarzających się w kolejnych dniach

$E_{\text{kmx}} \leq 0,6 \text{ mW/m}^2$ dla napromienienia koniunktywalnego w przypadku ekspozycji powtarzających się w kolejnych dniach.



Tabela 1

WYNIKI POMIARÓW NATĘŻENIA NAPROMIENIENIA PROMIENIOWANIEM NADFIOLETOWYM WRAZ Z OCENĄ ZAGROŻENIA NA PRZYKŁADOWYCH STANOWISKACH PRACY

Stanowisko	Wykonywana czynność	Obszar pomiarowy	Natężenie napromienienia [mW/m ²]		Czas ekspozycji [s]	Napromienienie [J/m ²]		Zagrożenie (przekroczenie NDN)	
			erytemalne	koniunktywalne		erytemalne	koniunktywalne	dla skóry	dla oczu
Operator naświetlarki RCS	nadzór procesu naświetlania	twarz	40	17	11 550	462	196	TAK	TAK
Szwaczka	obserwacja oznaczenia szytej tkaniny	twarz	13	6	27 000	351	162	TAK	TAK
		ręce	15	-	27 000	405	-	TAK	-
Defektoskop	obserwacja elementów stalowych	twarz	41	18	19 800	811,8	356,4	TAK	TAK
		ręce	85	-	19 800	1683	-	TAK	-
Kliszownik	kontrola procesu naświetlania	twarz	0,5	0,2	1 800	0,9	0,36	NIE	NIE
		ręce	15	-	1 800	27	-	NIE	-
Spawacz	spawanie elektryczne elektrodą zasadową	twarz	3500	2500	14 400	50 400	36 000	TAK	TAK
Spawacz	spawanie elektryczne elektrodą wolframową	twarz	3000	6000	14 400	43 200	86 400	TAK	TAK
Spawacz	spawanie gazowe	twarz	3	2	14 400	43,2	28,8	NIE	TAK
Sitodrukarz	obsługa urządzenia sitodrukowego	twarz	0,2	0,2	18 000	3,6	3,6	NIE	NIE
		ręce	36	-	18 000	648	-	TAK	-

Tabela 2

WYNIKI POMIARÓW NATĘŻENIA NAPROMIENIENIA PROMIENIOWANIEM NADFIOLETOWYM PODCZAS PROCESÓW SPAWALNICZYCH WYKONYWANYCH RÓŻNYMI METODAMI

Metoda spawania	Rodzaj materiału spawanego	Typ elektrody	Średnica elektrody [mm]	Długość łuku [mm]	Natężenie prądu [A]	Natężenie napromienienia erytemalne [mW·m ⁻²]	Natężenie napromienienia koniunktywalne [mW·m ⁻²]
Spawanie elektrodą otuloną	stal St3S	zasadowa Eb 150	4	3	170	12,9 -6	741
	stal St3S	zasadowa Eb 150	3,25	3	150	1023	831
	stal St3S	rutylowa Er 246	3,25	3,25	150	1521	1047
	stal St3S	rutylowa E 5143B special	3,25	3	240	-	-
	aluminium	do spawania aluminium	4	6 - 7	60	-	-
Spawanie metodą TIG w osłonie argonu	stal kwasoodporna	wolframowa	2,4	3	125	555	420
	stal kwasoodporna	wolframowa	2,4	3	80	191	152
	aluminium	wolframowa	2,4	8	125	426	342
	aluminium	wolframowa	2,4	15	125	1670	1290
Spawanie metodą MAG	stal St3	drut proszkowy CASTOLIN	1,6	15	400	234,6	153,6
	stal St3	drut proszkowy CASTOLIN	1,6	15	200	43,2	35,1
	stal St3	drut lity	0,8	6	84	3720	2940
	stal St3	drut lity	0,8	6	184	4260	3360
	stal St3	drut lity	1,2	3	170	3300	2600
Gazy spawalnicze - argon + CO ₂ (20%)	stal St3	drut lity	1,2	7	280	32400	25410
	stop niklu PnNiCr50P	wolframowa	-	8 - 10	80	267	210
	stop niklu PnNiCr50P	wolframowa	-	8 - 10	70	210	160
	-	wolframowa	-	8 - 10	70	360	281,1
	-	wolframowa	-	15	70	1000	786
Cięcie plazmowe nad lustrem wody	stal St3	-	-	5 - 7	120	7,44	5,67
	stal St3 grubość 8 mm	-	-	-	-	-	-
Cięcie laserowe	stal St3 ocynkowana grubość 2 mm	-	-	-	-	6,78	5,4
	-	-	-	-	-	-	-

Krzywe skuteczności erytemalnej i koniunktywnej określone są w PN-79/T-06588 [3].

