

Министерство образования и науки Украины
Донецкий национальный технический университет

Доклад
на тему «Приборы и методы термографических измерений».

Подготовил:
ст. гр. КСД-11м
Титова А.Ю.

Донецк 2011

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	
1. Характеристика исследования.....	5
2. Качественная и количественная связь измеряемого физического параметра и состояния молочной железы.....	5
3. Описание алгоритма исследований.....	8
4. Структурная схема технического устройства.....	8
5. Алгоритмы и средства обработки, полученной информации.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	17
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КСД – компьютерная система диагностики.

ОД – объект диагностики.

СКС – специализированная компьютерная система.

МЖ – молочная железа.

РМЖ – рак молочной железы.

ПК – персональный компьютер.

КС – компьютерные системы (подсистемы).

ИК – инфракрасное (излучение, ...).

ПО – программное обеспечение.

ДИТ - динамического термографического.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная диагностика в современном мире является едва ли не самым распространенным методом диагностики общего состояния организма, а также его отдельных органов и систем.

Актуальность современных проблем диагностики и лечения заболеваний МЖ определяется их масштабностью, распространенностью и социальной значимостью. Сегодня мы вынуждены констатировать, что РМЖ у женщин вышел на лидирующие позиции, и является вторым по смертности после рака легких.

В связи с этим возрастает роль качества применяемых методов диагностики, определение их возможностей и пределов, поскольку за каждым ложноположительным или ложноотрицательным заключением стоят человеческие судьбы [1]. Следует заметить, что при этом в Украине до сих пор нет программы массового маммографического скрининга и диагностики, что связано с необходимостью значительных финансовых ресурсов.

У рентгеновского скрининга известны такие недостатки: большое число ложноположительных диагнозов, увеличение необоснованного числа биопсий и операций [2, 3, 4]. Некоторые авторы отмечают низкую чувствительность и специфичность метода, увеличение лучевой нагрузки на МЖ, что само по себе может индуцировать РМЖ [5].

Поэтому во многих странах идет постоянный поиск новых и усовершенствование известных методов раннего выявления патологии МЖ, в том числе и РМЖ. Одним из таких направлений в диагностике является термография, которая включает в себя дистанционное инфракрасное (ИК) тепловидение и контактные методы [1]. Ведущими производителями термографов в мире являются: ООО «ИРТИС/IRTIS» (Россия, Москва), ООО «Современные медицинские технологии» (Россия, Самара), Medtronic (США, Миннеаполис), TWI (США, Ливерноис) и в Украине - НПФ «Ультракон» (Киев), ООО «Фикс» (Луганск). Рассмотрим современные СКС и методы обработки качественных параметров в диагностике РМЖ.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования

Объектом исследования (ОИ) является молочная железа (МЖ). В частности нас интересуют заболевания МЖ.

Актуальность работы

Актуальность современных проблем диагностики и лечения заболеваний МЖ определяется их масштабностью и социальной значимостью. А рак молочной железы (РМЖ) у женщин вышел на лидирующие позиции, и является вторым по смертности после рака легких.

В связи с этим возрастает роль качества применяемых методов диагностики, определение их возможностей и пределов [1]. Следует заметить, что при этом в Украине до сих пор нет программы массового маммографического скрининга и диагностики, в силу своей дороговизны.

2. КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ СВЯЗЬ ИЗМЕРЯЕМОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА И СОСТОЯНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Термография основана на измерении теплового инфракрасного излучения тела и дает истинную температуру только самого верхнего слоя кожи толщиной 2–3 мм. Поэтому очевидно, что измеряемым физическим параметром является температура. В медицинской практике апробированы четыре разновидности тепловой диагностики: жидкокристаллическая, дистанционная инфракрасная, контактная термография и радиотермометрия (РТМ).

По классификации Draper и Jones выделяется четыре термографических типа МЖ:

Первый тип – аваскулярный. МЖ на термограммах выглядят в виде холодных гомогенных образований с четкой границей по нижнему контуру железы, под которой может располагаться горячая субмаммарная складка.

Второй тип – васкулярный. На фоне холодной тени МЖ проходят один, два или более симметричных довольно толстых горячих тяжа, которые соответствуют проходящим здесь сосудам (обычно это крупные вены).

