

## ПРИЛАДИ, РАДИОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 004.94

В.О. Білошенко, д.т.н.

В.Д. Дорошев, к.ф.-м.н., ст.н.с.

О.С. Карначов, к.ф.-м.н., ст.н.с.

*Донецький фізико-технічний інститут НАН України*

Н.М. Лавриненко, д.ф.-м.н.,

*Донецький державний університет економіки і торгівлі*

В.В. Приходченко, к.мед.н., гол. лікар

О.В. Приходченко, лікар-гінеколог

*Міська лікарня №2 "Енергетик"*ЦИФРОВИЙ КОНТАКТНИЙ МАМОТЕРМОГРАФ ДЛЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ  
ЗАХВОРЮВАНЬ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ

*Описано прилад, що може бути використаний для маммографічного скринінга – регулярного профілактичного огляду молочних залоз жінок.*

**Постановка проблеми.** Відомо, що рак молочної залози (РМЗ) – одна з головних причин жіночої смертності [1]. Щороку в світі реєструється більш ніж півмільона нових випадків РМЗ. З них в нашій країні – більше ніж 14 тисяч. Кожну годину в Україні з цієї причини вмирає одна жінка. У 2000 році захворюваність РМЗ по Україні становила 58,2 випадки на 100 тисяч жіночого населення (світовий стандарт – 37,3). Смертність на 100 тисяч жінок в нас в 1,5–2 рази вища, ніж в розвинутих країнах, і не має тенденції до зниження. Навпаки, за останні 10 років вона зросла вдвічі. При цьому в Україні досі немає програми масового маммографічного скринінга і діагностики.

**Мета роботи.** Опис приладу, що може бути використаний для маммографічного скринінга – регулярного профілактичного огляду молочних залоз жінок.

**Виклад основної частини.** Єдиним надійним засобом боротьби з цими захворюваннями є раннє їх виявлення на доклінічній фазі, коли розміри новостворення не перевищують 0,5–1 см [2]. В такому разі в результаті вчасно проведеного лікування 95 % хворих видужують. З метою раннього виявлення РМЗ в розвинутих країнах світу проводиться широкомасштабний скринінг жінок. Основним інструментом такого скринінгу є рентгенівська маммографія [1]. Вона зарекомендувала себе як надійний і чутливий спосіб виявлення пухлинних захворювань молочної залози. Досить часто використовуються також прилади безконтактної термометрії тепловізори [3]. При комплексному обстеженні разом з ультразвуковими та гістологічними дослідженнями вони дозволяють досить надійно діагностувати рак молочної залози та інші пухлинні захворювання.

Способи діагностики, які варто застосовувати для широкомасштабного скринінгу, мають бути абсолютно нешкідливими для здоров'я людини. З цієї точки зору рентгеномаммографія не може бути застосована дуже часто, тому що при передозуванні рентгенівського опромінювання виникає загроза виникнення індуційованого цим випромінюванням раку молочної залози.

Найбільш безпечними для здоров'я є термометричні методи – дистанційні та контактні. Відомо, що обмін речовин в пухлині значно більший, ніж в інших клітинах. На біохімічному рівні в пухлинній клітині накопичуються вуглеводи ("пастка для глюкози"). Ці процеси супроводжуються значним виділенням енергії, що викликає підвищення температури у місці знаходження пухлини. Відомо також, що така температурна аномалія проециється на поверхню шкіри, причому розміри плями з підвищеною температурою на поверхні в декілька разів перевищують розміри самого джерела, і взагалі залежать від глибини розташування пухлини та її розміру. Таким чином, за розподілом температури на поверхні шкіри можна судити про наявність або відсутність запалення всередині, про розмір пухлини та її локалізацію. На цьому базуються термометричні методи діагностики. В [4] було показано перспективність використання якісно-кількісних методів оцінки термограм, отриманих за допомогою тепловізора, наведено оцінку таких діагностичних параметрів як різниці температур між просторовосиметричними точками термограм, площі термосмуг заданої температури, середньозважених температур та інших. Щодо контактної термометрії, автори оцінювали її як малоперспективну перш за все завдяки численным похибкам за рахунок неясного контакту між датчиком і об'єктом.