Przykłady zagrożenia pracowników promieniowaniem nadfioletowym

W celu dokonania oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem nadfioletowym wykonano pomiary na stanowiskach pracy i przy procesach technologicznych, gdzie występuje intensywne promieniowanie nadfioletowe. Ze względu na fakt, że szczególnie narażonymi na

szkodliwe działanie nadfioletu są spawacze, których liczba stanowi w Polsce około 70 000 osób, zbadano ich zagrożenie promieniowaniem UV przy różnych metodach spawania.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami [4] pomiary natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym wykonano zgodnie z PN-T-06589:79 [5] za pomocą miernika natężenia napromienienia typu UV-01 firmy SONOPAN, który był wyposażony w detektor skorygowany do krzywych skuteczności erytemalnej i koniunktywnej

określonych w PN-79/T-06588 [3]. Wykonano także pomiary spektrometryczne rozkładu widmowego natężenia napromienienia dla różnego rodzaju metod spawania z wykorzystaniem systemu spektrometrycznego OL 750-M-D (Optronic Laboratories). Na podstawie wyników uzyskanych z tych pomiarów wyznaczono natężenie napromienienia erytemalne i koniunktywne zgodnie z PN-79/T-06588 [3].

Tabela 1. przedstawia przykładowe wyniki pomiarów promieniowania nadfioletowego na wybranych stanowiskach pracy wraz z oceną zagrożenia, wykonaną miernikiem UV-01 SONOPAN.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników (tabela 1.) stwierdzono, że największe zagrożenie promieniowaniem nadfioletowym występuje na stanowisku spawacza przy spawaniu elektrycznym, przy obsłudze defektoskopu oraz na stanowisku sitodrukarza. Spośród badanych stanowisk pracy zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym nie stwierdzono jedynie na stanowisku kliszownika.

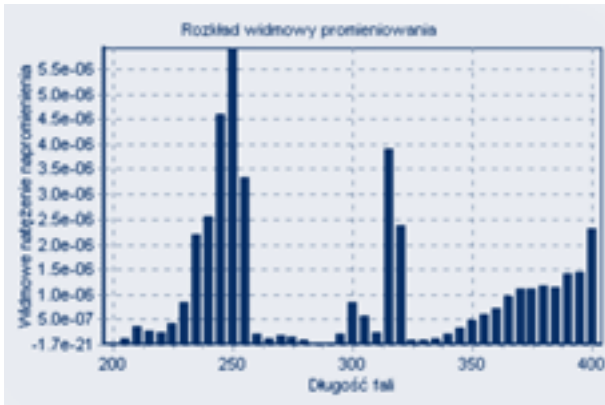
Przykładowe wykresy gęstości widmowej natężenia napromieniania otrzymane przy spawaniu: elektrodą otuloną przedstawiono na rys. 1-3; metodą TIG na rys. 4. i 5.; a metodą MAG na rys. 6. i 7.

Natomiast w tabeli 2. przedstawiono wyniki pomiarów natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym, odnoszące się do różnych metod spawania, wykonane metodą spektrometryczną.

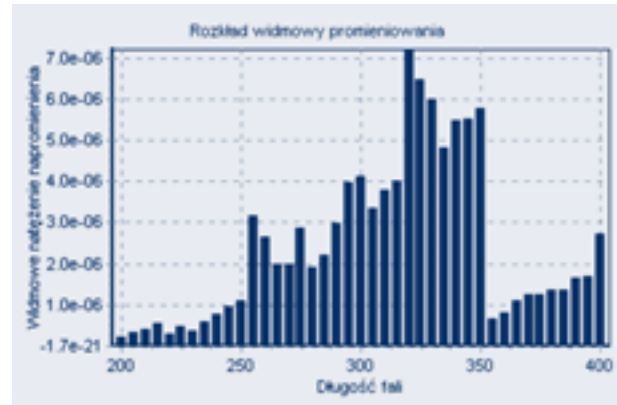
Przeprowadzone pomiary spektrometryczne potwierdziły wysoki poziom promieniowania nadfioletowego występującego podczas procesów spawalniczych. W wyniku badań uzyskano liczne rozkłady widmowe promieniowania łuków spawalniczych oraz ich zmian w zależności od takich parametrów spawania, jak: prąd spawania, rodzaj i średnica elektrody, materiał spawany czy długość łuku spawalniczego.

