

СЕКЦІЯ 6
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ
БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 615.47

ПІРОМЕТРИЧНЕ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДІЄНТУ ПРИ
ДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНУ ТКАНИНУ

Баталія Б. О., Терещенко М. Ф.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: ggchameleon@gmail.com, agfarkpi@i.ua

Переваги пірометрії, як методу вимірювання температури, полягають в його в безконтактних можливостях, особливо в вимірюванні змін температури в біологічних тканинах (БТ) при лазерному опроміненні об'єкту [1]. У випадку взаємодії лазерного випромінювання (ЛВ) з тканиною, лазерний промінь спрямовується на біологічну тканину, а зміна температури, що виникає в результаті на БТ, реєструється пірометром. Температурний градієнт такої взаємодії, можна розрахувати на основі залежності теплових змін від енергетичних параметрів лазерного випромінювання [2].

Важливим параметром при використанні пірометричного методу для вимірювання змін температури в біологічних тканинах є вплив властивостей тканини на точність вимірювань. Так, на коефіцієнти поглинання та розсіювання БТ суттєво впливає кількість поглинутої нею енергії, а отже, і на зміну її градієнтів температури при лазерному опроміненні. До того ж, теплові властивості тканини, такі як теплоємність і теплопровідність, впливають на швидкість зміни температури [3].

Тому для забезпечення високої точності та достовірності, пірометричні вимірювання проводяться в ретельно контрольованих умовах, з неперервним моніторингом і контролем параметрів лазерного променя і властивостей тканини [4].

В результаті проведення нами серії досліджень були встановлені характерні температурні зміни при впливі лазерного опромінювання різної довжини λ хвиль (940, 1064, 1470) нм з регульованим часом T дії (5, 10) с з потужністю 3 Вт на біологічну тканину (м'язові волокна куриної грудки), з використанням повіреного пірометру GM320 (рис. 1). Результати наведені в табл. 1.

За результатами на рис. 2 і рис. 3 приведені графіки зміни температури при різних довжинах хвиль, та часу взаємодії лазерним випромінюванням.

Досліджувались температурні градієнти реакції м'язових волокон куриної грудки при зміні параметрів лазерного опромінення з довжинами хвиль (λ) 940, 1064, 1470 в нанометрах, потужностями (P) в ватах, температурами (T) в градусах Цельсія, а також початковими і максимальними температурами (Δt) в

градусах Цельсія м'язових волокон куриної грудки для різних значень часових інтервалів (t).

Таблиця 1. Результати вимірювання зміни температури при взаємодії лазером пірометричним шляхом

λ , нм	T с.	P Вт	Початкова t°	Максимальна t°	Δt°
940	5	3	20,3	21,9	1,6
1064	5	3	20,1	21,7	1,6
1470	5	3	20,2	21,0	0,8
940	10	3	20,1	21,8	1,7
1064	10	3	20,0	21,7	1,7
1470	10	3	20,1	21,6	1,5



Рис. 1. Використовуваний пірометр та його характеристики

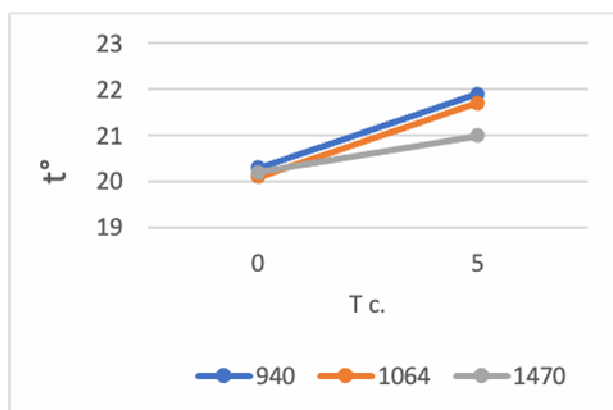


Рис. 2. Зміни температури при різних довжинах хвиль

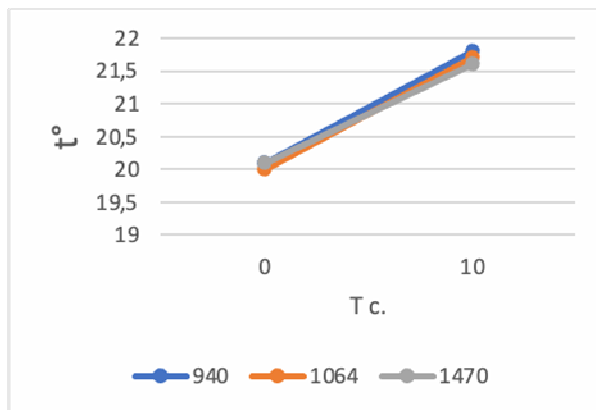


Рис. 3. Зміни температури залежно від часу взаємодії лазерним випромінюванням

Для забезпечення достовірності отриманих результатів були дотримані наступні вимоги:

- Всі лазери мають однакову потужність (3 Вт).
- Довжини хвиль лазерів складають 940, 1064 та 1470 нм.
- З графіків та таблиці видно, що максимальні температури для всіх лазерів становлять близько 21 градуса Цельсія, а початкові температури коливаються від 20,0 до 20,3 градусів Цельсія.

- Різниця між максимальною та початковою температурою для кожного лазера становить від 0,8 до 1,7 градусів Цельсія залежно від часового інтервалу.

В результаті проведення досліджень виникали труднощі та враховувались джерела похибок при вимірюванні температурних градієнтів пірометричним методом:

- Неточне калібрування пірометра: Точність пірометричних вимірювань сильно залежить від калібрування пірометра. Якщо пірометр не відкалібрований належним чином або якщо калібрування неточне, це може призвести до значних помилок у виміряній температурі.
- Відстань між пірометром і тканиною, а також кут нахилу пірометра: Відстань між пірометром і досліджуваною тканиною також впливає на точність пірометричних вимірювань. Зі збільшенням відстані між пірометром і тканиною зменшується кількість теплового випромінювання, яке отримує пірометр, що може вплинути на точність вимірювання температури.

Висновки

Таким чином на достовірність і точність пірометричних вимірювань впливає спектр перерахованих факторів, і для отримання точних результатів необхідно ретельно враховувати ці фактори. Точне калібрування пірометра, ретельний контроль значень параметрів лазера, врахування властивостей тканини, їх розміри, стан, температурні факторів зменшують джерела помилок і підвищують достовірність та точність отриманих вимірювань.

Ключові слова: пірометрія, температурний градієнт, теплове випромінювання, біологічна тканина.

Література

- [1] A. J. Welch, J. C. Martin, “Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue”, *Physics and Astronomy*, (R0), pp.958, 2016. DOI: 10.1007/978-90-481-8831-4
- [2] М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, О. Г. Ляшенко, О. С. Гнатейко, “Дослідження впливу лазерного випромінювання на температурні процеси в біологічних тканинах”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*, №49, 2015, с. 153–158.
- [3] В. В. Швидкий, М. Ф. Терещенко, “Динаміка змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, Вип. 54(2), с. 111-117, 2017.
- [4] J. Youn, D. M. Goodman, A. J. Welch, T. E. Milner, “Non-contact measurement of thermal diffusivity in tissue”, *Physics in Medicine & Biology*, vol. 46, no. 2, pp. 551, 2001. DOI: 0.1088/0031-9155/46/2/320.
- [5] Б. О. Баталія, М. Ф. Терещенко, “Автоматизований комплекс лазерної хірургії”, на IV Міжнар. наук.-техн. конф. Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика, Харків, 2022, с. 30-31, 2022.