

УДК 621.396

А.С Павлова

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Российский новый университет

В статье рассматривается подход для диагностики рака молочной железы, на основе микроволнового тестирования. Электромагнитное излучение падает на молочную железу из прямоугольного волновода. По разнице между откликом от здоровых тканей и злокачественной опухоли можно обнаружить ее присутствие.

Ключевые слова: диагностика, рассеяние волн, молочная железа.

Высокая актуальность проведения анализа заболеваний молочных желез связана с тем, что можно наблюдать высокую частоту появления для популяций доброкачественных заболеваний в молочных железах, но при этом существует постоянный рост патологий.

Вследствие того, что существуют большие сложности канцерогенеза, а также проблемы ранней диагностики рака молочной железы, то необходимо решать задачи первостепенной важности - проведения выбора по оптимальному варианту лечения рака молочной железы для всех обратившихся больных.

Конечно, это можно считать трудной задачей, поскольку при проведении этапов лечения рака молочной железы используют все современные онкологические способы: хирургические, лучевые, цитостатической, гормональные, иммунологические и разные способы, касающиеся коррекции функционирования отдельных органов и систем.

В настоящее время идет активное внедрение методов научных исследований в медицинскую диагностику [1-9], в том числе, многие методы используют физические эффекты отражения электромагнитных волн на неоднородностях. С использованием этих эффектов можно осуществлять раннюю диагностику рака молочной железы.

Рак молочной железы, представляет собой одну из самую частых форм рака, и он является главной причиной смертельных случаев от рака у женщин по всему миру [10].

Уменьшение числа смертей для сложных случаев при раке может быть сделано возможным, если раковые образования будут диагностированы на ранних этапах и будет соответствующее их эффективное лечение.

Таким образом, роль онкологического обследования стала все более и более важной компонентой с точки зрения требований достижения эффективных диагностических мер, особенно это касается неразрушающей диагностики рака.

Маммография при диагностике рака молочной железы требует, чтобы на основе медицинских экспертных знания происходило точное диагностирование присутствия опухолей. Число раковых образований, найденных с одной только маммографией, намного меньше, чем найденные с маммографией и с медицинским осмотром [11, 12].

Большое число ложных диагнозов приводят к повышению расходов в области здравоохранения, ненужным медицинским процедурам, и значительному беспокойству со стороны пациентов. Другие проблемы также связаны с дискомфортом вследствие сжатия груди, а также пациенты подвергаются действию радиации. Поэтому существуют потребность в развитии методов, связанных с надежной диагностикой рака молочной железы.

Диагностика рака, с использованием микроволнового рассеивания и отражения относительно недавно получила значительное распространение. Такой метод является привлекательным, поскольку они являются неразрушающими и более дешевыми и менее тяжелыми, чем другие методы, такие как магнитно-резонансная томография [13].

Метод обнаружения основан на том, что есть различие в электрических свойствах между здоровой тканью и злокачественными опухолями.

Основные методы отображения, которые могут быть использованы в рамках такого подхода, используют сверхширокополосные сигналы [14] и микроволновую томографию.

Необходимо понимать, что среда ткани характеризуется дисперсионной частотой, при этом излученный ультраширокополосный импульс и принятый импульс заметным образом отличаются друг от друга.

Кроме того, вследствие сложности задачи, большинство исследований, проводимых на радаре связаны с двумерным анализом, не всегда используют трехмерные модели отображения.

Нами использовалась следующая модель для волновода, из которого идет электромагнитное излучение [15].

Открытый волновод прямоугольного сечения имеет размеры a на b и длину L . Пусть на апертуру такого волновода идет падение плоской волны:

$$\vec{E}^1(\vec{r}) = (\vec{\theta}^1 I_1 + \vec{\varphi}^1 I_\varphi) \exp(+jk^1 \vec{r}) \quad (1)$$

где $\vec{k}^1 = k[(\vec{x} \cos \varphi^1 + \vec{y} \sin \varphi^1) \sin \theta^1 + \vec{z} \cos \theta^1]$ – представляет собой волновой вектор падающей волны, а $k = 2\pi/\lambda$ – это постоянная распространения в свободном пространстве.

