

# Разработка цилиндрического типа для приема ЯМР сигнала в низко полевым малогабаритном томографе с полем 0.4 Тл

Баязитов А.А.<sup>а</sup>, Фаттахов Я.В.<sup>а</sup>, Фахрутдинов А.Р.<sup>а</sup>, Шагалов В.А.<sup>а</sup>, Абдулганиева Д.И.<sup>б</sup>, Шакиров И.К.<sup>в</sup>, Даутов О.Ш.<sup>в</sup>

Работа выполнена в лаборатория методов медицинской физики

<sup>а</sup> Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ Казанский научный центр РАН Россия, 420029, Казань, Сибирский тракт, 10/7.

<sup>б</sup> Казанский государственный медицинский университет, 420012, ПФО, г.Казань, ул. Бутлерова, 49

<sup>в</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет – КАИ им. А. Н. Туполева, 420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 10  
e-mail: bayazitov.alfis@kfti.knc.ru

## Введение

В данной работе представлены результаты исследования и разработки приемно-передающего датчика для специализированного малогабаритного томографа с полем 0.4 Тл. Размер рабочей области магнита 206 мм. Система состоит из Экрана, передающего и приемного контура.

Основное задачи работы:

- Оптимизация однородности поля методом перебора положений витков в процессе моделирования.
- Решение проблемы связанной с уменьшением добротности приемного контура при помещении его в рабочую область магнита. (Таблица 1, рис.2).
- Уменьшение связи между близко расположенных приемного и передающего контура. (рис.4)

На рис.2 приведены расчета приемного контура с Экраном и без экрана. 1 – распределение компоненты поля  $H_x$  вдоль оси  $X$  по центру катушки, 2 – распределение компоненты поля  $H_x$  вдоль оси  $X$  со сдвигом по оси  $Z$  на 50 мм.

- В таблице 1 представлены результаты измерения добротности приемного контура.
- Важной характеристикой датчика является сохранение его резонансной частоты при внесении в него исследуемого объекта – кисти руки. Измерения показали, что для экранированного датчика, помещенного в магнит, уход резонансной частоты составляет 7 кГц: с 17.626 МГц до 17.619 МГц. Такая перестройка частоты контура при помещении объекта в рабочую область датчика происходит за счет внесения дополнительной паразитной емкости в контур, что вполне приемлемо и может быть оперативно скомпенсировано с помощью соответствующих аппаратных средств томографа.
- Для принятого нами условия отклонения амплитуды сигнала не более чем на 10%, размер области однородности для кривой 1 на рис. 3, составляет 105 мм, а для кривой 2 – 155 мм

