

Grzegorz OWCZAREK  
Tomasz STRAWIŃSKI

## ROLA INSPEKTORA DS. BEZPIECZEŃSTWA LASEROWEGO

**STRESZCZENIE** Szacunkowa liczba pracowników w Polsce ekspozowanych na promieniowanie laserowe może wynosić nawet ponad 150 tysięcy. Duże ryzyko związane z pracą na stanowiskach laserowych występuje głównie podczas laserowej obróbki materiałów. Coraz częściej stosowane są w przemyśle różnego rodzaju spawarki i wykrawarki laserowe. Biorąc pod uwagę poważne dla zdrowia skutki ekspozycji oczu i skóry na promieniowanie laserowe, wymagane jest, aby nadzór nad stosowanymi w procesie pracy urządzeniami laserowymi sprawował inspektor do spraw bezpieczeństwa laserowego. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące charakteru promieniowania laserowego, bezpośrednich i pośrednich zagrożeń będących skutkiem użytkowania urządzeń laserowych, oraz oceny ryzyka zawodowego na tych stanowiskach pracy. Zaprezentowano również przykład oceny przekroczenia MDE na laboratoryjnym stanowisku laserowym.

**Słowa kluczowe:** promieniowanie laserowe, inspektor ds. bezpieczeństwa laserowego, maksymalna dopuszczalna ekspozycja, zagrożenia w miejscu pracy

---

**dr inż. Grzegorz OWCZAREK**

e-mail: growc@ciop.lodz.pl

**mgr inż. Tomasz STRAWIŃSKI**

e-mail: tostr@ciop.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 260, 2012

## 1. WSTĘP

---

Lasery są szeroko stosowane w wielu dziedzinach gospodarki, a także w życiu codziennym. Już od lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku, a więc od dekady, w której powstawały pierwsze urządzenia laserowe, trwają również nieprzerwanie intensywne prace nad możliwościami aplikacyjnymi laserów zarówno w sektorze wojskowym, jak również do celów cywilnych. Aktualnie w przemyśle zastosowanie urządzeń laserowych dotyczy głównie takich procesów, jak cięcie, spawanie, obróbka powierzchni, precyzyjne drażnienie otworów o niewielkich średnicach, litografia, znakowanie wyrobów i wiele innych. W sektorze telekomunikacji lasery stanowią podstawowe wyposażenie w światłowodowych systemach transmisji danych. Powszechne jest również wykorzystanie laserów w medycynie, w takich dziedzinach, jak chirurgia ogólna, okulistyka, dermatologia, laryngologia, stomatologia, ginekologia, urologia itp. W medycynie lasery są stosowane zarówno w terapii, jak również metodach diagnostycznych. Lasery stanowią także niezbędne wyposażenie wielu laboratoriów naukowych prowadzących m.in. badania nad praktycznym zastosowaniem metod holograficznych i interferencyjnych. Laserowe metody pomiarów interferencyjnych znalazły już swoje miejsce w wielu powszechnie wykorzystywanych urządzeniach diagnostyki przemysłowej. Lasery to także elementy składowe szeregu urządzeń biurowych oraz codziennego użytku (np. drukarek laserowych, nagrywarek i odtwarzaczy CD, DVD). Zalety promieniowania laserowego są również wykorzystywane do celów artystycznych; pokazy i wizualizacje z wykorzystaniem urządzeń laserowych stają się powszechną formą prezentacji w masowych imprezach w przestrzeni zamkniętej (m.in. sale teatralne i koncertowe) oraz otwartej (np. projekcje laserowe na ścianach budynków i niebie).

Z uwagi na bardzo szerokie spektrum zastosowania laserów, w ostatnich latach zmieniło się również podejście do zagadnień bezpieczeństwa. Inaczej podchodzi się do urządzeń o stosunkowo niewielkiej mocy (poniżej 1 mW) i urządzeń emitujących promieniowanie laserowe mogące wywołać szereg niebezpiecznych zjawisk, odnoszących się zarówno do samego człowieka, jak również otoczenia. Biorąc jednak pod uwagę poważne skutki zdrowotne, jakie mogą wystąpić podczas ekspozycji oczu i skóry na promieniowanie laserowe, oraz wymagania dyrektyw europejskich (89/655/EWG; 2006/25/EU) [1, 2] i normy zharmonizowanej (PN-EN 60825-1: 2010) [7], zaleca się, aby nadzór nad urządzeniami laserowymi sprawowała odpowiednio do tego przygotowana osoba. Osobą taką powinien być inspektor do spraw bezpieczeństwa laserowego.