Геометрия открытого прямоугольного волновода изображена на рис.1. Мы определяем поле рассеяния в дальней зоне для $z > 0$ таким образом:

$$\vec{E}^s(\mathbf{r}) = \left[\frac{\exp(-jkr)}{r} \right] (\vec{\theta}S_\theta + \vec{\phi}S_\phi), \quad kr \rightarrow \infty \quad (2)$$

Где

$$\begin{bmatrix} S_\theta \\ S_\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{\theta\theta} & S_{\theta\phi} \\ S_{\phi\theta} & S_{\phi\phi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\theta \\ I_\phi \end{bmatrix} \quad (3)$$

$\mathbf{r} = (r, \theta, \phi)$ – радиус-вектор точки наблюдения, а амплитуды (I_ϕ, I_θ) соответствуют E и H – поляризациям рассеянной электромагнитной волны (TE, TM).

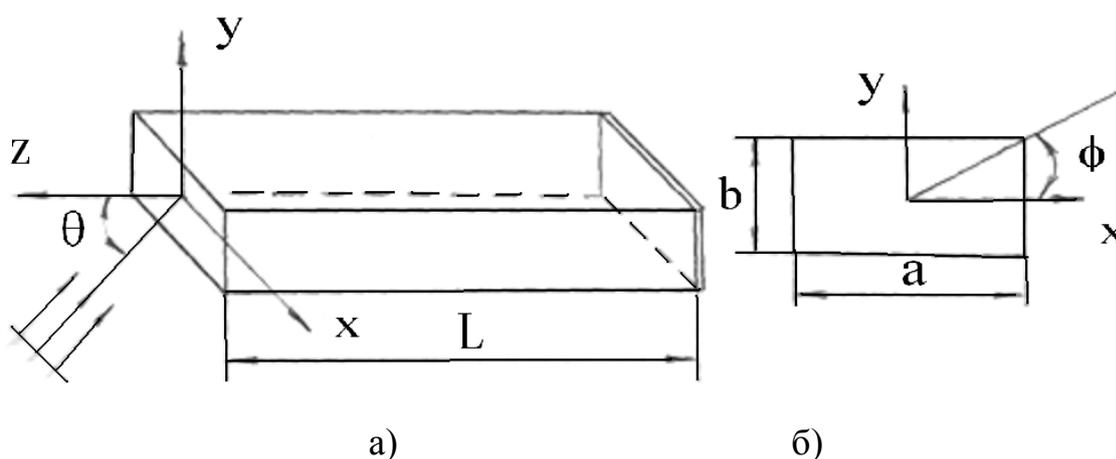


Рисунок 1 - Рассеяние электромагнитных волн на открытом прямоугольном волноводе.

Указанную задачу можно решать в два этапа [16-20]:

1. Вычислить электромагнитное поле, которое излучается из внутренней области волновода.
2. На базе принципа взаимности определить амплитуды (S_θ, S_ϕ) по рассеянной электромагнитной волне.

Когда идет облучение рассматриваемого волновода, электромагнитной плоской волной (1), то тогда тангенциальные составляющие по возбуждаемым электрическим и магнитным полям на апертуре волновода ($z = 0$) можно представить как разложение по модам прямоугольного волновода с рассмотрением составляющих модальных коэффициентов.

Следует понимать, что модальные коэффициенты $\{\vec{C}_{mn}, \vec{D}_{mn}\}$ мы относим к TM – модам, а $\{C_{mn}, D_{mn}\}$ к TE – модам. Также модальные коэффициенты $\{C_{mn}, \vec{C}_{mn}\}$ соответствует модам, которые входят в направлении (+Z), а $\{D_{mn}, \vec{D}_{mn}\}$ – модам, входящим по направлению (-Z).

Для первого этапа поле излучения, связанное с выходящими модами, может быть вычислено на базе приближения Стреттона-Чу.

В волноводе поперечная электромагнитная волна распространяться не может. Действительно, магнитное поле существует только внутри волновода, стенки которого являются экраном для электромагнитного поля высокой частоты.