Największe wartości skuteczne natężenia napromienienia uzyskano podczas spawania metodą MAG, natomiast najmniejsze podczas cięcia laserowego. W przypadku metody MAG spawania dokonywano przy łuku wydłużonym (7 mm) i związanym z tym dużym prądem spawania (280 A). Nieduże, w porównaniu z innymi procesami spawalniczymi, wartości natężenia napromienienia w trakcie cięcia laserowego wynikają z faktu, że źródłem promieniowania w tym przypadku jest w małym stopniu rozgrzany

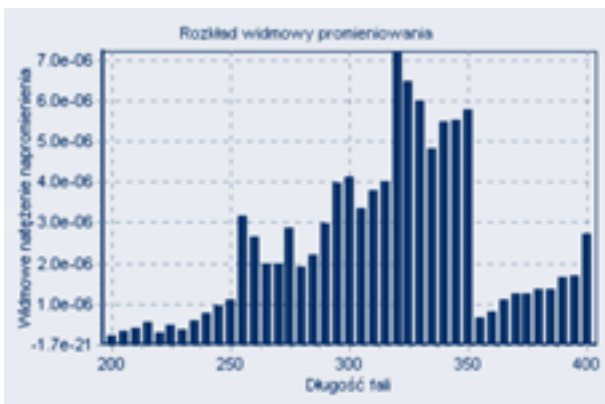




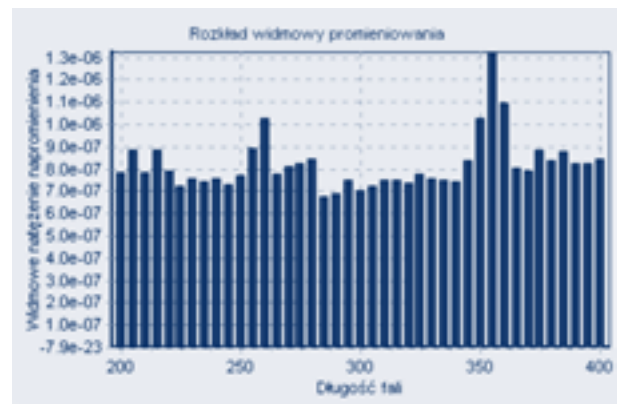
Rys. 1. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania stali elektrodą otuloną (zasadowa Eb 150, $\phi = 3,25$ mm), $I = 150$ A, długość łuku = 3 mm



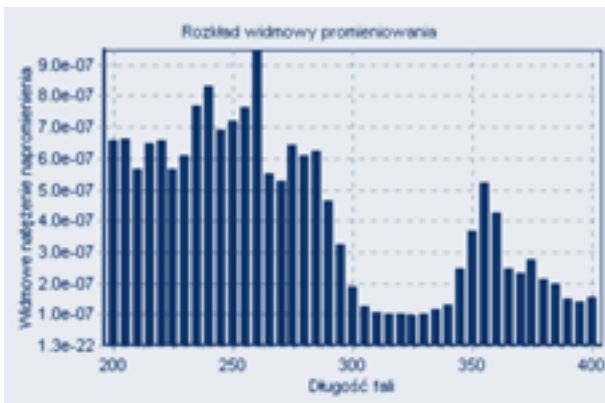
Rys. 2. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania stali elektrodą otuloną (rutylowa ER 246, $\phi = 3,25$ mm), $I = 150$ A, długość łuku = 5 mm



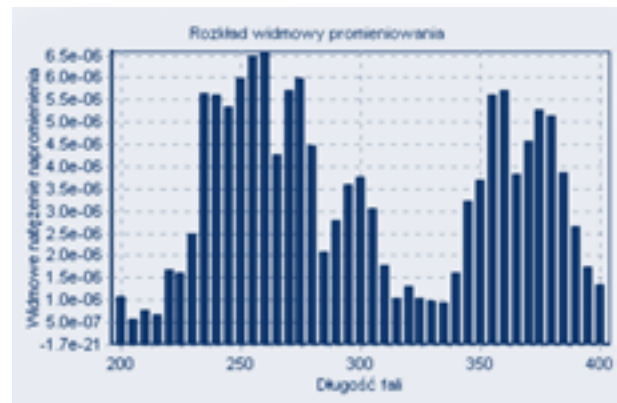
Rys. 3. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania aluminium elektrodą otuloną (do spawania aluminium, $\phi = 4$ mm), $I = 60$ A, długość łuku = 6 - 7 mm



Rys. 4. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania stali kwasoodpornej metodą TIG (elektroda wolframowa, $\phi = 2,4$ mm), $I = 125$ A, długość łuku = 3 mm, odległość 1,3 m



Rys. 5. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania aluminium metodą TIG (elektroda wolframowa, $\phi = 2,4$ mm), $I = 125$ A, długość łuku = 8 mm, odległość 1,3 m



Rys. 6. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania stali metodą MAG (elektroda - drut lity, $\phi = 1,2$ mm), $I = 170$ A, $U = 24$ V, długość łuku = 3 mm, odległość 1,7 m

metal (wskutek oddziaływania wiązki laserowej).