## 2. CHARAKTERYSTYKA PROMIENIOWANIA LASEROWEGO

---

Promieniowanie laserowe nie występuje w sposób naturalny w środowisku i wytwarzane jest przez specjalnie do tego celu skonstruowane urządzenia nazywane laserami. Lasery są to generatory promieniowania elektromagnetycznego, najczęściej o długościach fali w zakresie promieniowania optycznego od 100 nm do 1 mm, w których wykorzystywane jest zjawisko emisji wymuszonej promieniowania. Promieniowanie laserowe znacząco różni się własnościami fizycznymi od promieniowania optycznego emitowanego przez konwencjonalne źródła, takie jak promienniki nadfioletu, podczerwieni czy źródła światła stosowane do celów oświetleniowych. Promieniowanie laserowe charakteryzuje się monochromatycznością, wysoką spójnością (czasową i przestrzenną), kierunkowością rozchodzenia się wiązki oraz możliwością uzyskiwania bardzo dużych gęstości mocy w porównaniu z promieniowaniem otrzymywanym ze źródeł klasycznych. Cechy te powodują, że promieniowanie to znacznie trudniej podlega zjawisku rozproszenia i może być transmitowane na znaczne odległości. Dla wiązki równoległej gęstość mocy promieniowania laserowego w znacznej odległości od źródła nie ulega osłabieniu. Zakres odległości, na jakie może być przenoszona energia promieniowania laserowego, zależy od typu lasera i może wynosić nawet dziesiątki kilometrów (np. w dalmierzach laserowych). Ponadto wiązki laserowe mogą być skupiane przez układy optyczne nawet do średnic rzędu kilku mikrometrów, co pozwala na uzyskiwanie, niemożliwych do osiągnięcia ze źródeł klasycznych, gęstości mocy, wynoszącej do  $10^{10}$  W/cm<sup>2</sup> [8]. W związku z nietypowymi, w porównaniu do źródeł klasycznych, właściwościami promieniowania laserowego, kontakt oczu lub skóry człowieka z wiązką laserową (zarówno bezpośrednią lub odbitą) wiąże się z dużym zagrożeniem dla jego zdrowia.

Działanie lasera polega na wzbudzeniu ośrodka czynnego promieniowaniem pochodzącym z innego źródła, a następnie wyzwoleniu tej energii w postaci kwantu promieniowania spójnego. Ze względu na rodzaj ośrodka czynnego (substancji laserującej) rozróżnia się następujące podstawowe rodzaje laserów: gazowe, cieczowe, na ciele stałym i półprzewodnikowe.

Ze względu na rodzaj pracy lasery dzielimy na [6]:

- lasery pracy ciągłej (D),
- lasery impulsowe (I),
- lasery impulsowe z modulacją dobroci (R),
- laser impulsowe z synchronizacją modu (M).

Przedstawiony podział ma również istotne znaczenie ze względu na sposób szacowania ryzyka zawodowego. W zależności od długości fali emitowanej przez laser, jej mocy/energii oraz trybu pracy, obliczany jest podstawowy parametr służący do oceny ryzyka zawodowego – maksymalna dopuszczalna ekspozycja (MDE), czyli poziom promieniowania laserowego, na który w normalnych warunkach mogą być ekspozycjonowane osoby bez doznawania szkodliwych skutków.

Promieniowanie laserowe o tej samej mocy, lecz o różnych długościach fal, może wywoływać różne skutki podczas oddziaływania z tkanką biologiczną. Z tego względu lasery podzielono na klasy. Klasa lasera informuje użytkownika o skali zagrożeń związanych z jego użytkowaniem [5]. Wyróżniamy siedem klas: 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4. Lasery klasy 1 są traktowane, jako całkowicie bezpieczne dla użytkownika, podczas gdy lasery klasy 4 stwarzają największe zagrożenie.

Opis zagrożeń związany z użytkowaniem laserów o wymienionych powyżej klasach przedstawia się następująco [7]:

- Klasa 1 – lasery, które są bezpieczne w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, także w przypadku patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne;
- Klasa 1M – lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal 302,5 nm do 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, ale mogą stanowić zagrożenie, jeśli użytkownik wprowadzi elementy optyczne w tor wiązki;
- Klasa 2 – lasery emitujące promieniowanie widzialne w zakresie długości fal od 400 nm do 700 nm, gdzie ochrona oka jest w naturalny sposób zapewniona przez reakcje awersyjne, włącznie z odruchem mrugania. Można się spodziewać, że ta reakcja zapewni odpowiednią ochronę w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, także w przypadku patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne;
- Klasa 2M – lasery emitujące promieniowanie widzialne w zakresie długości fal od 400 nm do 700 nm, gdzie ochrona oka jest w naturalny sposób zapewniona przez reakcje awersyjne, włącznie z odruchem mrugania. Jednak patrzenie w wiązkę promieniowania może stanowić zagrożenie, jeśli użytkownik wprowadzi elementy optyczne w tor wiązki;
- Klasa 3R – lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal od 302,5 nm do  $10^6$  nm, potencjalnie zagrażające przy bezpośrednim patrzeniu w wiązkę, jednak z mniejszym ryzykiem niż lasery klasy 3B oraz mniej licznymi wymaganiami dotyczącymi produkcji i środków kontroli przez użytkownika, niż dla laserów klasy 3B;

- Klasa 3B – lasery zazwyczaj zagrażające przy bezpośrednim patrzeniu w wiązkę. Patrzenie na odbite promieniowanie rozproszone jest zazwyczaj bezpieczne;
- Klasa 4 – lasery, które mogą wytworzyć zagrożenie także przy odbiciach rozpraszających. Mogą powodować obrażenia skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Ich obsługa wymaga szczególnej ostrożności.

### 3. ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM LASEROWYM

Zagrożenia powodowane promieniowaniem laserowym dotyczą oczu oraz skóry i obejmują przypadkowe, krótkotrwałe ekspozycje, a nie ekspozycje zamierzone, stosowane do celów medycznych [8]. Najbardziej zagrożone promieniowaniem laserowym są oczy. W przypadku działania fal o długości od 400 nm do 1400 nm (najczęściej spotykane typy laserów emitują promieniowanie z tego właśnie zakresu) największym zagrożeniem jest uszkodzenie siatkówki oka. Promieniowanie optyczne z tego zakresu wnika do oka. Z uwagi na wysoką kierunkowość propagacji, promieniowanie laserowe może być ogniskowane na siatkówce, powodując jej uszkodzenie. Promieniowanie o długości fal poniżej 400 nm i powyżej 1400 nm nie wnika do wnętrza oka, lecz może być powodem uszkodzenia rogówki [7, 5]. Do wywołania efektu biologicznego (uszkodzenia) na skórze potrzebne są znacznie większe dawki promieniowania niż dla oka. Uszkodzenia skóry wywołane promieniowaniem laserowym to zwęglenie, oparzenie lub rumień.

Ze względu na mechanizm oddziaływania promieniowania laserowego z tkankami biologicznymi, dzieli się zagrożenia tym promieniowaniem na dwie grupy: zagrożeń termicznych oraz zagrożeń fotochemicznych. W wyniku oddziaływania termicznego, przy dostatecznie dużych wartościach gęstości energii/mocy, może dojść do procesów ablacji oraz mechanicznego uszkodzenia tkanek. Efektem makroskopowym oddziaływania termicznego jest wzrost temperatury tkanki. Po przekroczeniu przez eksponowany obszar temperatury około 45°C następuje rozrywanie błon komórkowych oraz spiekanie tkanek. Powyżej temperatury 60°C występuje częściowa waporyzacja tkanek. Oba wymienione procesy prowadzą do martwicy tkanek. Przy temperaturze 100°C następuje wrzenie wody zawartej w tkankach, a po przekroczeniu temperatury około 150°C następuje zwęglenie białek tkankowych. Procesy fotochemiczne wiążą się z reakcją chemiczną specyficzną dla stanu wzbudzonego. Reakcje te odpowiadają za uszkodzenia przy stosunkowo niewielkich

poziomach ekspozycji oraz przy jednoczesnej wysokiej absorpcji promieniowania przez tkankę. Tkanki takie, jak soczewka i siatkówka oka, pod wpływem wydłużonych ekspozycji na promieniowanie UV lub krótkofalowe promieniowanie widzialne mogą ulec nieodwracalnym zmianom [1, 8, 6]. Oddziaływanie fotochemiczne ma charakter sumacyjny, przez co zmiany chorobowe mogą występować w przypadku serii dawek promieniowaniem optycznym. Oddziaływania fotochemiczne występują dla promieniowania o długości fali poniżej 600 nm [8].

#### 4. OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO NA LASEROWYCH STANOWISKACH PRACY

---

Prawidłowo i bezpiecznie zorganizowane stanowisko laserowe wymaga szczegółowej analizy wszystkich zagrożeń wynikających z jego funkcjonowania [8]. Analiza tych zagrożeń jest niezbędna do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego, podczas której rozważane są trzy podstawowe elementy:

- potencjał zagrożeń spowodowany samym urządzeniem laserowym;
- środowisko, w którym umiejscowione jest urządzenie;
- stopień świadomości personelu obsługującego.