Поэтому магнитное поле в волноводе не может охватывать проводник с током, так как нет внутреннего провода, а оно должно охватывать продольное электрическое поле.

Но поперечная электромагнитная волна не содержит продольного электрического поля. Если же предположить, что электрическое поле в волноводе поперечное, то оно должно охватываться замкнутыми магнитными силовыми линиями, которые будут лежать в продольных плоскостях. Однако у поперечной волны не может быть продольного магнитного поля.

Физический смысл отражения волн от проводника заключается в том, что падающая волна создает в поверхностном слое проводника токи, которые, в свою очередь, дают излучение новых электромагнитных волн, т.е. отраженных волн [21-25].

Если проводник идеальный, то возникшие токи совершенно не расходуют энергию на его нагрев и энергия отраженной волны равна энергии падающей волны.

Практически каждый проводник не является идеальным, в нем происходит некоторая потеря энергии на нагревание, и энергия у отраженной волны всегда несколько меньше, чем у падающей.

Поле, рассеянное на молочной железе, рассчитывается в рамках приближения Ми [26].

Результаты исследований могут быть визуализированы с использованием соответствующих методов [27-30].

На рис. 2 приведен пример различия в коэффициентах отражения на неоднородности с радиусом 2 мм и диэлектрической проницаемостью $\epsilon=5.2$ для частоты облучающего импульса 0.5 нс.

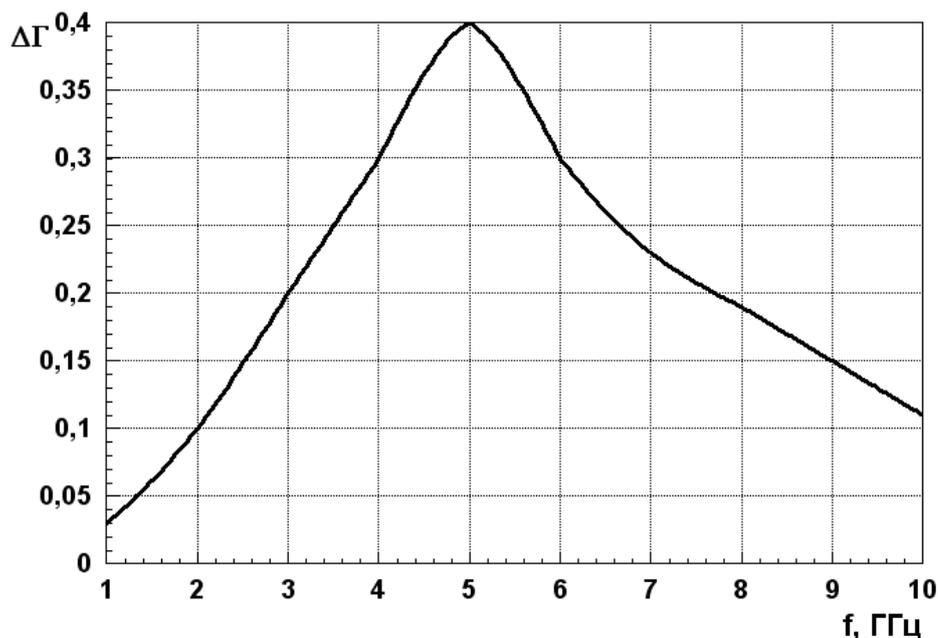


Рис 2. Пример различия в коэффициентах отражения

Вывод. В работе рассмотрена возможность моделирования рассеяния электромагнитных волн на молочной железе для решения практической задачи диагноза раковых заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский Ю.П., Преображенская Н.С. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
2. Зяблов Е.Л., Преображенский Ю.П. Разработка лингвистических средств интеллектуальной поддержки на основе имитационно-семантического моделирования / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 024-026.
3. Брежнева Н.А., Преображенский Ю.П., Чуриков В.Н., Щербаков С.Я. Моделирование взаимосвязи социально-экономических критериев и характеристик деятельности ЛПУ / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 9. С. 177-181.
4. Преображенский Ю.П., Шаталов М.М. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
5. Чопоров О.Н., Чупеев А.Н., Брегеда С.Ю. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом

- моделировании / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 9. С. 92-94.
6. Бугакова Е.Н., Клименко Г.Я., Чопоров О.Н. Анализ медико-социальных факторов риска развития аллергических дерматитов / Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 3. С. 795-798.
 7. Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования / Диссертация, Воронеж, 2001, 337 с.
 8. Чопоров О.Н., Разинкин К.А. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / Системы управления и информационные технологии. 2011. Т. 46. № 4.1. С. 185-187.
 9. Махер Х.А., Наумов Н.В., Клименко Г.Я., Чопоров О.Н. Разработка и использование моделей для прогнозирования качества жизни беременных по их медико-социальным характеристикам / Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т. 10. № 4. С. 789-793.
 10. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения России и стран СНГ в 2007 г. // Вестник РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН. - 2009.- т. 20. - № 3 (прил.1). - С. 45-77.
 11. Уве Фишер, Фридеманн Баум Маммография: 100 клинических случаев / ; Пер. с англ. ; Под общ. ред. проф. Н.В.Заболотской. - М. : МЕДпресс-информ, 2009. - 368 с.
 12. Попов С.С., Редькин А.Н., Вартамян К.Ф., Банов С.М., Преображенский Ю.П. Прогностические возможности маммосцинтиграфии с ^{99m}Tc-технетрилом в оценке показаний для проведения лимфодиссекции при раке молочной железы / Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2011. Т. IV. № 2. С. 294-297.
 13. Аляев Ю.Г., Синицын В.Е., Григорьев Н.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике урологических заболеваний. М.: Практическая медицина, 2005.
 14. Мусатова М.М., Черниховская Г.Л. Анализ модели сверхширокополосного сигнала с линейной частотной модуляцией. Материалы международной научной конференции "Проблемы развития естественных, технических и социальных систем" - ч.3- Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2007, с.54-60.
 15. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach. / H.Ling // IEEE Trans. Antennas Propagat., 1990, vol. AP-38, no. 9. - Pp. 1413-1420.
 16. Львович И.Я., Преображенский А.П., Филипова В.Н. Построение подсистемы для анализа характеристик металлodieлектрических антенн

- на основе строгого электродинамического подхода / Глобальный научный потенциал. 2014. № 9 (42). С. 123-126.
17. Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.
 18. Преображенский А.П. О возможности построения объектов с заданными требованиями на характеристики рассеяния / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 38-39.
 19. Преображенский А.П. О применении комбинированных подходов для оценки характеристик рассеяния объектов / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 69-70.
 20. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 255-256.
 21. Шутов Г.В. Оценка возможности применения приближенной модели при оценке средних характеристик рассеяния электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 61-67.
 22. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
 23. Баранов А.В. Некоторые особенности лучевых методов расчета характеристик распространения электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 9-13.
 24. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
 25. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20-26.
 26. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами. М.: Мир, 1971. 303 с.
 27. Кучуганов А.В. Методология анализа графической информации в системах поддержки принятия решений // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2. С. 112-115.
 28. Пузыревский И.В. Статистический анализ интенсивности излучения миниатюрных криптоновых ламп // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 4. С. 6-9.
 29. Курейчик В.В., Бова В.В., Курейчик В.В. Комбинированный поиск при проектировании // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2. С. 90-94.

30. Посягин А.И. , Южаков А.А. Обзор двухслойной нейронной сети в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2. С. 122-124.

A.S. Pavlova

**MODELLING OF DISPERSION OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON
THE MAMMARY GLAND FOR DIAGNOSTICS
CANCER DISEASES**

Russian new university

In the paper the approach for diagnosis of a breast cancer, on the basis of microwave testing is considered. The electromagnetic radiation falls on a mammary gland from a rectangular wave guide. On a difference between a response from healthy fabrics and a malignant tumor it is possible to find its presence.

Keywords: diagnostics, dispersion of waves, mammary gland.