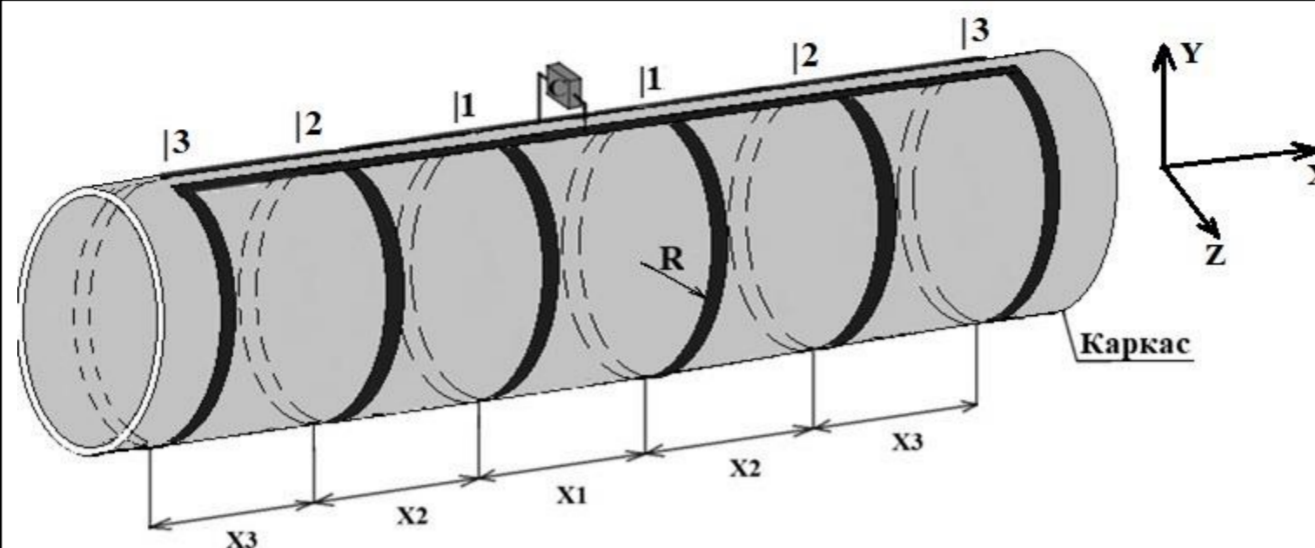


Рис. 1. Схематичный вид цилиндрической катушки приемного контура датчика с параллельно включенными шестью витками. Номера 1, 2, 3 обозначены Симметричные витки,  $X_1, X_2, X_3$  – расстояния между центрами соответствующих витков.

## Оценка однородности поля

Область интереса, в которой оценивается среднеквадратичное отклонение, нормированное на среднее значение поля (формула 1).

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}; (1)$$

Область однородности считается на уровне отклонения амплитуды сигнала от максимума на 10 %.

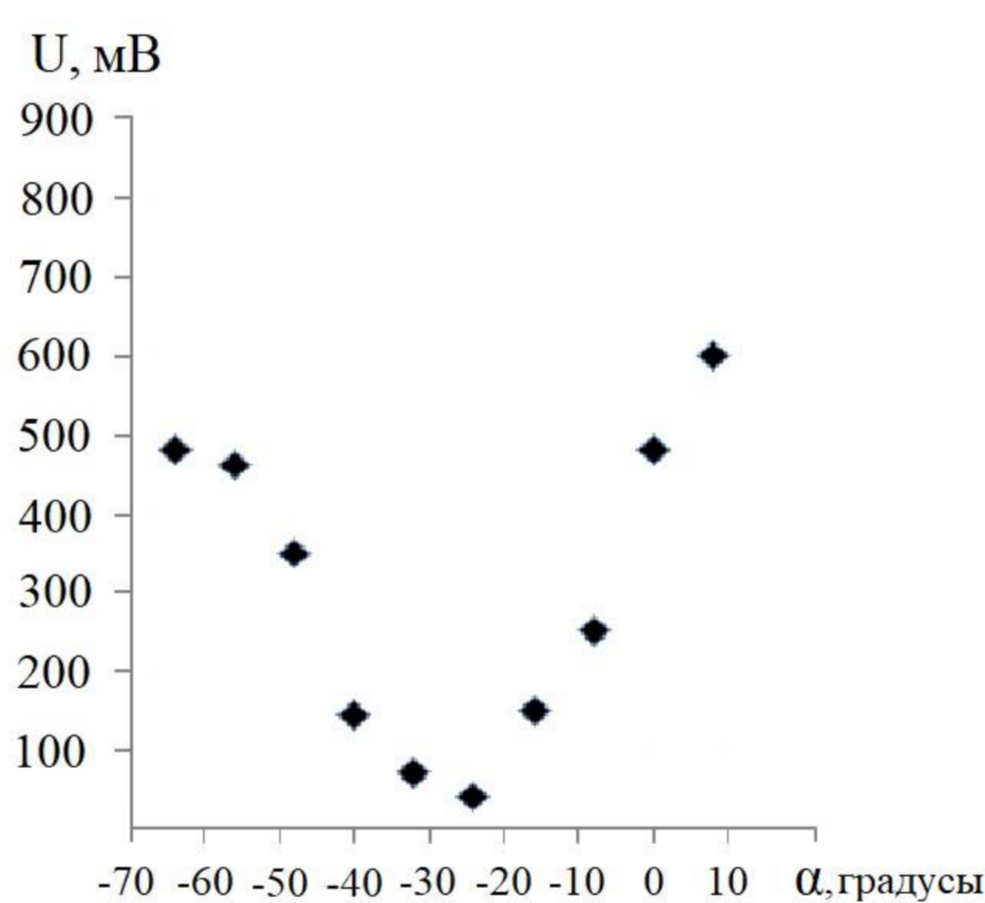


Рис. 4. Развязка приемного и передающего контуров путем вращения внешней (передающей) катушки относительно внутренней (приемной) на угол  $\alpha$ . За условные  $0^\circ$  оси  $X$  выбрано положение контуров, при котором совпадают их контактные линии.