Niebezpieczeństwo wywołane przez urządzenia laserowe nie ogranicza się jedynie do promieniowania emitowanych wiązek laserowych, choć podczas pracy z tymi urządzeniami szczególną uwagę przywiązuje się do zagrożeń wywołanych promieniowaniem. Z uwagi na konstrukcję i sposób pracy urządzeń laserowych, należy również brać pod uwagę takie źródła zagrożeń, jak:

- zagrożenia elektryczne;
- zagrożenia pochodzące od par i gazów (np. w chirurgii dymy powstające na skutek termicznego cięcia tkanek);
- zagrożenia pożarowe i wybuchowe (np. zapalenie się materiałów palnych na skutek oddziaływania promieniowania laserowego dużej mocy);
- zagrożenia promieniowaniem towarzyszącym (nielaserowym) (np. zagrożenia promieniowaniem wysokiej częstotliwości lub rentgenowskim pochodzącym z laserów).

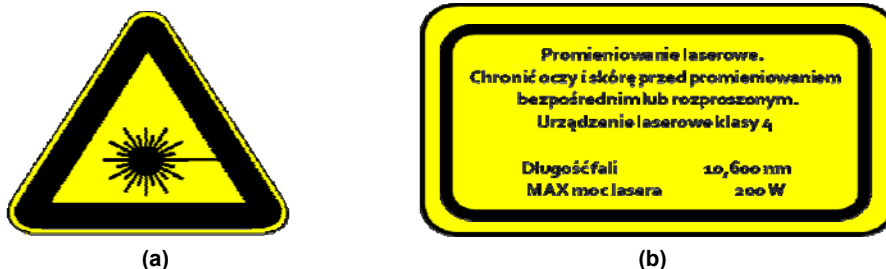
Wszystkie wymienione czynniki stanowią potencjał zagrożeń spowodowany samym urządzeniem laserowym.

Kolejnym elementem brany pod uwagę w ocenie ryzyka zawodowego na laserowych stanowiskach pracy jest miejsce, w którym znajduje się urzą-

dzenie. Miejsce to odgrywa bardzo ważne znaczenie z punktu widzenia efektywności pracy lasera, jak również bezpieczeństwa. W pomieszczeniach, w których znajdują się urządzenia laserowe, mogące emitować nieosłonięte wiązki promieniowania, należy zapewnić:

- oświetlenie elektryczne o odpowiednio wysokim poziomie natężenia, gdyż w takich warunkach źrenice oczu są znacznie mniej rozszerzone niż w miejscach ciemnych i słabo oświetlonych. Przy mniej rozszerzonej źrenicy mniej promieniowania laserowego może wnikać do oka, a tym samym skutki szkodliwe są też mniejsze,
- matowe wykończenie ścian, aby uniknąć przypadkowych niebezpiecznych odbić zwierciadlanych,
- odpowiednie zabezpieczenie okien, aby promieniowanie laserowe nie mogło przedostać się na zewnątrz pomieszczenia,
- odpowiednio oznakowanie wejścia do miejsca, w którym pracuje laser, tak, aby informować o potencjalnym zagrożeniu.

Wzór etykiety ostrzegawczej oraz przykład etykiety objaśniającej przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1. Wzory etykiet:**

a) etykieta ostrzegawcza – znak zagrożenia (PN-EN 60825-1: 2010);

b) etykieta objaśniająca

Bardzo ważnymi elementami bezpieczeństwa laserowego jest również zastosowanie odpowiednich blokad bezpieczeństwa. Blokad bezpieczeństwa są stosowane zarówno na poziomie samego urządzenia laserowego, jak również w pomieszczeniach, w których urządzenia te się znajdują.

Ostatnim elementem rozważanym podczas oceny ryzyka zawodowego jest świadomość personelu obsługującego. Niemożliwe jest budowanie świadomości bezpieczeństwa bez prawidłowo zorganizowanych szkoleń. Szkolenie personelu obsługującego urządzenia laserowe powinno obejmować:

- procedury eksploatacji urządzeń laserowych,

- sposób właściwego użycia procedur kontroli zagrożenia, znaków ostrzegawczych, itp.,
- procedury zgłaszania wypadku,
- zagadnienia związane ze skutkami biologicznymi oddziaływania promieniowania laserowego na oczy i skórę.

Omówione powyżej elementy, niezbędne do przeprowadzenia analizy zagrożeń i ryzyka zawodowego, można podsumować ogólnymi wymaganiami i zaleceniami dla wszystkich użytkowników urządzeń laserowych (patrz tab. 1).