Третий тип – сетчатый. МЖ на термограммах выглядят более теплыми за счет того, что сосудистые тяжи переплетены и образуют общую гипертермическую сеть. При поверхностном расположении вен эта сеть явственно прослеживается в виде горячих петель, обрамляющих более холодные ячейки. Такой тип обычно обнаруживается при обследовании лактирующих МЖ.

Четвертый тип – пятнистый. На общем гомогенном фоне во всех квадрантах МЖ регистрируются множественные гипертермические очаги в виде пятен без четких контуров, симметричности их расположения в обеих железах не отмечается.

Для первых трех типов характерна симметричность тепловизионной картины. Однако, в ряде случаев в норме наблюдается некоторая асимметрия, что обусловлено различным прохождением поверхностных вен в правой и левой МЖ.

В классификации Draper и Jones существует еще один - пятый тип. К нему авторы относили случаи, которые не вписывались в четыре "стандартных" типа термограмм нормальных МЖ [28]. Классификация представлена в табл. 1.

Таблица 1

Источник	1 тип	2 тип	3 тип	4 тип	другие
Draper и Jones (1969)	29 %	16 %	20 %	7 %	28 %
По Ткаченко (1997)	28 %	19 %	37 %	16 %	–
По Розенфельду	20 %	74,4 %	редко	5,6 %	-

D.Giraund, C.Altshuber, P.Amalric [22], изучив более 5000 термограмм МЖ, по характеристике сосудистого рисунка разделили их также на четыре типа:

Тип А – молочные железы с одинаковой температурой по всей поверхности; бессосудистые или со слабым указанием на сосудистые ветви.

Тип Б – умеренная двусторонняя васкуляризация, относительно симметричная, с 2-3 сосудами узкой и длинной формы и постоянным свечением возле внутригрудного сплетения или вокруг соскового кружка.

Тип В – двусторонняя васкуляризация с более чем тремя сосудами узкой и длинной формы и нормальным свечением сосудов.

Тип Г – сетеподобная двусторонняя гипervasкуляризация, создающая настоящий поверочный рисунок на поверхности МЖ.

Тип Б – наиболее часто встречающийся, затем идут типы А, В и, редко, тип Г.

В нормальной ткани МЖ разница температур в симметричных точках не превышает 0.5°C . Температура верхних отделов МЖ выше на 1.2°C , чем нижних. В то же время другие авторы считают, что в норме разница температур может достигать 2°C .

Что касается количественных показателей температуры симметричных участков МЖ, мнения авторов различные. Одни считают, что температурная асимметрия участков, не превышающая 1°C , – признак доброкачественного процесса; разница в 2°C – сомнительный случай; разница температур симметричных участков, превышающая 2°C , указывает на злокачественный процесс [24]. М.М.Мирошников с соавторами [13] считают, что различие температур более 1°C – результат положительный, $0.5-0.9^{\circ}\text{C}$ – неопределенный, $0.3-0.5^{\circ}\text{C}$ – отрицательный.

Необходимо отметить некоторые характерные проявления разных форм рака молочной железы при РТМ - диагностике.

Для внутрипротоковой формы рака характерно значительное ($1-1,5^{\circ}\text{C}$) повышение температуры соска и значительная (1°C) термоасимметрия в одной из точек. При отечно-инфильтративной форме рака характерно повышение температуры большей части пораженной молочной железы на $1-1,5^{\circ}\text{C}$.

3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЙ

Метод микроволновой радиотермометрии (РТМ-метод) основан на измерении интенсивности собственного электромагнитного излучения внутренних тканей пациента в диапазоне сверхвысоких частот.

Интенсивность этого излучения прямо пропорциональна температуре тканей. Поэтому можно говорить, что микроволновая радиотермометрия позволяет измерять внутреннюю температуру тканей и визуализировать ее на экране монитора.

Основное отличие микроволновой радиотермометрии от хорошо известной инфракрасной (ИК) термографии заключается в том, что ИК термография позволяет измерять и визуализировать температуру кожных покровов, а микроволновая радиотермометрия дает информацию о температуре на глубине нескольких сантиметров.

Зато непосредственный контакт при наличии достаточно большого количества датчиков позволяет зафиксировать малые градиенты температуры и увеличить разрешающую способность (как температурную, так и пространственную), что характерно для *контактной термометрии*. Поскольку между источником и приемником тепла нет никакой промежуточной среды, устраняется опасность влияния тепловых помех. Так как для контактной термографии не нужны специально оборудованные помещения, криогенные жидкости для охлаждения приемников ИК излучения, то исключаются сложные процедуры настройки и калибровки оборудования. А значит, эта методика оказывается дешевле.

4. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Рассмотрим техническое устройство, применяемого для проведения исследований и его структурную схему.

Донецким физико-техническим институтом им. А. А. Галкина НАН

Украины совместно с Донецкой городской клинической больницей № 2 "Энергетик" разработаны и изготовлены экспериментальные образцы термографа контактного цифрового (ТКЦ 1) для обследования МЖ, предстательной железы, костей и суставов.

Назначение – скрининговое обследование населения с целью ранней диагностики опухолевых (доброкачественных и злокачественных), а также воспалительных заболеваний МЖ; контроль развития болезни и эффективности лечения.

Принцип действия – контактное измерение температуры больших площадей поверхности тела при помощи матрицы интеллектуальных датчиков; формирование и компьютерная визуализация карт распределения температуры (термограмм) на обследованном участке; статическая обработка термограмм и расчет абсолютных и дифференциальных диагностических параметров[25].

Термограф ТКЦ-1 представляет собой прибор, измеряющий контактным способом абсолютное значение и градиенты температуры на больших площадях (от десятков до сотен квадратных сантиметров) поверхности тела. Также прибор позволяет представлять результаты измерений, как в виде числовых массивов, так и в виде удобных для восприятия и анализа цветных и черно-белых термограмм – карт распределения температуры по поверхности обследуемого участка тела. Термочувствительным элементом термографа является сканер, состоящий из нескольких десятков интеллектуальных датчиков-термометров, позволяющих измерять перепады температур с разрешающей способностью $0,06^{\circ}\text{C}$. Такой термометр представляет собой управляемый компьютером специализированный микропроцессор, способный понимать и выполнять десятки команд.

Для хранения и калибровки сканера служит входящий в комплект прибора пассивный термостат. Связующим звеном между сканером и компьютером служит блок аппаратного интерфейса. Этот блок гальванически разделяет электрические цепи компьютера и датчиков, что делает прибор электрически безопасным для пациента и персонала [26].

Блок - схема термографа ТКЦ-1 представлена на рис. 1, а внешний вид – на рис.2.

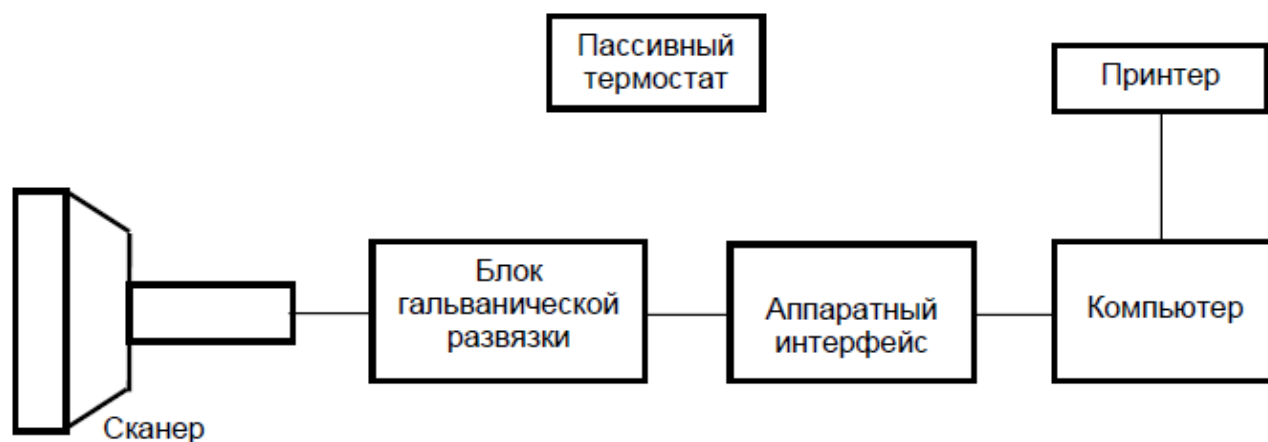


Рисунок 1 – Блок - схема термографа ТКЦ-1

Методика – формирование мозаичной температурной карты (термограммы) железы путем последовательного позиционирования матрицы на обследуемых участках; обработка показаний датчиков (до 1152 точек); визуализация температурной карты, обеспечение термограмм просмотр и сохранение, формирует протокол обследования.