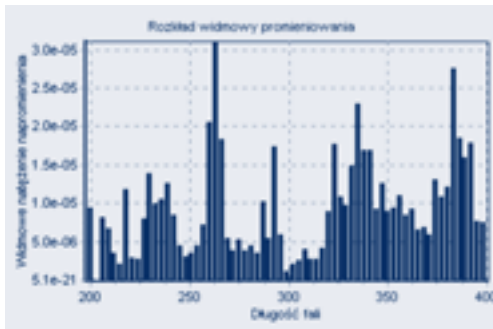
Natomiast największy udział promieniowania krótkofalowego (UV-C) otrzymano w trakcie spawania metodą TIG oraz podczas napawania i modyfikacji plazmowej. Wynika to z bardzo wysokiej temperatury łuku elektrycznego i plazmowego występującej podczas tych procesów.

* * *

Na wielu stanowiskach pracy występuje duże zagrożenie promieniowaniem nadfioletowym co świadczy o potrzebie kontroli tego promieniowania na wszystkich stanowiskach pracy, na których promieniowanie to wykorzystywane jest do celów technologicznych. Uwzględnienie zagrożenia promieniowaniem UV powin-

no odbywać się już na etapie projektowania i wyposażania stanowisk pracy. Jeśli w jakimś urządzeniu stosowane jest źródło nadfioletu, wówczas urządzenie to powinno mieć odpowiednie ekranowanie tego promieniowania, np. przez zastosowanie osłony z poliwęglanu, tak aby nie przechodziło ono przez szczeliny urządzenia. Konieczne jest też okresowe wy-





Rys. 7. Wykres gęstości widmowej natężenia napromienienia uzyskany podczas spawania stali metodą MAG (elektroda – drut proszkowy CA-STOLIN, $\phi = 1,6$ mm), $I = 350$ A, $U = 26$ V, długość łuku = 15 mm

konywanie pomiarów kontrolnych, a w razie stwierdzenia występowania zagrożenia zastosowanie zbiorowych i/lub indywidualnych środków ochrony. Istotne jest tu np. noszenie bawełnianych rękawiczek, stosowanie odpowiednich kremów ochronnych oraz ubrania o długich rękawach, wówczas gdy narażone są ręce pracownika. Natomiast w przypadku narażenia oczu – stosowanie odpowiednich okularów ochronnych.

W sytuacji narażenia zarówno oczu jak i skóry twarzy, jak ma to miejsce w przypadku stanowisk spawalniczych, absolutnie konieczne jest stosowanie odpowiednio dobranych do metody spawania przyłbic ochronnych. Jest to szczególnie istotne przy spawaniu metodą MAG, podczas której występują największe wartości skuteczne natężenia napromienienia.

Pomiary gęstości widmowej natężenia napromienienia, wykonane z zastosowaniem techniki spektrometrii, pozwoliły znacznie dokładniej niż przy zastosowaniu innych metod pomiarowych określić skuteczność biologiczną promieniowania nadfioletowego i związane z tym zagrożenia.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-90/E-01005 *Technika świetlna. Terminologia*
- [2] *Promieniowanie nadfioletowe. Kryteria zdrowotne środowiska*. T. 160, IMP, Łódź 1999
- [3] PN-79/T-06588 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Promieniowanie nadfioletowe. Nazwy, określenia, jednostki*
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 17 czerwca 1998 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 79, poz. 513 ze zm.
- [5] PN-79/T-06589 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy*
- [6] Wołska A., Marzec S., Owczarek G. *Zasady higienicznej oceny nielaserowego promieniowania optycznego*. CIOP, Warszawa 2001

Nagrody Głównego Inspektora Pracy za najlepsze prace naukowo-badawcze i dyplomowe

Już po raz ósmy Główny Inspektor Pracy przyznał nagrody za najlepsze prace naukowo-badawcze i dyplomowe z dziedziny ochrony pracy. Uroczystość ich wręczenia odbyła się 14 listopada br. w siedzibie Związku Rzemiosła Polskiego w Warszawie.