**TABELA 1**

Podstawowe wymagania i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych [3]

Wymagania i zalecenia	Klasa lasera						
	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Mianowanie inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego					+ <sup>1)</sup>	+	+
Zastosowanie łącznika zdalnej blokady						+	+
Uruchamianie kluczem						+	+
Zastosowanie ogranicznika lub tłumika wiązki laserowej						+	+
Urządzenie sygnalizujące emisję promieniowania					+ <sup>1)</sup>	+	+
Zastosowanie znaków ostrzegawczych						+	+
Ostonięcie wiązek laserowych					+	+	+
Unikanie odbić zwierciadlanych					+	+	+
Zastosowanie środków ochrony oczu						+ <sup>2)</sup>	+ <sup>2)</sup>
Zastosowanie odzieży ochronnej						+ <sup>3)</sup>	+ <sup>3)</sup>
Szkolenie pracowników w zakresie bezpiecznej pracy z laserami					+	+	+

<sup>1)</sup> Wymagane tylko podczas emisji promieniowania spoza zakresu widzialnego;

<sup>2)</sup> Wymagane, jeśli w obszarze oddziaływania promieniowania laserowego przekroczone są wartości MDE;

<sup>3)</sup> Wymagane jeśli promieniowanie laserowe stwarza potencjalne zagrożenie

W przypadku użytkowania laserów klasy 3B lub 4 bezwzględnie wymaga się, aby w zakładzie był mianowany inspektor do spraw bezpieczeństwa laserowego. Dla laserów klasy 3R wymagane jest mianowanie inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego tylko w przypadku, gdy lasery emitują promieniowanie niewidzialne. Stanowisko inspektora nie jest wymagane w przypadku stosowania laserów klas 1, 1M, 2 i 2M. Zaleca się jednak, aby w przypadku zastosowań, dla których możliwe jest bezpośrednie patrzenie w wiązkę promieniowania laserowego, stanowisko inspektora było jednak obsadzone.



## 5. PRZYKŁAD OCENY PRZEKROCZENIA MDE NA LABORATORYJNYM STANOWISKU LASEROWYM

W przypadku, gdy w miejscu pracy może wystąpić przekroczenie natężenia promieniowania laserowego powyżej wartości określonych, jako maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE) konieczne jest stosowanie ochronnych okularów lub gogli. Przekroczenie wartości dopuszczalnych MDE jest równoznaczne z występowaniem dużego ryzyka zawodowego związanego z promieniowaniem laserowym.

MDE określa się na podstawie pomiarów wartość parametru odpowiedniego do oceny zagrożenia promieniowaniem laserowym (moc lub energia promieniowania). Przyjmuje się następujące kryteria występowania ryzyka zawodowego:

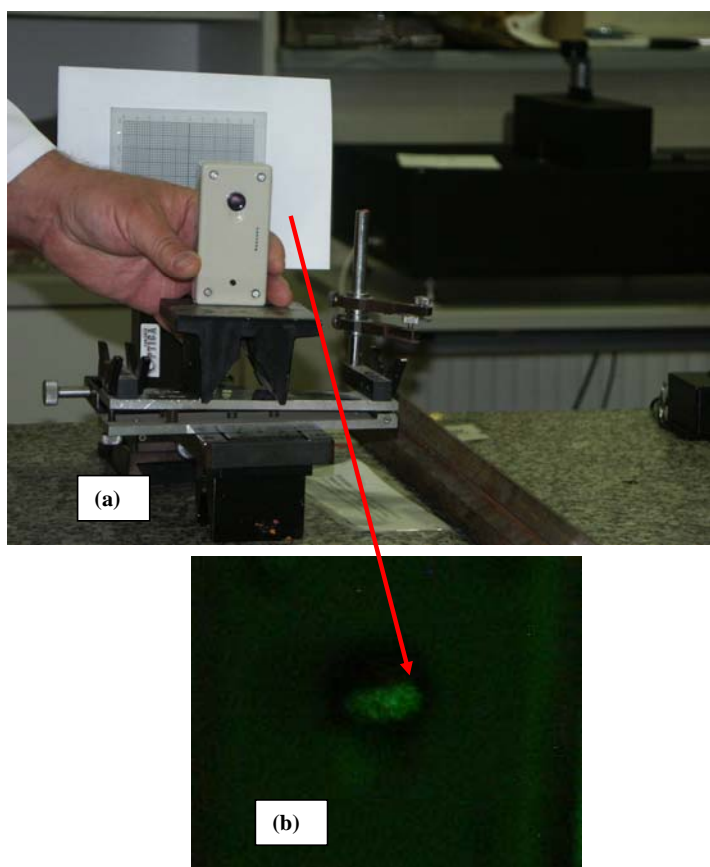
- duże ryzyko zawodowe: moc/ energia  $\geq$  MDE;
- średnie ryzyko zawodowe:  $0,8 \text{ MDE} < \text{moc/ energia} < \text{MDE}$ ;
- małe ryzyko zawodowe: moc/ energia  $< \text{MDE}$ .

