



MODELOWANIE ODDZIAŁYWAŃ LASERA NA TKANKI BIOLOGICZNE – ZADANIE OSIOWOSYMETRYCZNE

Autor: **Monika Psarska**

Kierunek: **Automatyka i Robotyka**

Promotor: **Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak**

Specjalność: **Modelowanie komputerowe układów i procesów**

W pracy przedstawiono model matematyczny zjawiska przepływu ciepła w tkance biologicznej poddanej działaniu lasera bazujący na równaniu Pennes'a. Zadanie rozwiązano wykorzystując schemat jawny metody różnic skończonych, a obliczenia wykonano za pomocą autorskiego programu napisanego w języku C++.

Do wyznaczenia obszaru termicznego zniszczenia tkanki zastosowano model Arrheniusa, w którym parametr zniszczenia Ω oblicza się zgodnie ze wzorem

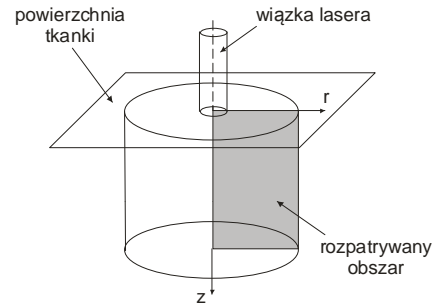
$$\Omega = A \int_{t_1}^{t_f} e^{\left(\frac{-E}{RT_{ij}^f}\right)} dt$$

gdzie A [1/s] to współczynnik częstotliwości, E [J/mol] – energia inicjacji procesu denaturacji, T_{ij}^f – temperatura tkanki w chwili obliczenia współczynnika zniszczenia, w punkcie, dla którego obliczany jest współczynnik, t_1 – czas rozpoczęcia działania lasera, t_f – czas, w którym obliczany jest współczynnik Ω .

Zakłada się, że tkanka jest nieodwracalnie zniszczona, kiedy $\Omega=1.0$, co odpowiada denaturacji 63% cząsteczek białka.

Do opisu przepływu ciepła w tkance biologicznej wykorzystano równanie Pennes'a, które dla obszaru zorientowanego we współrzędnych walcowych $\{r, z\}$ i stałych parametrów termofizycznych ma postać

$$c(T)\rho(T) \frac{\partial T(r, z, t)}{\partial t} = \text{div}[\lambda(T)\text{grad}T(r, z, t)] + Q(r, z, t)$$



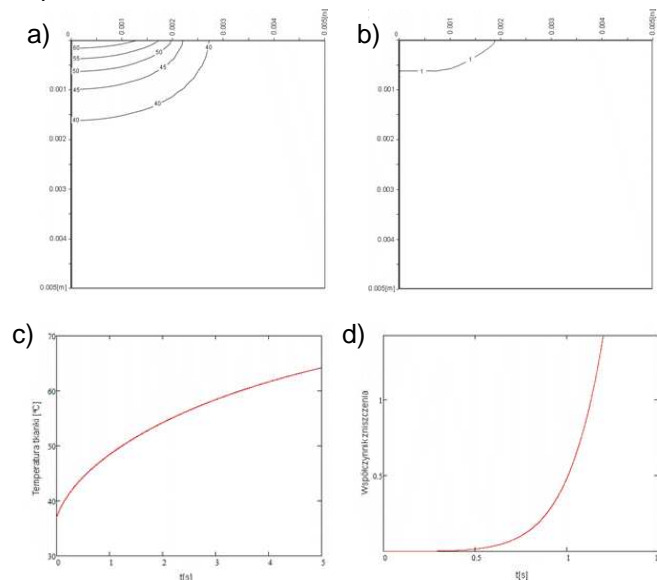
Rys.1. Rozpatrywany obszar tkanki

gdzie c [J/(kgK)] jest ciepłem właściwym tkanki, ρ [kg/m³] – gęstością tkanki [kg/m³], T [°C] oznacza jej temperaturę, λ [W/(mK)] – współczynnik przewodzenia ciepła, natomiast t [s] – czas. Składnik źródłowy $Q(r, z, t)$ występujący w równaniu jest sumą dwóch elementów

$$Q(r, z, t) = Q_{perf}(r, z, t) + Q_{met}$$

gdzie $Q_{perf}(r, z, t)$ to składnik związany z perfuzją krwi, a Q_{met} to funkcja źródła związana z przemianami metabolicznymi.

Równanie należy uzupełnić odpowiednimi warunkami brzegowymi i początkowymi.



Rys.2. a) rozkład temperatur, b) poziom zniszczenia tkanki, c) krzywa nagrzewania w punkcie [1,1], d) zmiany współczynnika zniszczenia w czasie, w węźle [1,1]