

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ТКАНЕЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКЕ ТРАВМАТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ**

**Ляшенко Г.А., доцент, к.т.н., Курченко Я.Г., лаб., Иванова О.П., лаб.**  
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. Петра Василенко*

*В статье рассматривается подход к диагностике патологических состояний при помощи радиометрического контроля температуры биологических тканей.*

Травматизм стал серьезной социальной и медицинской проблемой для большинства стран. Ежегодно в мире в дорожных авариях гибнут около 1,2 млн человек, а 20–50 млн получают травмы, становятся инвалидами. По прогнозам экспертов ВОЗ, эти цифры в ближайшие 20 лет могут увеличиться на 65%, а в странах с низким и средним доходом — на 80%.

Наиболее важный и ответственный этап — «золотой час» после аварии, но время сокращается до 5–10 минут при остановке дыхания у пострадавшего. У получивших первую помощь в течение 30 минут после ранения осложнения возникают в 2 раза реже. Отсутствие помощи в течение 1 часа увеличивает количество летальных исходов среди тяжело пострадавших на 30%, около 3 часов — на 60% [1].

Измерение температуры различных внутренних органов и тканей организма имеет огромное значение с точки зрения экспресс-диагностики широкого круга травм и заболеваний.

Нарушения температуры мозга возникают при черепно-мозговых травмах и при опухолях головного мозга. Это подтвердили исследования с применением высокочувствительной контактной термометрии в ходе операций при новообразованиях головного мозга [2]. Процессы лечения патологий с применением ультразвуковых технологий также требуют контроля температуры внутренних органов.

Таким образом, при различной патологии нервной системы возникают участки аномальной температуры. Однако использование с диагностической целью этого параметра патологии остается недостаточно изученной областью исследований. В основном это работы, выполненные у больных в ходе оперативных вмешательств на головном мозге с помощью контактных термодатчиков или имплантированных терморезисторов, либо в эксперименте на животных.

Измерение теплового излучения тела человека в ИК-диапазоне дает истинную температуру только самого верхнего слоя кожи толщиной в доли миллиметра. О температуре подлежащих тканей и органов можно судить

опосредованно и только тогда, когда температурные изменения "проецируются" на кожные покровы.

Интенсивность теплового излучения тела человека в сверхвысококачастотном (СВЧ) диапазоне на несколько порядков меньше, чем в ИК части спектра. В частности, на длине волны 10 см (3 ГГц) она меньше в 108 раз. Именно поэтому для регистрации тепловых сигналов в этом диапазоне требуется аппаратура с более высокой чувствительностью. Однако измерение в СВЧ диапазоне имеет то преимущество, что глубина проникновения излучения гораздо больше, и можно измерить СВЧ излучение, исходящее от внутренних структур тела человека.

Однако использование радиотермометров, осуществляющих прием излучения на одной частоте, не дает информации о глубине залегания патологической температурной неоднородности, что ограничивает их диагностические возможности. Поэтому в последние годы разрабатываются методы измерения распределения температуры от поверхности вглубь, то есть перед исследователями стоит задача восстановления глубинного температурного профиля.

Есть два направления решения этой задачи: осуществлять многомодовый принцип приема СВЧ излучения или многочастотный.

В первом случае предлагается применять аппликаторы, возбуждающиеся на разных длинах волн: тогда из-за различия углов падения парциальных волн на границе раздела двух сред глубина проникновения в ткани на одной и той же частоте будет различной для разных типов волн, то есть это в какой-то мере эквивалентно применению разных частот.

Во втором случае регистрация информации осуществляется одновременно несколькими радиотермометрами с различной частотой или радиотермометром полидиапазонного действия. Таким образом, руководствуясь необходимостью получения радиоярких изображений не только в кожных слоях, но и в глубинных структурах, целесообразно применить двухчастотную радиометрическую систему с длинами волн 8 мм и 3 см [3].

Анализ результатов теоретических исследований, макетирования и испытания различных вариантов построения радиометрической аппаратуры позволяет сформулировать предварительные требования к составу и параметрам разрабатываемой радиометрической системы и аппаратуры для проведения данных исследований. Важнейшим вопросом аппаратного обеспечения проводимых исследований является выбор рабочей частоты системы. На практике для тел, имеющих температуру более 100 К, спектральная плотность излучения может быть оценена с помощью соотношения Релея-Джинса

$$R_0 = \frac{kT}{\lambda^2}, \quad (1)$$

где  $R_0$  – спектральная плотность излучения, равная мощности, излученной на частоте  $f$  в полосе частот 1 Гц с 1 м<sup>2</sup> излучателя;

$k$  – постоянная Больцмана;  
 $\lambda$  – длина волны;  
 $T$  – абсолютная температура.

