

**Беспроводная радиочастотная квадратурная приемо-передающая катушка  
для улучшения визуализации запястья на 1.5 Тл МРТ.**

Дзись-Вонаровский К.Ф.<sup>1</sup>, Пучнин В.М.<sup>2</sup>

*1 ГБОУ СОШ №18, Санкт-Петербург. Россия*

*2 Университет ИТМО, Санкт-Петербург. Россия*

**Аннотация**

В данной работе впервые продемонстрирована локальная квадратурная беспроводная радиочастотная катушка на основе метаматериалов для улучшения визуализации запястья на 1.5 Тл магнитно-резонансных системах. За счет электромагнитной связи с приемо-передающей катушкой типа “птичья клетка”, встроенной в томограф она фокусирует вращающееся поперечное радиочастотное магнитное поле в своем объеме. Предлагаемая конструкция позволяет добиться повышения эффективности более чем в 2 раза, по сравнению с линейно поляризованными аналогами.

**Введение**

Магнитно-резонансная томография (МРТ) на сегодняшний день является одним из лучших современных методов сканирования. Он позволяет получить детализированные снимки области интереса, что помогает с высокой точностью поставить диагноз. Для передачи сигнала обычно используют квадратурную радиочастотную (РЧ) катушку типа “птичья клетка”, которая расположена в корпусе томографа. Она позволяет создать однородное поперечное РЧ магнитное поле в своем объеме, однако из-за больших размеров она обладает низкой чувствительностью на прием. Поэтому в клиниках для приема сигнала используют проводные локальные РЧ катушки, которые располагаются вблизи области интереса и повышают получаемый сигнал.

В качестве альтернативы было предложено использование беспроводных устройств на основе метаматериалов [1234]. Такие устройства электромагнитно связываются с катушкой типа “птичья клетка” и фокусируют поперечное РЧ магнитное поле вблизи своего расположения. Это позволяет повысить качество получаемых изображений, а также уменьшить подаваемую мощность в томограф, что повышает радиочастотную безопасность.

В работах [234] были продемонстрированы устройства на основе объемных резонаторов, настроенных на резонансную моду, имеющую линейную поляризацию РЧ магнитного поля. Однако такой тип поляризации является неоптимальным для применения в МРТ, поэтому недавно была предложена концепция повышения эффективности таких структур, путем добавления дополнительных резонаторов [5]. Комбинированное устройство имеет квадратурную поляризацию магнитного поля, что позволяет повысить эффект фокусировки поперечного РЧ магнитного поля примерно в 2 раза. В данной работе мы показываем применения метода, описанного в [5], для оптимизации структуры на основе метасолоноида [6], разработанного для улучшения визуализации кисти человека на 1.5Тл МРТ системах [2].

Таким образом, **целью научной работы** является оптимизация резонансной структуры для кисти человека, для получения квадратурной поляризации РЧ магнитного поля. В соответствии с заявленной целью, ставятся следующие **задачи**: исследовать методы численного моделирования и расчета резонансных структур; разработать модель резонатора, поддерживающего  $H_x$  компоненту поперечного РЧ магнитного поля, резонатора, поддерживающего  $H_y$  компоненту, и комбинированную структуру, поддерживающую обе компоненты; исследовать влияние резонаторов на распределения ближнего электромагнитного поля в области интереса приемо-передающей РЧ катушки типа “птичья клетка” нагруженной однородным фантомом, имитирующим размеры и электрические свойства человека; провести аналитику полученных результатов, путем сравнения повышения эффективности передачи разных структур.

## Основная часть

Численное исследование проводилось в программном пакете CST Studio Suite 2020. Были смоделированы беспроводные катушки на основе метаматериалов следующих типов: массив разомкнутых кольцевых резонаторов (метасоленоид), резонатор Гельмгольца, а также их комбинация. Особенностью двух первых типов является линейная поляризация магнитного поля, получаемая при настройке резонаторов на фундаментальную резонансную моду. При их комбинировании резонаторы располагались так, чтобы их поляризации были ортогональны друг другу. Это позволяет как уменьшить электромагнитную связь между ними, так и получить квадратурную поляризацию во внутреннем объеме устройства. Все рассматриваемые катушки настраивались на рабочую частоту 1.5Тл МРТ – 63.68 МГц.

На следующем этапе для возбуждения использовалась катушка типа “птичья клетка”, нагруженная однородным фантомом, имитирующим тело человека с согнутой рукой. Катушка была настроена и согласована на 63.68 МГц. Далее в нее помещались беспроводные катушки вокруг части фантома, имитирующего руку. Для всех случаев сравнивалась среднеквадратичная амплитуда поперечного РЧ магнитного поля внутри этой части. В результате было получено, что линейно поляризованная катушка повышает амплитуду поля в 1.8 раз, тогда как квадратурная катушка в 4.8 раз.

## Вывод

Таким образом можно сделать вывод, что использование квадратурной катушки в 2.5 раз эффективнее, чем использование линейно поляризованной, при одинаковых размерах резонансного устройства. Предложенный метод поможет как дальнейшему развитию беспроводных катушек для МРТ, так и расширить диагностические возможности этого метода в целом.

## Используемая литература:

1. Alexey Slobozhanyuk et al 2016 Adv.Mat. 28 1832-1838
2. Alena Shchelokova et al 2017 Magn. Reson. Med. 80 1726-1737
3. Shchelokova A et al 2020 Nat Commun. 11 3840
4. Puchnin V et al 2021 J. Magn. Reson. 322 106877
5. Viktor Puchnin et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2015 012116
6. Maslovski S et al 2005 Prog. Electromagn. Res. 54 61-68
7. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/deti09\\_rus.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/deti09_rus.pdf)

Научный руководитель

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
подпись / расшифровка

Автор

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
подпись / расшифровка