

НЕБЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ПРОМИСЛОВИМИ ЛАЗЕРАМИ. ЗАСОБИ ІНДИВІДУЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Худобець В.О., студент (гр. ЕП-261-2, ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Для кращого засвоєння студентами лекційного матеріалу на Кафедрі автоматизації електромеханічних систем та електроприводу використовуються наочні посібники у вигляді рухомих діаграм, виготовлені на лазерних різачках з числовим програмним керуванням. Такі верстати дозволяють обробляти листові органічні матеріали (фанера, оргскло) з високою точністю, без механічної дії на заготовку та утворення стружки чи пилу. Робочим органом різачка є сфокусований промінь лазерної трубки потужністю 100 Вт. Подібний промінь становить надзвичайно високу небезпеку для оператора верстата, оскільки вся його енергія сконцентрована на малій площі (близько 0.03мм^2) і випромінювання лазерів такого типу є невидимим для людського ока.

Мета статті. Розглянути специфіку ураження очей лазерним променем та засоби індивідуального захисту операторів лазерних різаків.

Лазер – від англійського LASER (light amplification by stimulated emission of radiation «посилення світла за допомогою вимушеного випромінювання») — пристрій для генерування або підсилення монохроматичного світла, створення вузького пучка світла, здатного поширюватися на великі відстані без розсіювання і створювати винятково велику густину потужності випромінювання при фокусуванні. Широко використовується в промисловості як джерело високоенергетичного сфокусованого випромінювання. Оскільки лазер може зосередити велику теплову потужність (сотні і навіть тисячі ват) на дуже малій площі (десяті долі мм^2), він з легкістю та високою точністю може прорізати будь-які матеріали (фанеру, пластмаси, оргскло, шкіру і навіть листову сталь).

Подібні джерела випромінювання несуть високу небезпеку для органів зору: оскільки їх високоенергетичні промені сильно сфокусовані, уся потужність променя прикладається до місця попадання. Навіть багатократно відбитий чи розсіяний, промінь лазера може миттєво викликати опік сітківки. При відносно невеликій площі поверхневого ураження існує велика ймовірність пошкодження сітківки та втрата зору, зумовлена високою проникною здатністю променя.

Лазерні різачки з числовим програмним керуванням на вуглекислотних лазерах відносять до найвищої, четвертої, категорії небезпеки лазерів: Лазери і лазерні системи великої потужності, які здатні заподіяти сильне пошкодження людському оку короткими імпульсами ($< 0,25$ с) прямого променя, а також дзеркально або дифузне відбиття. Вони становлять підвищену небезпеку з двох причин: високої потужності променя і, найважливіше, невидимості променя для людського ока. Лазери з робочим тілом на вуглекислому газі випромінюють на довжині хвилі $10.6\ \mu\text{м}$, що відповідає інфрачервоному діапазону.

Опіки очей можуть бути викликані як дією видимого світла чи

електромагнітного випромінювання (електрозварювальна дуга, ультрафіолетове випромінювання, лазери, потужні джерела світла), гарячих тіл, рідин чи пари, так і хімічних речовин (кислот, лугів, розчинників). За тяжкістю опіки поділяють на такі ступені:

I — легкі (гіперемія, ерозія, легкий набряк рогівки);

II — середньої важкості (поверхневий набряк, інтенсивне помутніння поверхневих шарів);

III — важкі (некроз шкіри, кон'юнктиви та склери не більші ніж на 1/2 поверхні, різка ішемія лімба до 1/2 кола, глибоке помутніння всіх шарів рогівки або її дефект);

IV — особливо важкі (некроз шкіри, кон'юнктиви та склери більш ніж на 1/2 поверхні, "порцелянова рогівка" або дефект її тканини, перфорація).