- Одной из причин возникновения паразитной связи между передающей и приемной катушек является наличие подводов: мест подключения конденсаторов и кабелей, вносящих асимметрию в систему двух катушек. Другой причиной может быть некоторое несовпадение осей каркасов, на которых размещены указанные катушки. Эту паразитную связь можно минимизировать путем вращения внешней (передающей) катушки относительно внутренней (приемной) на небольшие углы (рис. 4).

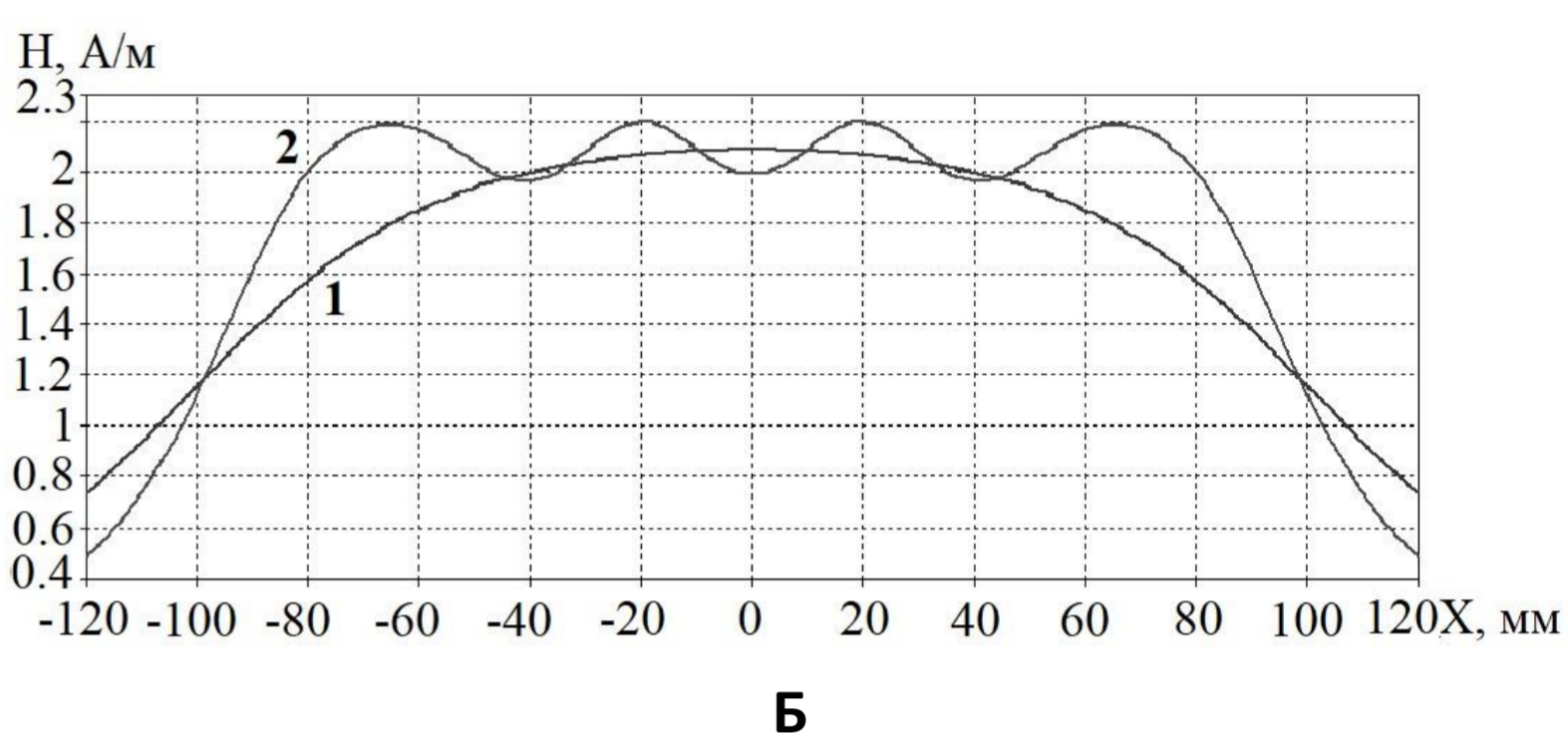
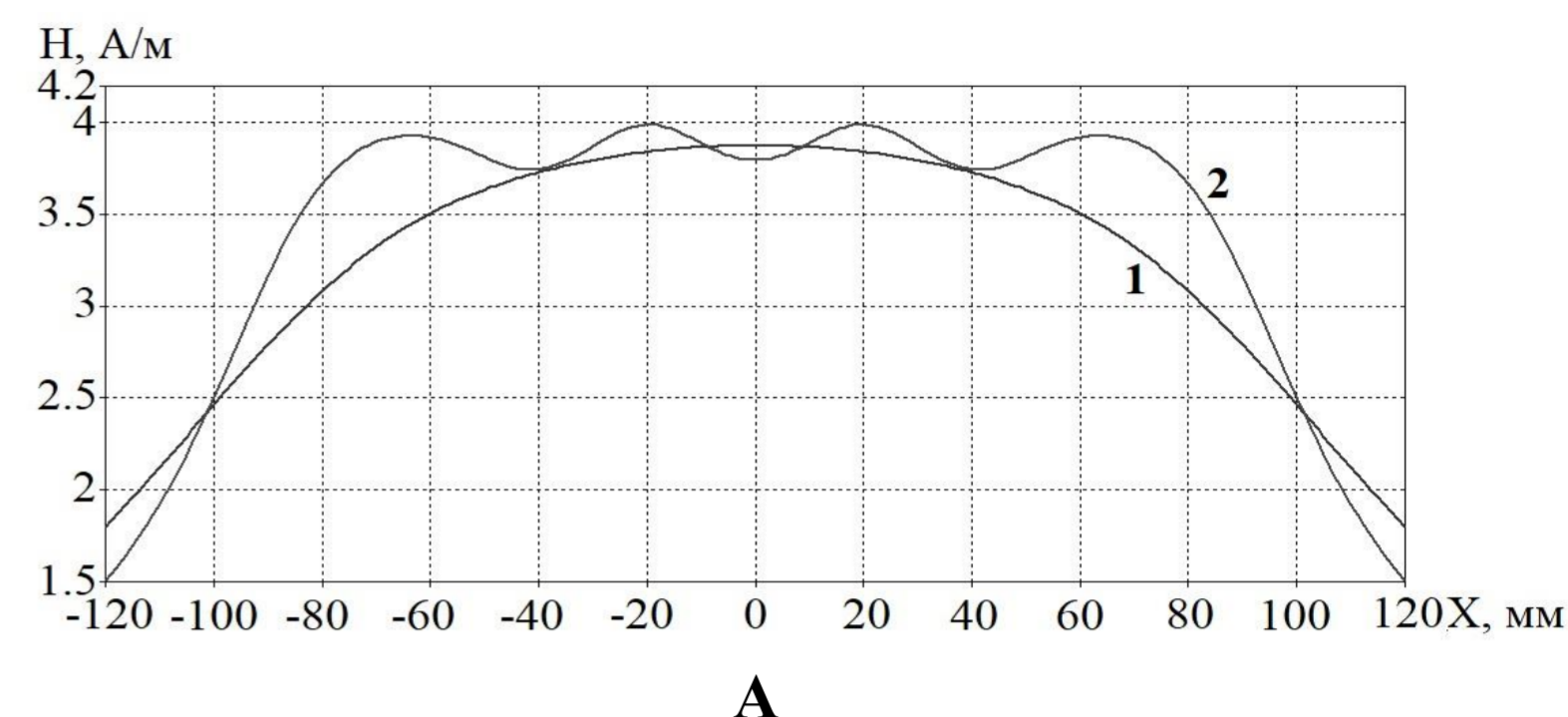


Рис.2 Расчет пространственного распределения поля для цилиндрической катушки (а – без экрана; б – с экраном): 1 – распределение компоненты поля  $H_x$  вдоль оси  $X$  по центру катушки, 2 – распределение компоненты поля  $H_x$  вдоль оси  $X$  со сдвигом по оси  $Z$  на 50 мм.