W dotychczasowych edycjach najczęściej zgłaszano prace dotyczące hałasu, promieniowania, trudnych warunków pracy i oceny ryzyka. Ma to zapewne związek z profilem uczelni, z których wywodzili się autorzy (głównie politechniki, instytuty badawcze – CIOP, IMP w Łodzi, IMPiZS w Sosnowcu, IMW w Lublinie). W ośmioletniej historii przyznawania nagrody znalazły się i zostały nagrodzone bądź wyróżnione opracowania nadesłane przez Główny Instytut

Górnictwa, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, akademie medyczne.

W dwóch ostatnich edycjach pojawiły się prace z akademii rolniczych poświęcone problemom bezpieczeństwa pracy na wsi oraz prace uniwersyteckie, dotyczące stresu oraz prace poświęcone polskiemu prawu pracy w kontekście standardów europejskich.

Warto odnotować wzrost liczby prac zgłaszanych do nagrody Głównego Inspektora Pracy – osiem lat temu nadesłano ich 12, w 2001 r. – 24, zaś w 2002 r. – 30. Recenzenci uważają, że poziom opracowań jest z roku na rok coraz lepszy.

W 2002 r. Komisja Nagród przyznała następujące nagrody i wyróżnienia Głównego Inspektora Pracy:

PRACE NAUKOWO-BADAWCZE

Nagrodę II stopnia za pracę indywidualną otrzymała

- dr inż. **Krzyszyna Klembalska** z Politechniki Poznańskiej, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu za pracę doktorską pt. *Analiza źródeł zawodności bezpieczeństwa w użytkowaniu maszyn rolniczych*

Nagrodę III stopnia za pracę indywidualną otrzymała

- dr **Barbara Krzyśków** z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, obronioną na Uniwersytecie Białostockim, Wydział Prawa za pracę doktorską pt. *Polskie prawo ochrony pracy w świetle standardów europejskich*

Wyróżnienia za prace indywidualne otrzymali:

- dr inż. **Piotr Kowalski** z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy za pracę doktorską pt. *Wskaźniki przenoszenia drgań w układzie narzędzie-ręka operatora*
- mgr inż. **Andrzej Pawlak** z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy za pracę naukowo-badawczą pt. *Opracowanie metody projektowania układu świetlnooptycznego niskoluminacyjnej oprawy oświetlenia miejscowego maszyn oraz wykonanie jej prototypu*
- dr **Anna Mołocznik** z Instytutu Medycyny Wsi za pracę naukowo-badawczą pt. *Klasyfikacja typowych prac rolniczych w gospodarstwach indywidualnych w zależności od poziomu zawodowego narażenia rolnika na działanie pyłu. Zalecenia profilaktyczne*

Nagrody III stopnia dla zespołów otrzymali:

- dr hab. inż. **Rudolf Klemens**, dr inż. **Marian Gieras**, dr inż. **Jerzy Nowaczewski** z Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej za pracę pt. *Badanie i modelowanie procesów propagacji i tłumienia wybuchów pyłów przemysłowych*
- dr inż. **Katarzyna Majchrzycka**, mgr inż. **Agnieszka Brochocka** z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy za pracę pt. *Indywidualna ochrona układu oddechowego personelu medycznego przed aerozolem biologicznym*

Wyróżnienie za pracę zespołową otrzymali:

- dr n. przyr. **Alicja Bortkiewicz**, dr n. med. **Elżbieta Gadzicka**, dr n. przyr. **Marek Zmyślony** z Instytutu Medycyny Pracy za pracę pt. *Wpływ pól elektromagnetycznych na funkcjonowanie układu krążenia u pracowników wybranych, wieloprogramowych obiektów nadawczych.*



dr K. Majchrzycka z CIOP odbiera nagrodę z rąk Wojciecha Lacha, zastępcy Głównego Inspektora Pracy

PRACE DYPLOMOWE

Nagrodę II stopnia otrzymał

- **Oktawian Bąbel** z Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej za pracę pt. *Promieniowanie akustyczne elementów wyposażenia wnętrza okrętowych*

Nagrodę III stopnia otrzymał

- mgr **Dariusz Jabłoński** z Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej za pracę pt. *Ocena efektów domino powstających wskutek poważnych awarii procesowych*

Wyróżnienia otrzymali:

- mgr **Krzysztof Logonowicz** z Zakładu Mechanizacji Rolnictwa Akademii Podlaskiej w Siedlcach za pracę pt. *Wypadki w indywidualnych gospodarstwach rolnych*
- mgr **Agnieszka Konieczny** z Wydziału Nauk Społecznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach za pracę pt. *Działalność Państwowej Inspekcji Pracy w latach 1996-2000 na przykładzie Okręgowego Inspektoratu Pracy w Katowicach*