Poniżej przedstawiono przykład wykonania pomiarów mocy promieniowania laserowego na laboratoryjnym stanowisku laserowym z wykorzystaniem opracowanego w CIOP-PIB sygnalizatora występowania zagrożeń promieniowaniem laserowym. Sygnalizator mierzy moc promieniowania laserowego (w omawianym przypadku jest to promieniowanie lasera długości fal  $\lambda = 532 \text{ nm}$ ) i porównuje zmierzoną wartość do wyznaczonej wartości MDE [4].

W sygnalizatorze zastosowano mikrokontroler sterujący (PIC16F883) z oprogramowaniem umożliwiającym dostosowanie do określonego urządzenia laserowego, którego poziom promieniowania (liczba od 0 do 255, czyli 256 rozpoznawalnych poziomów) będzie monitorowany. Dostosowanie polega na przeprowadzeniu procedury kalibracji, w ramach której wyznaczane są nastawy parametrów wykorzystywanych w algorytmie pracy urządzenia. Tor pomiarowy promieniowania optycznego sygnalizatora został wyposażony w filtr wąskopasmowy przepuszczający monitorowane promieniowanie laserowe. Do pomiaru natężenia promieniowania laserowego zastosowano półprzewodnikowy element fotoczujący współpracujący z układem scalonego wzmacniacza transimpedancyjnego. Zasadniczy układ czujnika pomiarowego natężenia promieniowania laserowego sygnalizatora wykonano z wykorzystaniem scalonego wzmacniacza transimpedancyjnego typu OPA380 i fotoczujłej diody półprzewodnikowej. W wykonanym sygnalizatorze zastosowano fotodiodę NT53-372 firmy Edmund Optics. Analogowy sygnał wyjściowy wzmacniacza transimpedancyjnego jest przetwarzany za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (do 10-ciu bitów), jego dalszą obróbką jest wykonywana z zastosowaniem algorytmów przetwarzania cyfrowej postaci danych. W algorytmie przetwarzania

cyfrowego sygnału pomiarowego zawarte są następujące funkcje: filtracji zakłóceń sygnału wejściowego, korekcji charakterystyki elementu fotoczułego, cyfrowego całkowania sygnału w celu określenia zmierzonej dawki energetycznej promieniowania, porównywania dawki energetycznej z parametrami odpowiadającymi wartościom progowym sygnalizacji.

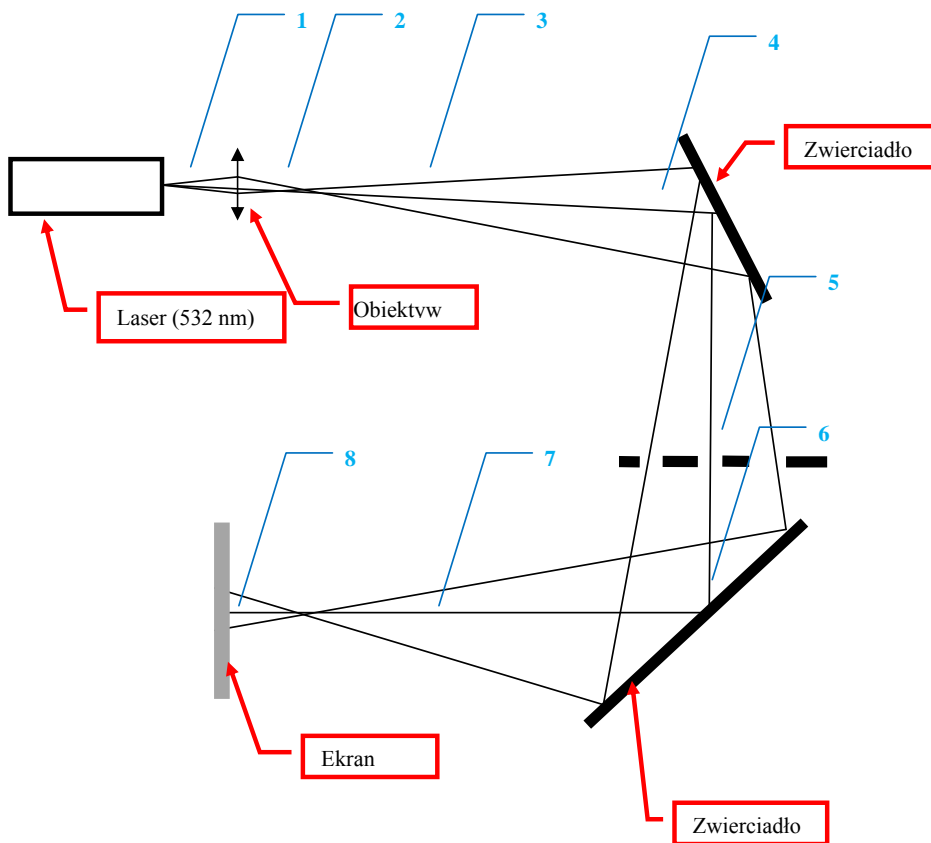
Podczas wykonywania pomiarów osoba znajdujący się w strefie operowania wiązki laserowej wprowadza sygnalizator w miejsca oddziaływania wiązki, aby za pomocą sygnalizatora określić obszary, w których istnieje potencjalne zagrożenie. Na rysunku 2 przedstawiono sposób wykonania pomiaru.