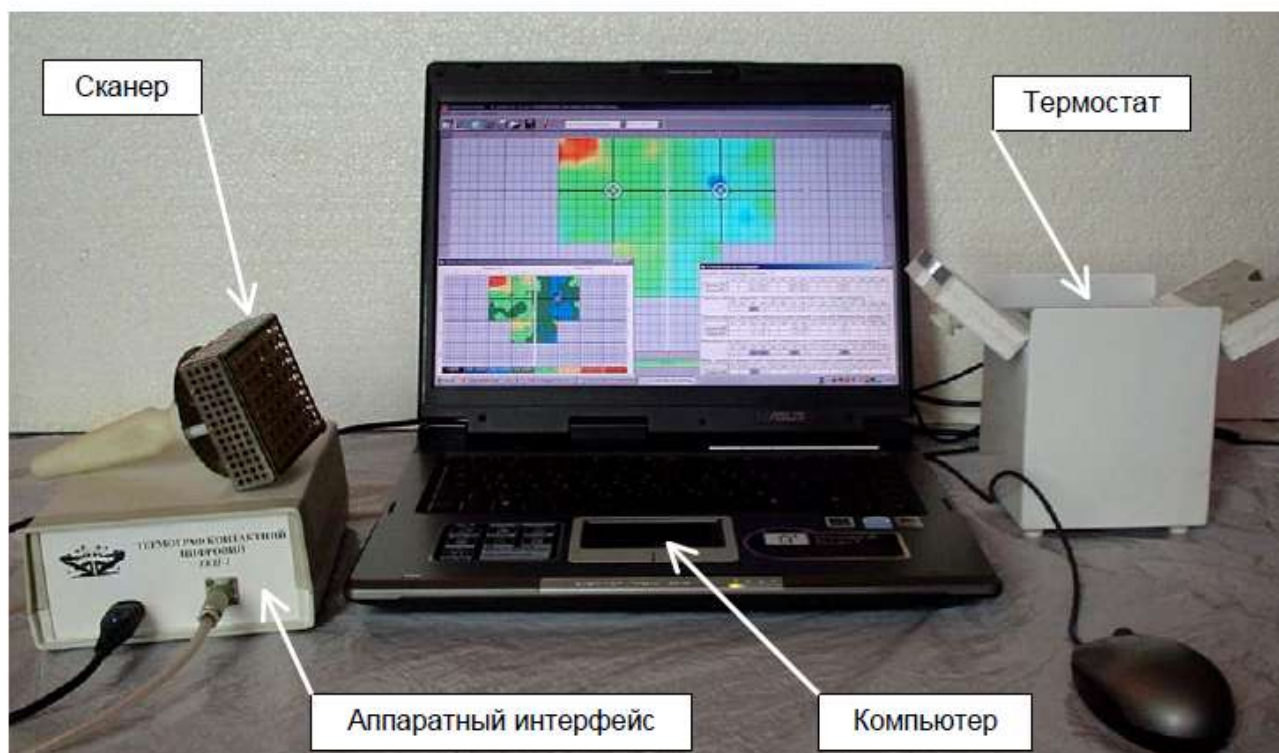


Рисунок 2 – Внешний вид термографа ТКЦ-1

Технические характеристики:

Диапазон регистрируемых температур, °С 20-38;

Температурная разрешающая способность - 0,06 °С;

Пространственная разрешающая способность – 1 см;

Компьютерное обеспечение – любой ПК;

Программное обеспечение (ПО)– оригинальное на платформе Windows XP

Индикация на экране монитора температуры в точке измерения – посредством цвета и в числовом виде.

Число градаций цвета, 1/°С – 16

Число датчиков в сканере - 36

Время измерения в одной позиции сканера, с - 15

Питание сканера - 4 химических элемента типа R14

Напряжение питания сканера, В - 6

Время бесперебойной работы от одного комплекта питания – не менее 6 месяцев.

Термограф сохраняет технические характеристики в диапазоне окружающих температур от 10 до 35°С при относительной влажности до 80% при 25°С и атмосферном давлении 100±4 кПа.

Термограф допускает непрерывную круглосуточную работу при сохранении своих технических характеристик.

5. АЛГОРИТМЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

С применением цифровых технологий появилась возможность на основании визуальной оценки и количественных показателей термограммы создать автоматизированную экспертную систему диагностики патологических состояний МЖ. С помощью описанного ранее термографа проводились обследования, в результате которых были получены:

- чувствительность - 72,6 % (95 % ДИ 60,6 %-83,1 %);
- специфичность – 86,2 % (95 % ДИ 83,1 %-88,9 %);
- точность – 85,3 % (95 % ДИ 82,3 %-88,0 %).

Таблица 2. Сравнительные диагностические характеристики общепризнанных методов и контактной термографии.

Показатель	Рентген	Пальпация	УЗИ	Термография асимптомных пациентов в общепольничной сети	Термография больных, направленных в противоопухолевой центр
Чувствительность	96,7	82,4	56	89,4	90,9
Точность	96,4	76	66,3	76	90,5
Специфичность	97	59	97,5	43	87,5

Медицинский радиотермометр РТМ-01-РЭС прошел технические испытания и клинические испытания по выявлению рака молочной железы и пациентов требующих комплексного обследования в специализированных учреждениях. Испытания проводились в Институте клинической онкологии ОНЦ РАМН, клинической больнице №40 и филиале №1 Московского маммологического диспансера. Всего было обследовано более 900 пациентов, и была показана достаточно высокая диагностическая эффективность прибора:

- Чувствительность от 85 до 94%;
- Точность от 77,6 до 90,4%;
- Специфичность от 76,5 до 81,8%.

При определении чувствительности РТМ диагностики по выявлению рака молочной железы было установлено, что её значение составляет 90,3%, что

превышает значения чувствительности других методов диагностики: чувствительность ультразвукового исследования составляет 83,3%, а маммографии — 77,4%. Результаты диагностики представлены в таблице 3 [29].

Во время исследования было выявлено, что при больших размерах опухолей отмечается более высокая чувствительность всех методов. При размерах опухолей меньше 2 см чувствительность РТМ-диагностики составила 85,7%, в то время как показатели ультразвукового и рентгенографического методов были равны соответственно 76,9% и 64,8%. При размерах опухолей больше 2 см чувствительность РТМ-диагностики также превысила чувствительность других методов диагностики, составив 94,4%, а показатели УЗИ и маммографии равнялись 87,5% и 88,2%. Таким образом, чувствительность РТМ-диагностики превышает показатели других диагностических методов.

Таблица 3

	УЗИ	Маммография	РТМ-диагностика
Количество обследованных пациентов с раком молочной железы	30	31	31
Количество правильно сделанных заключений	25	24	28
Количество ошибочных диагнозов	1 - фиброаденома 4 - мастопатия	5 - мастопатия 2- фиброаденома	3
Выявляемость (чувствительность метода)	83,3 %	77,4 %	90,3 %

В частности, в 82% случаев РТМ-диагностика правильно отнесла пролиферативные формы мастопатии и фиброаденомы к группе риска, УЗИ в 18% случаев, маммография в 36,3%.

Показатели специфичности и точности различных методов при

выявление пациентов группы риска представлены в таблице 4.

Таблица 4

	РТМ	УЗИ	Маммография
Чувствительность	87,8%	80%	73,8%
Точность	86,6%	85%	80%
Специфичность	80%	100%	94%

Диагностический комплекс РТМ-01-РЭС



Рисунок 3 - Оборудование комплекса РТМ-01-РЭС

осуществляется дискретным кодом. Результаты РТМ обследования воспроизводятся на мониторе в виде термограмм и температурных полей на проекции обследуемого органа, а протокол распечатывается на цветном струйном принтере.

Достоинством комплекса РТМ-01-РЭС является наличие компьютерной программы «РТМ-диагностика», включающей в себя экспертную систему по дифференциальной диагностике рака молочной железы. Экспертная система проводит исследование по многим критериям, включая термоасимметрию молочных желез, дисперсию температуры внутри одной железы и ряду других

В 1997 году Фирмой РЭС был разработан компьютеризированный диагностический комплекс РТМ-01-РЭС. Радиотермометр поставляется в следующем составе:

- радиодатчик (датчик глубинной температуры) с антенной-апликатором
- датчик температуры кожи (инфракрасный датчик)
- блок обработки информации

В РТМ-комплекс входит персональный компьютер. Связь радиотермометра с ПК



Рисунок 4 - Комплекс РТМ-01-РЭС

Порядок проведения РТМ-обследования

Во время РТМ-обследования пациентка лежит на спине, руки за головой. Измерения проводятся в 9 точках каждой молочной железы, в аксилярных областях и в двух опорных точках. Для проведения измерения антенна-аппликатор устанавливается на исследуемую точку. Через несколько секунд показания температуры стабилизируются, и на экране монитора появляется сигнал, сообщающий о том, что можно запоминать результаты измерения. После этого нажимается кнопка на датчике

температуры, и текущее значение температуры записывается в компьютер.