Для підвищення точності діагнозу проводились чисельні дослідження з розробки автоматизованих методів обробки термограм [5].

Оскільки при здійсненні скринінга треба обстежити велику кількість людей, процедура обстеження не повинна забирати багато часу. Крім того, спосіб має бути недорогим і простим в експлуатації. Нарешті, апаратура має бути компактною, щоб давати змогу працювати в режимі пересувних обстежувальних пунктів

або лабораторій. Між іншим, тепловізори потребують досить великих обладнаних кондиціонерами приміщень, застосування криогенної рідини (азоту), достатньо складної процедури калібровки апаратури тощо [5]. Це робить дуже сумнівною перспективу їх використання для мамологічного скринінгу.

Для скринінгу потрібно мати змогу за найменший час і з найбільшою достовірністю отримувати температурну карту потрібної ділянки тіла. Для цього найбільше підходять саме контактні методи за умов наявності великої кількості прикріплених до тіла термосенсорів. Спроби отримати температурні карти тіла людини через застосування контактних термосенсорів робилися багаторазово [6], [7]. Але всі вони, через проблеми комутації, калібровки та розміщення сенсорів, обмежувалися лише декількома точками спостереження і не могли бути придатними для вищевизначених цілей.

Розроблений нами пристрій претендує на те, щоб стати саме інструментом для скринінгу.

З самого початку задача полягала в розробці безпечного для здоров'я, зручного та надійного способу скринінгового обстеження жінок на наявність раку та інших захворювань молочної залози. Технічний результат від використання нашого способу полягає в підвищенні точності та швидкості формування температурних карт, в тому числі обох залоз при рівних умовах, що сприяє більш продуктивному використанню переваг диференційної діагностики при скринінговому обстеженні населення.

Поставлена задача вирішена завдяки застосуванню сучасної системи контактної термометрії великих площ поверхні тіла шляхом використання термосенсорів на базі інтелектуальних датчиків температури, візуалізації зображення температурних карт і математичної обробки первинних термограм. Ця система дає змогу наблизитися до ідеальної ситуації, коли велика кількість сенсорів щільно покриває поверхню обох залоз і всі сенсори одночасно передають інформацію про температуру в комп'ютер.

Задача швидкого отримання температурних карт молочних залоз вирішується шляхом використання кількох матриць температурних сенсорів, різних за розмірами, конструкцією та кількістю розташованих на них сенсорів. Конструктивне виконання матричних термодатчиків може бути різним, але всі вони мають забезпечувати надійний контакт з поверхнею тіла, саме так, як і зручність їх позиціонування на тілі. Зокрема ці матриці можуть бути виконані у вигляді еластичних бюстгалтерів, на внутрішній поверхні котрих розміщуються окремі термосенсори. Суттєвою відзнакою є те, що на поверхні матриць розміщуються напівпровідникові температурні сенсори, що являють собою спеціалізовані мікропроцесори, здатні вимірювати температуру навколишнього середовища, перетворювати її в цифровий код і надсилати цей код до комп'ютера [8]. Всі ці операції виконуються сенсорами за командами з комп'ютера. Сенсори мають робочий діапазон температур від  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температурну чутливість  $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$  і не потребують калібровки, бо вже мають всі необхідні поправки, зашиті в їх внутрішній пам'яті. Розмір одного сенсора  $3\times 3\times 1\text{ мм}$ . Всі сенсори, скільки б їх не було на матриці, підключені до єдиної трипровідної шини, яка зв'язує їх з комп'ютером. Теплова інерційність такого сенсора не перевищує 10–15 секунд. Найбільша матриця, котра має покривати одночасно обидві залози, налічує кілька сотень сенсорів, розташованих на рухомих стержнях, здатних, для кращого прилягання до поверхні залози, пересуватися вздовж своєї подовжної осі.

Задача отримання термограм вирішується двома способами.