Из (1) видно, что мощность радиотеплового излучения прямо пропорциональна температуре излучателя и обратно пропорциональна квадрату длины волны. Для определения оптимальной рабочей длины волны радиометра необходимо учесть поглощение излучения в тканях, то есть учесть  $\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon'' = 3,4 + 1,1i$ . Полученный результат для волн миллиметрового диапазона показан на рис. 1.

Таким образом, для радиотермографии выгоднее использовать волны миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, чем волны сантиметрового и дециметрового диапазонов, на которых излучение значительно слабее, что иллюстрирует рис. 1.

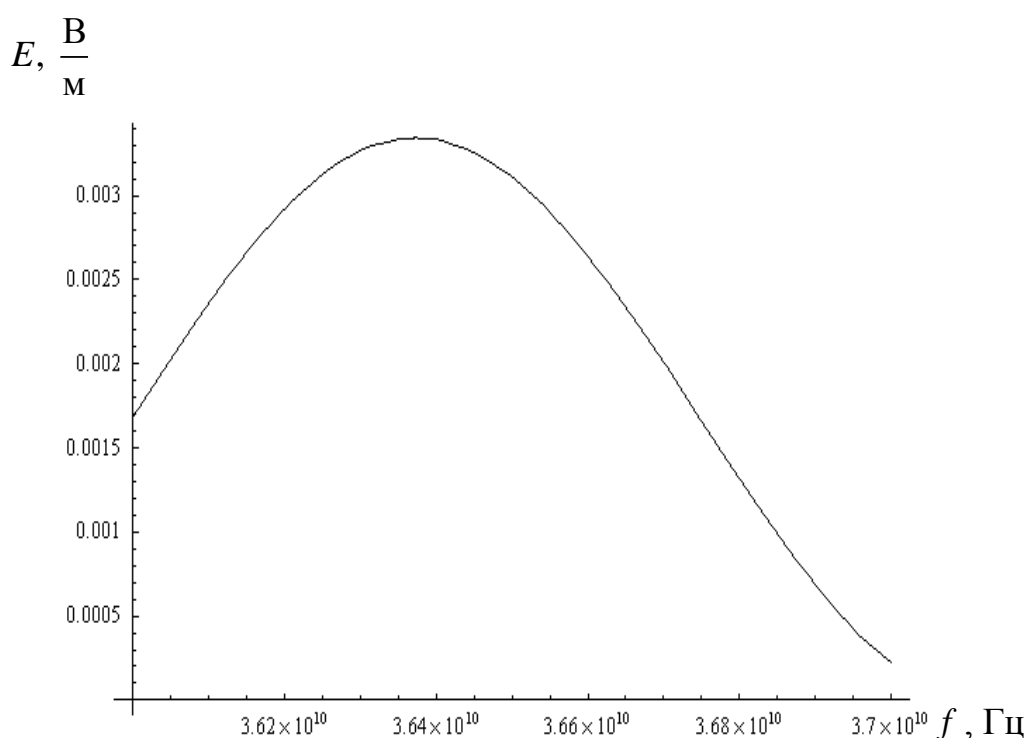


Рис. 1. Зависимость нормированной амплитуды электрической составляющей переотраженной волны от частоты для тканей с низким содержанием воды

Видно, что максимум интенсивности излучения для кожных покровов приходится на участок 36,4...36,6 ГГц. Глубина проникновения излучения ( $\lambda = 8$  мм) в мышечную ткань составляет 0,6...1 мм, т.е. глубина проникновения излучения исследуемого диапазона примерно равна толщине кожи. Исходя из условий приемлемого пространственного разрешения и достаточной прозрачности биологических сред 3 см диапазон волн позволяет осуществлять радиотермографирование кровеносных сосудов биологических объектов. Таким образом, целесообразно применить двухчастотную радиометрическую систему с длинами волн 8 мм и 3 см.