**Rys. 2. Sprawdzenie przekroczenia MDE na laboratoryjnym stanowisku laserowym:**

- a) sygnalizator w obszarze wiązki laserowej;
- b) fotografia wiązki laserowej na powierzchni układu detekcji sygnalizatora

Schemat kontrolowanego stanowiska laserowego przedstawiono na rysunku 3. Wyniki pomiarów mających na celu określenie miejsc, w których nastąpiło przekroczenia MDE zamieszczono w tabeli 2.



**Rys. 3. Schemat laboratoryjnego stanowiska laserowego z zaznaczonymi punktami pomiarowymi miejsc, dla których sprawdzano czy nie zostały przekroczone wartości MDE (Cyframi od 1 do 8 oznaczono numery punktów pomiarowych)**

**TABELA 2**

Wyniki sprawdzenia przekroczenia / braku przekroczenia MDE na ocenianym stanowisku laserowym

Numer punktu pomiarowego	Przekroczenie / brak przekroczenia MDE
1 – wyjście wiązki promieniowania	Przekroczenie MDE
2 – bezpośrednio za obiektywem	Przekroczenie MDE
3 – w odległości 20 cm za obiektywem	Brak przekroczenia MDE
4 – przy zwierciadle nr 1	Brak przekroczenia MDE
5 – przy przysłonie	Brak przekroczenia MDE
6 – przy zwierciadle nr 2	Brak przekroczenia MDE
7 – między zwierciadłem nr 2 i ekranem	Brak przekroczenia MDE
8 – przy ekranie	Brak przekroczenia MDE

Dla ocenianego stanowiska laserowego w dwóch miejscach wystąpiło przekroczenie MDE. Z uwagi na wystąpienie zagrożenia, bezwzględnie konieczne jest stosowanie przez użytkownika okularów ochronnych. Dodatkowo obszar, w którym występuje przekroczenie MDE, powinien być zabezpieczony ekranem ochronnym.

Zaprezentowany w opisanym przykładzie sygnalizator występowania zagrożeń promieniowaniem laserowym należy stosować w następujący sposób:

- przygotować schemat stanowiska, na którym będzie sprawdzane ewentualne przekroczenie wartości MDE z zaznaczeniem obszarów wykonania pomiarów;
- wykonać pomiary z użyciem sygnalizatora;
- w uzasadnionych przypadkach umieścić sygnalizator w miejscach, w których występuje ryzyko przekroczenia wartości MDE w celu możliwości ciągłego monitorowania narażenia.

W przypadku uruchomienia alarmu sygnalizatora, pracownik powinien wykonać następujące podstawowe działania:

- bezzwłocznie opuścić miejsce, w którym sygnalizator zarejestrował przekroczenie wartości MDE;
- powiadomić osobę odpowiedzialną za bezpieczeństwo laserowe (inspektora ds. bezpieczeństwa laserowego) o wystąpieniu przekroczenia MDE. Inspektor ds. bezpieczeństwa laserowego podejmuje dalsze działania związane z oceną ryzyka na danym stanowisku pracy i instruuje pracownika o sposobie kontynuacji pracy (np. zastosowaniu środków ochrony indywidualnej) lub jej zaprzestaniu.