Специфіка променевого ураження органів зору сфокусованим інфрачервоним лазером потужністю 100 Вт була розглянута за дослідом William Osman на оці свині (рис. 1). Для ураження характерні такі особливості: повне і миттєве випаровування рогівки у зоні потрапляння променя, проникаючий опік кришталіка з частковим його випаровуванням, закипання скловидного тіла і опік сітківки. Також характерна висока швидкість ураження – навіть найкоротша пряма дія променя спричинює тяжку травму ока чи втрату зору.



Рис. 1 Уражене око. Дія променя тривала не більше 0,2с

Незфокусований промінь, що виходить з лазерної трубки і потрапляє в фокусуєчий пристрій сопла через систему рухомих дзеркал, несе меншу небезпеку, оскільки такий промінь не проникне в око достатньо глибоко для ушкодження сітківки. Проте, незфокусований промінь викликає опіки шкіри та рогівки ока, та не може бути розцінений як безпечний.

У нормальному режимі робочий об'єм різка закривається спеціальною захисною кришкою з вікнами з полікарбонату, непрозорого для інфрачервоних променів. Проте, під час встановлення заготовки чи налаштувань фокусуєчого

пристрою, оператор не захищений від ураження лазером.

Захисні окуляри для роботи з лазерами вибирають за двома параметрами: довжиною хвилі випромінювання та потужності джерела. Від довжини хвилі залежить матеріал лінз чи їх покриття, від потужності – величина параметру оптичної щільності, що характеризує кількість випромінювання, поглинутого лінзою окулярів. Для розглянутого вуглекислотного лазера виробником рекомендується використання окулярів з полікарбонатними лінзами та показником оптичної щільності не менше OD4, що відповідає поглинанню окулярами 99,99% енергії променя. Конструкція таких окулярів також передбачає наявність боковин, які захищають оператора від потрапляння за лінзу відбитого чи розсіяного променя. Для вибору найбільш оптимальних засобів захисту, були розглянуті характеристики (табл. 1) трьох найпоширеніших моделей захисних окулярів для вуглекислотних лазерів.

Таблиця 1.

Порівняння характеристик захисних окулярів

Параметр	Модель окулярів		
	LS-808-BK	LSR-EP4	LS-33-BK
Клас захисту	OD5	OD5+	OD5+
Матеріал та колір лінз	Полікарбонат, прозорі	Полікарбонат, затемнені	Полікарбонат, прозорі
Оправа	Пластикові, нерегульована	Пластикові, регульована	Пластикові, нерегульована
Вага, г	36	31	9
Боковий захист	Наявний, непрозорий	Наявний, затемнений	-
Ціна	\$37	\$39	\$30

Серед розглянутих моделей, найбільш оптимальною для постійного використання оператором різака є LSR-EP4, що забезпечує високий рівень захисту, можливість налаштування оправки та наявність прозорих захисних боковин. Недоліком обраної моделі є висока вартість.

Висновки. У статті розглянута небезпека променевого ураження органів зору інфрачервоним лазером різака потужністю 100 Вт та характерні особливості опікової травми. Використання засобів індивідуального захисту дозволяє суттєво зменшити небезпеку ураження променем, відбитим від заготовки чи частин верстату. Порівняльним аналізом характеристик вибрана найефективніша модель захисних окулярів серед доступних на ринку – LSR-EP4.

Науковий керівник: Третьякова Л.Д., д.т.н., проф. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Література

1. Patel, C. K. N. Continuous-Wave Laser Action on Vibrational-Rotational Transitions of CO₂. – Physical Review, 1964 – 136 с.
2. William Osman Can safety glasses be used as laser glasses? [Електронний ресурс] URL: <http://www.williamosman.com/2017/05/safety-glasses-vs-laser-glasses.html>
3. Сайт Тернопільського державного медичного університету ТРАВМИ ОРГАНА ЗОРУ [Електронний ресурс] URL: http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lor/classes_stud/uk%20стоматологічний%20факультет/Стомат/Повний%20термін%20навчання/Офтальмологія/05.%20Пошкодження%20органа%20зору.htm