Затем датчик температуры переносится с одной молочной железы на симметричную точку второй молочной железы. После измерения внутренней температуры аналогично производится измерение температуры кожи. По окончании обследования осуществляется анализ результатов.

Наряду с использованием термограмм, применяется способ визуализации полей температур, где каждое значение температуры передается на экране монитора своим цветом. Следует отметить, что методы визуализации наглядны и доступны медицинскому персоналу, их проще интерпретировать, чем численные значения измеренной температуры.

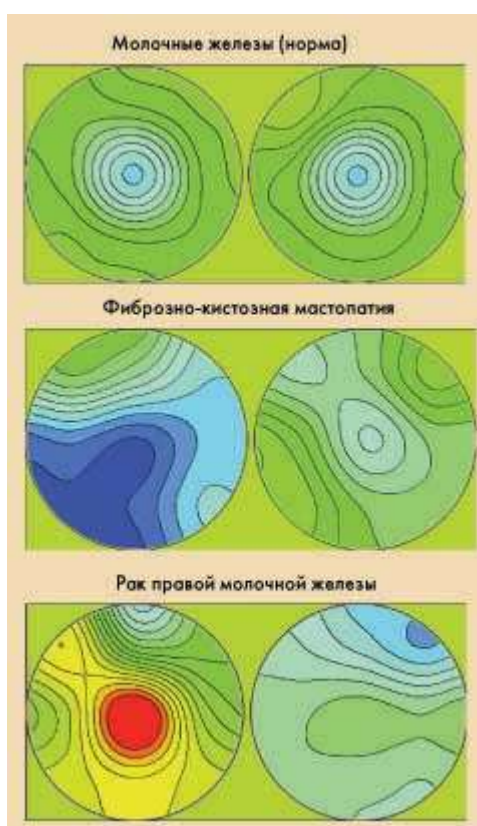


Рисунок 5 - Термограммы



Результаты испытаний во всех медицинских центрах хорошо согласуются между собой, при этом чувствительность метода составляет 85-94 %, специфичность – 75-80%, точность – 77-90%, что соизмеримо с результатами маммографических обследований.

Рисунок 6 – Интерфейс комплекса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог обзору современной тепловизионной техники, нужно указать на основные пути и перспективы ее совершенствования. Это, во-первых, повышение уровня четкости и степени контрастности тепловизионных изображений, создание видеоконтрольных устройств, дающих увеличенное воспроизведение теплового изображения, а также дальнейшая автоматизация исследований и применение ЭВМ.

Во-вторых, совершенствование методики тепловизионных исследований различных видов заболеваний. Тепловизор должен давать информацию о площади кожного участка с измененной температурой и координатах фиксированного теплового поля. Предполагается создать аппараты, в которых можно произвольно менять увеличение изображения, фиксировать амплитудное распределение температуры по горизонтальным и вертикальным осям. Кроме того, необходимо сконструировать прибор, способный интенсифицировать развитие исследований механизма теплопередачи и корреляции наблюдаемых тепловых полей с источниками тепла внутри тела человека. Это позволит разработать унифицированные методики тепловизионной диагностики [30].

