

УДК 616.006

М.В.Ермоленко (5 курс, каф. теплофизики), А.П.Андреев, к.т.н., доц.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ТРЕХМЕРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАДАЧ О ПРОМОРАЖИВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЗОНДОВОЙ КРИОХИРУРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Криохирургия, или преднамеренное разрушение подлежащей удалению биологической ткани благодаря охлаждению этой ткани до низкой температуры, применяется как важный альтернативный терапевтический метод во многих областях медицины.

Криохирургия имеет ряд преимуществ перед традиционными способами удаления опухолей, таких как радиотерапия, хирургическое удаление. Это более простой и быстрый способ удаления опухолей, менее болезненный. Однако при использовании криохирургических инструментов возникали сложности, связанные с недостаточным промораживанием биологической ткани, особенно в случае больших раковых опухолей, что ограничивало область применения криохирургии. Создание многозондовой криохирургической системы, устройство и принцип работы которой описано в работе [1], потребовалось для более эффективного проведения криохирургических процедур.

Целью данной работы являлось создание программы для расчетов трехмерных температурных полей в биологических тканях для многозондовой криохирургической системы. Был рассмотрен случай применения трех криозондов, расположенных в вершинах правильного треугольника.

Форму, скорость роста и конечный размер "криоповреждения" для различных биологических тканей можно определить и воспроизвести путем регулирования таких известных и легко изменяемых параметров, как температура, размеры и время применения криозонда. При разработке криохирургических методов можно также оценить и учесть такие биологические переменные, как теплоемкость, теплопроводность биоткани, метаболическое тепловыделение.

Применение численного метода, описанного в работе [2], позволило рассчитать трехмерные температурные поля для задач о промораживании биологической ткани. Для решения данной задачи был выбран метод расщепления (метод стабилизирующей поправки). Методы расщепления основаны на идее расщепления сложных операторов на простейшие, в результате чего интегрирование исходного уравнения сводится к последовательному интегрированию уравнений более простой структуры. При этом схемы расщепления должны удовлетворять условиям аппроксимации и устойчивости только в окончательном итоге – это дает возможность построения схем, по существу, для всех основных уравнений математической физики.

Схемы стабилизирующей поправки были предложены Дугласом и Рэчфордом для решения трехмерного уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = LT,$$

где  $L$  – дифференциальный оператор.

Так, если  $L=L_x+L_y+L_z$ , то эта схема имеет вид:

$$\frac{T' - T}{\Delta t} = L_x T' + L_y T + L_z T, \quad (1)$$

$$\frac{T'' - T'}{\Delta t} = L_y (T'' - T), \quad (2)$$

$$\frac{T''' - T''}{\Delta t} = L_z(T''' - T). \quad (3)$$

Решение каждого из уравнений (1 – 3) в данной задаче легко реализуется методом прогонки.

Программа была протестирована для случая одиночного криозонда. Было проведено экспериментальное исследование поля температур в среде, моделирующей биологическую ткань. Наблюдалось удовлетворительное совпадение экспериментальных данных и результатов расчета для случая одиночного криозонда.

*Выводы.* Программа предназначена для практического использования врачами, так как рассматриваемая геометрическая конфигурация (случай трех криозондов) применяется для лечения рака печени. Данная трехмерная модель позволяет произвести расчеты для более сложных геометрических конфигураций (случай пяти криозондов и нагреватель (warmer) с учетом влияния кровеносных сосудов).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Chang Z., Finkelstein J.J. Development of a high-performance multiprobe cryosurgical device, Biomedical instrumentation & technology, vol. 28, 1994, p. 383 – 390.
2. Марчук Г.И., Методы расщепления, М. "Наука", 1988.