У варіанті 1 жінка, що обстежується, розміщується горизонтально. На область молочних залоз зверху опускається пересувна рамка з матрицею рухомих стержнів, які входять в контакт з поверхнею шкіри. Вмикається комп'ютерна програма реєстрації температурних показань сенсорів, яка з періодом в одну секунду фіксує кадри розподілу температури по поверхні залоз – температурні карти. Ця процедура триває до стабілізації температурної карти, тобто до здобуття температурної рівноваги між поверхнею шкіри і сенсорами матриці (10–15 секунд). Отримана таким чином картина динаміки розподілу температури запам'ятовується комп'ютером у вигляді набору кольорових або чорно-білих зображень температурних карт та числових параметрів. За діагностичні параметри прийнято сучасні, найбільш інформативні, такі як температурна асиметрія просторово симетричних ділянок поверхні залоз, траєкторії ізотерм, площі температурних смуг, локальні та інтегральні градієнти, середньозважені температури тощо. В разі потреби може бути використаний і цілий ряд інших параметрів, що забезпечують додаткову інформацію для уточнення діагнозу.

У варіанті 2 проводиться термометрія окремих ділянок молочних залоз. Цей спосіб особливо корисний, якщо виникає потреба уточнити розміщення, розмір та форму пухлини, для чого необхідно отримати кілька термокарт під різними ракурсами. Для цього застосовуються невеликі матриці, що налічують кілька десятків сенсорів. Ці матриці обладнані теплоізоляційними ручками, і оператор може тримати їх у руці, притискаючи до ділянки, що обстежується. При цьому процедура отримання температурного розподілу.

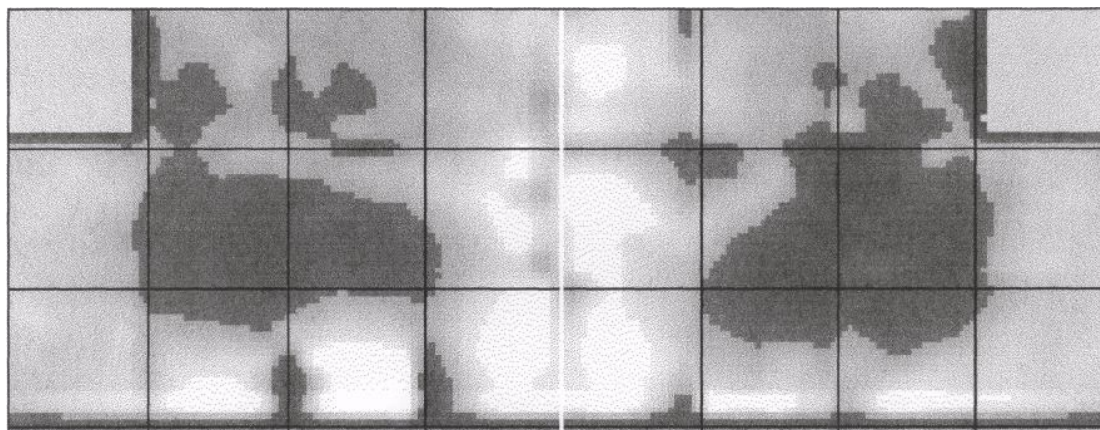
Можна включати декілька послідовних позиціонувань, в результаті чого конструюється мозаїчна картина температурного розподілу обстежуваної ділянки. Для вимірювання температури лімфовузлів передбачені окремі сенсори (тобто матриці, що обладнані лише одним сенсором). Відмітні ознаки пристрою полягають в наступному:

- високій точності інтелектуальних датчиків, ідентичності їх властивостей;
- виключенні будь-яких калібровок датчиків, можливості використання великої їх кількості без індивідуальних калібровок і зниження точності;
- малій інерційності датчика, що дозволяє досить швидко досягати температурної рівноваги з об'єктом;

- безпосередньому зв'язку з комп'ютером на рівні двійкових кодів, що прискорює оперативну цифрову обробку зображення;
- використанні лише трьох провідників для зв'язку будь-якої кількості датчиків з комп'ютером, що забезпечує зручність і компактність методу;
- обробці зображень в режимі реального часу, що забезпечує можливість формалізації діагностичних параметрів і автоматизації первинної діагностики.