Из анализа основных характеристик медицинской термографии следует, что основной характеристикой любого радиометрического приемника является

флуктуационная (потенциальная) чувствительность ( $\delta T$ ), которая определяется выражением [4]:

$$\delta T = K \frac{T_0^0 (F_0 - 1)}{\sqrt{\frac{\Delta f}{\Delta F}}} = K \frac{T_{ш}^0}{\sqrt{\Delta f \cdot T}}, \quad (2)$$

где:  $K$  – постоянная, определяемая схемой радиометрического приемника;

$T_0^0$  – температура окружающей среды;

$F_0$  – коэффициент шума;

$\Delta f$  – эффективная полоса пропускания входных цепей;

$\Delta F$  – полоса пропускания низкочастотного фильтра;

$T_{ш}^0$  – шумовая температура приемника;

$T = \frac{1}{\Delta F}$  – время интегрирования.

Как известно из литературы [3, 4], основной причиной, препятствующей достижению высокой чувствительности радиометрического приемника, является влияние флуктуаций сигнала на выходе за счет демодуляции входного напряжения детектора, модулированного флуктуациями  $K$  и  $T_{ш}^0$ , наиболее ярко выраженными в области инфранизких частот (порядка 5...10 Гц).

В целом чувствительность растет при расширении полосы тракта ВЧ и времени интегрирования, как это следует из (2). Однако известно, что с расширением полосы пропускания тракта ВЧ аномальная составляющая растет пропорционально квадрату полосы, что делает принципиально невозможным уменьшение вредного влияния аномальных флуктуаций в области низких частот за счет расширения полосы по ВЧ.

Анализ литературы [4,5] показывает, что приемлемое значение полосы пропускания для радиометрических систем миллиметрового и сантиметрового диапазона составляет 300...500 МГц. При этом существуют два пути уменьшения вредного влияния аномальных флуктуаций в области низких частот, а, следовательно, увеличения чувствительности радиометров:

- искусственный перенос сигнальной функции в область более высоких частот путем дополнительной модуляции сигнала (применение модуляционных радиометров);

- построение радиометров по схеме, исключающей детектирование собственных шумов, но обеспечивающей кадрирование полезного сигнала (применение корреляционных радиометров).

Таким образом, для осуществления термокартирования в системах диагностической аппаратуры применяемой, прежде всего, в сфере медицины катастроф, могут применяться схемы корреляционных и модуляционных радиотермографов с соответствующей чувствительностью, обусловленной медицинскими требованиями.

## Список литературы

1. [http://www.medvestnik.by/ru/issues/a\\_3398.html?\\_print=1](http://www.medvestnik.by/ru/issues/a_3398.html?_print=1)  
«Золотой час» после автоаварии. Медицинский вестник. №30(916), 23 Июль 2009г.
2. Нейротепловидение. Методики, результаты, перспективы. / С.Н. Колесов, Л. Б. Лихтерман, А. Г. Кисляков и др. // Тепловидение в медицине: Тр. Всесоюзная конференция «ТеМП – 85». – Л. ГОИ, 1987. – Ч. 2. – С. 189 – 193.
3. Николаев А. Г., Перцов С. В. Радиотеплолокация: пассивная радиолокация / А.Г. Николаев. – М.: Радио и связь, 1964. – 335 с.
4. Черепнев И.А., Ляшенко Г.А., В.С. Лупиков Основные требования к диагностической аппаратуре на основе измерения собственных электромагнитных излучений биологических объектов Системи управління навігації та зв'язку. Вип.4 (20). - Київ. - 2011. С. 124 – 131
5. Дудник П. И., Ильчук А. Р., Татарский Б. Г. Многофункциональные радиолокационные системы / П. И. Дудник. – М.: Дрофа, 2007. – 283 с.

## Анотація

### ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТКАНИН ОРГАНІЗМУ ПРИ ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИЦІ ТРАВМАТИЧНИХ СТАНІВ

Ляшенко Г., Курченко Я., Іванова О.

*У статті розглядається підхід до діагностики патологічних станів за допомогою радіометричного контролю температури біологічних тканин.*

## Abstract

### APPROACH FOR DETERMINATION OF TISSUE TEMPERATURE OF THE ORGANISM IN EXPRESS-DIAGNOSIS OF INJURY STATE

G. Lyashenko, Y. Kyrchenko, O. Ivanova

*The article discusses the approach to the diagnosis of pathological conditions using radiometric temperature monitoring of biological tissues.*