## 6. PODSUMOWANIE

---

Inspektor do spraw bezpieczeństwa laserowego powinien posiadać odpowiednią wiedzę w zakresie kontroli zagrożeń laserowych. Do jego podstawowych obowiązków należy stały nadzór nad użytkowanym sprzętem laserowym. Odpowiada również za przestrzeganie wymagań i zaleceń dla użytkowników urządzeń laserowych oraz szkolenia pracowników obsługujących urządzenia laserowe. Liczba osób zatrudnionych w warunkach zagrożenia promieniowaniem laserowym (dane GUS z 2004 r.) wynosiła 689, co oznacza, że na tylu stanowiskach pracy stwierdzono przekroczenia wartości MDE (maksymalnie dopuszczalne ekspozycje). Niestety dane te nie odzwierciedlają pełnej liczby zatrudnionych w warunkach zagrożenia promieniowaniem laserowym,

gdyż liczba wykorzystywanych urządzeń laserowych w przemyśle, medycynie i nauce stale rośnie. Szacunkowa liczba pracowników ekspozowanych promieniowaniem laserowym może wynosić nawet 150 tysięcy. W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym, w ramach Programu Wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, opracowane zostały materiały szkoleniowych do kursów specjalistycznych dla inspektorów do spraw bezpieczeństwa laserowego. Materiały te zawierają: materiały źródłowe (stanowiące kompendium niezbędnej wiedzy z zakresu bezpieczeństwa laserowego), materiały multimedialne w postaci filmów instruktażowych, poradniki metodyczne dla wykładowcy i słuchacza, a także zestaw ćwiczeń rachunkowych pomagających w zdobyciu wiedzy z zakresu metod szacowania ryzyka związanego z użytkowaniem urządzeń laserowych.

---

Publikacja opracowana na podstawie wyników tematu realizowanego w ramach działalności statutowej CIOP-PIB (III-35: „Opracowanie modelu przenośnego indywidualnego sygnalizatora występowania zagrożenia promieniowaniem laserowym na stanowiskach pracy”).

## LITERATURA

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).
2. Dyrektywa 89/665/EWG w sprawie minimalnych w zakresie minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny użytkowania sprzętu roboczego przez pracowników podczas pracy.
3. Owczarek G., Wolska A.: Aspekty bezpieczeństwa przy obsłudze urządzeń laserowych, Bezpieczeństwo Pracy, 11/2008.
4. Owczarek G., Strawiński T.: Sprawozdanie z realizacji zadania „Opracowanie modelu przenośnego indywidualnego sygnalizatora występowania zagrożenia promieniowaniem laserowym na stanowiskach pracy”, CIOP-PIB, Warszawa, 2011.
5. Nowicki M.: Promieniowanie laserowe. [W:] Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne. Warszawa, CIOP-PIB 2003, s. 229-262.
6. PN-EN 207:2010. Ochrona indywidualna oczu. Środki ochrony oczu i filtry chroniące oczy przed promieniowaniem laserowym.
7. PN-EN 60825-1:2010 Bezpieczeństwo urządzeń laserowych. Część 1: klasyfikacja sprzętu, wymagania i przewodnik użytkownika.
8. Wolska A.: Promieniowanie laserowe. [w:] Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny. Pod red. W.M. Zawieski. Wyd. 3. CIOP-PIB, Warszawa, 2007.

*Rękopis dostarczono dnia 20.08.2012 r.*

## THE ROLE OF LASER SAFETY OFFICER

Grzegorz OWCZAREK  
Tomasz STRAWIŃSKI

**ABSTRACT** *The number of people employed at workplaces with laser equipment is estimated in Poland on over 150 000. Actually high energy laser equipment for cutting and welding is largely applied to many technological processes, so the laser radiation hazards at workplaces with the relatively high risk level can be met quite often. The interaction of the direct laser beam or even the reflected laser light with eye or skin can make serious harm, so the workplaces with certain kind of laser equipment should be supervised by laser safety officers and the risk assessment for laser radiation hazards should be performed. This paper presents the nature of laser radiation, direct and non direct laser radiation hazards coming from laser equipment and some aspects of risk assessment for workplaces equipped with the lasers. An example of risk assessment on the base of Maximum Permissible Limit (MPL) estimation for laboratory laser stand is given.*

**Keywords:** *laser radiation, laser safety officer, maximum permissible limit (MPL), risk on the workplaces*

**Dr inż. Grzegorz OWCZAREK** – absolwent Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej. Obecnie pracownik CIOP-PIB – kierownik Pracowni Ochron Oczu i Twarzy.



**Mgr inż. Tomasz STRAWIŃSKI** – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej, specjalność automatyka. Obecnie starszy specjalista w Zakładzie Techniki Bezpieczeństwa CIOP-PIB.