Апробація способу проводилася в міській лікарні № 2 м. Донецька. На даний час обстежено 104 жінки. У 44 (42,3 %) виявлено різну патологію молочних залоз. В тому числі встановлена фіброзно-кістозна мастопатія у 28 жінок, фіброаденома – у 8, фіброаденоматоз – у 4, підозра на рак молочної залози у 3 хворих, ліпома – в однієї жінки. Виявлена патологія підтверджена об'єктивним обстеженням, рентгеномамографією, сонографією та гістологією.

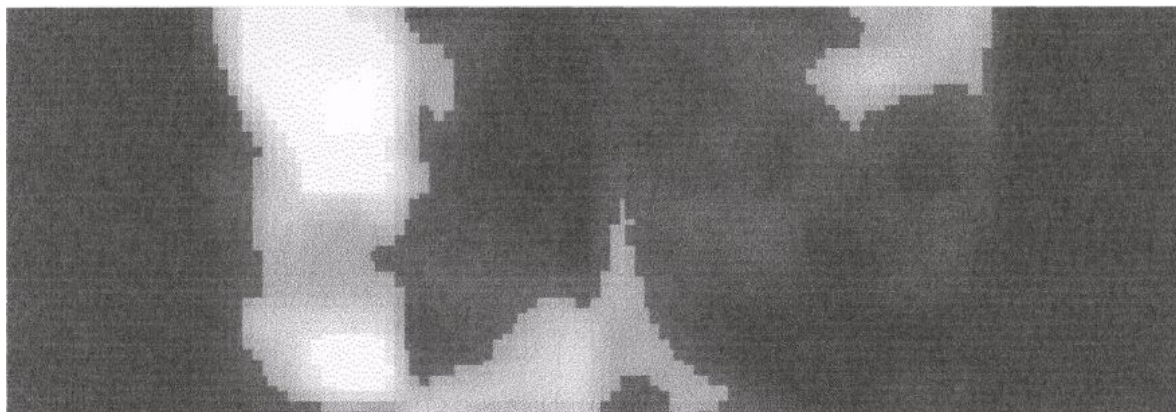
На рис. 1, 2 наведені зразки термограм, отриманих запропонованим способом за варіантом 2. Термограми знято за допомогою квадратної матриці, яка налічує 36 датчиків (6x6), розташованих на ній на відстані 1 см один від одного. Таким чином, за одне позиціонування перекривалася площа 36 кв. см, а набір температури тривав 10–15 секунд. Кожна з наведених термограм складається з декількох фрагментів для кожної залози, отриманих шляхом послідовних суміжних позиціювань матриці датчиків на поверхні залози. Таким чином, повна термограма за цим мозаїчним способом знімається не більше ніж за 3 хвилини (залежить від розміру залози). Вертикальна лінія в центрі термограм – це вісь симетрії (груднина область). Зображення правої залози на термограмах зліва, а лівої – справа. Зони підвищеної температури внизу – це проявлення звичайної гіпертермії підгрудних зморшок, які не впливають на діагноз.



*Рис. 1. Термограма здорової жінки*

На фіг. 1 показано термограму здорової жінки 19 років. Вона демонструє температурну симетрію (асиметрія, тобто максимальна різниця між температурами просторово-симетричних точок правої і лівої залоз, не перевищує 0,1 °С.

Рис. 2 демонструє термограму молочних залоз жінки 45 років, в якій зафіксовано вузлову форму фіброаденоми правої залози (на рисунку гіпертермічна пляма зліва). Температурна асиметрія з аналогічною точкою лівої сторони сягає 1,6 °С.