В-третьих, следует продолжить поиск новых принципов работы тепловизоров, работающих в более длинноволновых областях спектра с целью регистрации максимума теплового излучения тела. В перспективе также возможно совершенствование аппаратуры для сверхчувствительного приема электромагнитных колебаний дециметровых, сантиметровых и миллиметровых диапазонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Белошенко В.А., Дорошев В.Д., Карчанев А.С., Приходченко В.В. Комплекс аппаратуры для ранней диагностики онкологических заболеваний методом контактной цифровой термографии.
2. Пономарев И.О. Медицинский скрининг – проблемы, перспективы и возможности применения в онкологии // Онкология.-2001.-Т.3, №2-3.- С.203-206.
3. Орлов О.А. Медицинские и экономические аспекты маммологических профилактических осмотров женщин // Казанский мед, журнал.-2001.-Т.82, №5.-С.388-391.
4. Семиглазов В.Ф., Моисеенко В.М., Проценко С.А и др. Промежуточные результаты программы Россия (Санкт-Петербург) / ВОЗ по оценке эффективности самообследования молочных желез/ Вопросы онкологии.- 1996.-Т.42, №4.-С.49-55.
5. Skrabanek P. Shadows over screening mammography // Clin.Radiol.- 1989.-40, №1.-Р.4-5.
6. Пасечников С. П. Рак предстательной железы – состояние проблемы в мире и в Украине. // Еженедельник "Аптека". – 18.11.2003. – № 45 (366).
7. Журнал "Радиология 2003".
8. Краткое руководство по обеспечению качества скрининга и диагностики рака молочной железы рекомендованное для стран Европейского Союза.
9. http://www.e-radiography.net/articles/mammo/mammo_introduction.htm
10. Харченко В.П., Рожкова Н.И. Лучевая диагностика заболеваний молочной железы, лечение и реабилитация. М.: Стром, 2001.
11. Розенфельд Л.Г., Колотилов Н.Н. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии. Онкология. – 2001. – т. 3. – № 2–3. – С. 103–106.
12. Бонтрагер К.Л. Руководство по рентгенографии с рентгеноанатомическим атласом укладок. М.: Интелмедтехника, 2005.
13. Мирошников М.М., Алипов В.И., Гершанович М.А. и др. Тепловидение и

- его применение в медицине. М.: Медицина.-1981.-184с.
14. Статья "Проявления, диагностика и лечение разных форм рака" под разработкой, наполнением и поддержкой врача С. Бондарева, Украина, Черкассы.
 15. Cockburn W. Nondestructive testing of humanbreast. // www.breastthermogrady.org/SRIE.htm.
 16. Ссылка на приборы диагностики.//http://www.diagraphdot.com/index.php?ukey=home&lang_iso2=ru
 17. Справочник практического врача, Москва «Медицина» 1993 год.
 18. Основы клинической дистанционной термодиагностики / Под ред. Л.Г.Розенфельда.-К.: Здоров.я.-1988.-220с.
 19. Шабалова И.П., Джангирова Т.В., Волченко Н.Н. и соавт. Цитологический атлас. Диагностика заболеваний молочной железы. - М., 2005.
 20. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс – Москва: Техносфера, 2006. – 616с.
 21. Электронный ресурс: http://www.thermography.ru/prod_nec_9100pro.php
 22. Электронный ресурс: <http://irtis.ru/prod2.html>
 23. Электронный ресурс: <http://hippocrate.narod.ru/l/lazerne.htm>
 24. Вишнякова Е.Г., Ленская О.П. Диагностические ошибки при термографическом исследовании больных раком молочной железы и мастопатией // Хирургия.-1979.-№3.-С.107-111.
 25. Электронный ресурс: <http://www.mederbis.com.ua/node/128>
 26. Приходченко В.В., Думанский Ю.В., Приходченко О.В., Белошенко В.А., Дорошев В.Д., Карначёв А.С. Применение контактного цифрового термографа ТКЦ -1 в диагностике заболеваний молочных желез – Руководство для врачей. – Донецк, 2007.
 27. Электронный ресурс: <http://www.belenergokip.by/object-317-406.html>
 28. Ткаченко А.Ю., Голованова М. В., Овечкин А.М. Клиническая термография (обзор основных возможностей) – Нижний Новгород, 1998г.
 29. Электронный ресурс: <http://www.meddocjob.ru/docjobs-338-8.html>

30. Шихман С.М., Цитринбаум Б.И., Клюкин Л.М., Зубкин В.И., Геворкян К.М. Контактная объемная термография молочных желез, 2007г.
31. Вилльям Амалу, Вилльям Б.Хоббинс, Джонатан Ф. Хэд, Эллиота-Хэйли-Хэда, Роберт Л. Эллиот, Эллиота-Хэйли-Хэда. Справочник по биомедицинской технике. 3 издание. Медицинские приборы и системы.
32. Моисеенко В.М. «Естественная история» роста рака молочной железы, 2002г.
33. Электронный ресурс: <http://5ka.su/>