*Рис. 2. Приклад термограми з фіброаденомою молочної залози*

**Висновки.** Проведені клінічні дослідження доводять, що запропонований нами метод здатний виявити всі температурні аномалії, які в сучасній медицині використовуються для діагностики пухлинних захворювань молочних залоз. При тому він має такі переваги, як нешкідливість для здоров'я, простота користування, зручність, мобільність, компактність. Крім того, він значно дешевший за інші. Всі ці якості можуть зробити цей метод цінним для вирішення задачі мамологічного скринінгу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Дыкан И.Н.* Передовые технологии диагностики рака молочной железы // Здоровье женщин. – 2003. – 2 (14). – С. 131–132.
2. *Власова М.М.* Обоснование й принципы маммографического скрининга рака молочной железы // Тегга Медіса. – 2002. – № 2. – С. 20–21.
3. *Основи клинической дистанционной термодиагностики* // Здоров'я. – Киев. – 1988.
4. *Вишневский О.О.* (мл.), *Розенфельд З.Б.* и др. Диагностика рака молочной железы с использованием фиксированных параметров термограмм // Хирургия. – № 5. – 1976. – С. 46–48.
5. *Стерлий Ю.Г.* Цифровые методы обработки термограмм й перспективы их дальнейшего развития. – С. 169–174.
6. *Вепхвадзе Р.Я.* й др. Машинная термодиагностика опухолевых процессов молочных желез. – С. 174–178: в кн. Тепловидение в медицине. – Ч. 2. – Ленинград. – 1990. – Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова.
7. *Булат Л.П., Гуцал Д.Д., Мяжета А.П., Чайнюк М.Е.* Полупроводниковые термозлектрические тепломтеры для медико-биологических исследований // Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции Тепловизионная медицинская аппаратура й практика ее применения. – Ленинград, октябрь 1988. – П224.
8. *Глухов Ю.Н., Кошелев В.Н., Перцов О.Л.* Сравнительные измерения температуры кожи неконтактными й контактными методами // Тезисы докладов Всесоюзной конференции Тепловизионная медицинская аппаратура й практика ее применения. – Фрунзе, апрель 1985. – 20Б.
9. *Карначев А.С., Белошченко В.А., Титиевский В.И.* Микролокальные сети. – Донецк: Норд компьютер. – 2000. – 199 с.

**БЛЮШЕНКО Віктор Олексійович** – доктор технічних наук, заступник директора по науці Донецького фізико-технічного інституту НАН України.

Наукові інтереси:

- фізика полімерів;
- обробка матеріалів тиском.

**ДОРОШЕВ Валентин Давидович** – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Донецького фізико-технічного інституту НАН України.

Наукові інтереси:

- мамологія;
- дослідження магнітних діелектриків.

**КАРНАЧОВ Олександр Сергійович** – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Донецького фізико-технічного інституту НАН України.

Наукові інтереси:

- мамологія;
- дослідження магнітних діелектриків.

**ЛАВРИНЕНКО Наталія Михайлівна** – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри загально-технічних дисциплін Донецького державного університету економіки і торгівлі.

Наукові інтереси:

- мамологія.

**ПРИХОДЧЕНКО Володимир Васильович** – кандидат медичних наук, заслужений лікар України, головний лікар міської лікарні № 2 “Енергетик”.

Наукові інтереси:

- мамологія.

**ПРИХОДЧЕНКО Олег Володимирович** – лікар-гінеколог міської лікарні № 2 “Енергетик”.

Наукові інтереси:

– мамологія.

Подано 11.11.2004

**Білошенко В.О., Дорошев В.Д., Карначов О.С., Лавриненко Н.М., Приходченко В.В., Приходченко О.В.** Цифровий контактний мамотермограф для ранньої діагностики захворювань молочної залози

**В.А. Білошенко, В.Д. Дорошев, А.С. Карначов, Н.М. Лавриненко, В.В. Приходченко, О.В. Приходченко** Цифровой контактный мамотермограф для ранней диагностики заболеваний молочной железы

УДК 004.94

**Цифровий контактний мамотермограф для ранньої діагностики захворювань молочної залози / В.О. Білошенко, В.Д. Дорошев, О.С. Карначов, Н.М. Лавриненко, В.В. Приходченко, О.В. Приходченко**

Описано прилад, що може бути використаний для мамографічного скринінга – регулярного профілактичного огляду молочних залоз жінок

УДК 004.94

**Цифровой контактный мамотермограф для ранней диагностики заболеваний молочной железы / В.А. Білошенко, В.Д. Дорошев, А.С. Карначов, Н.М. Лавриненко, В.В. Приходченко, О.В. Приходченко**

Описан прибор, который может быть использован для мамографического скрининга - регулярного профилактического осмотра молочных желез женщин

УДК 004.94

83114, Донецьк, вул. Р.Люксембург, 72,  
Донецький фізико-технічний інститут НАН України  
Телефон: (0622)510723  
E-mail: karma@dpms.fti.ac.donetsk.ua