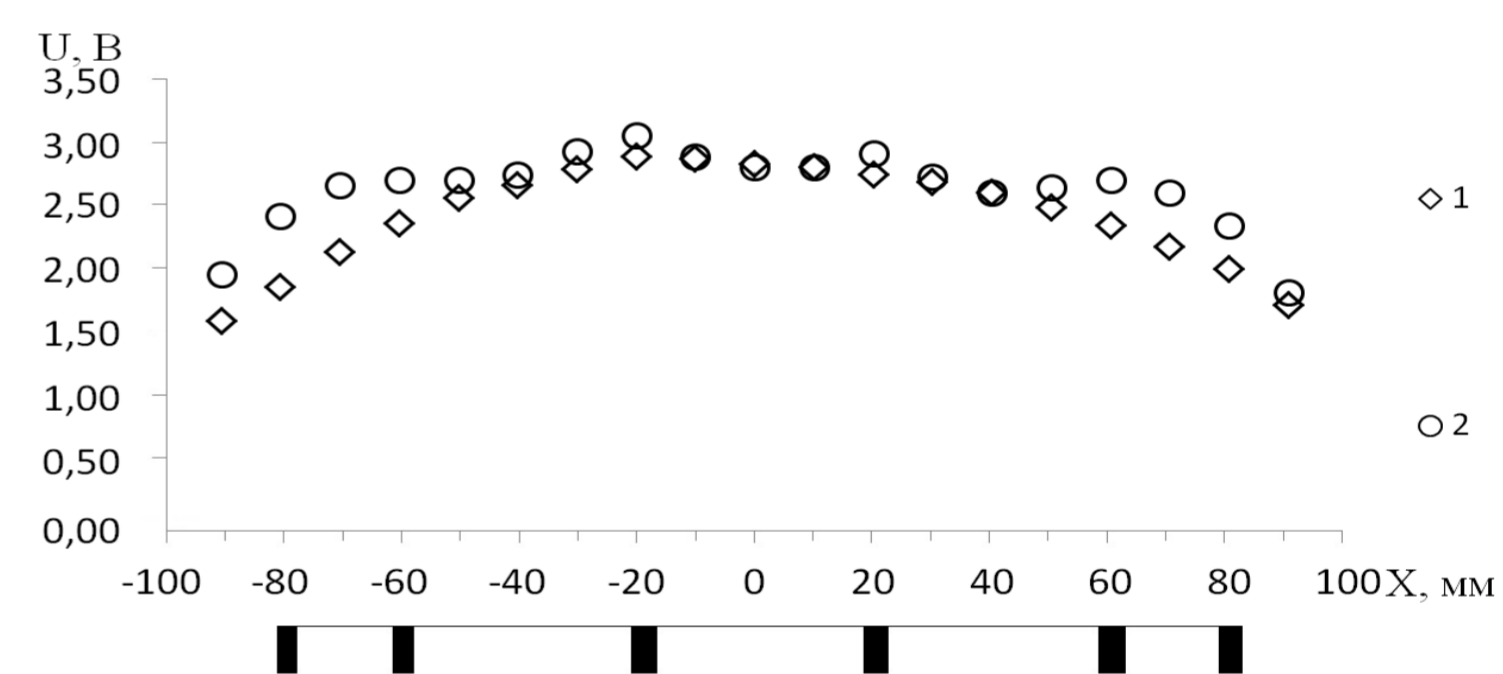


Рис. 3. Измеренное пространственное распределение радиочастотного сигнала внутри катушки экспериментального образца датчика: 1 – распределение  $X$ -компоненты сигнала вдоль оси  $X$  по центру катушки, 2 – распределение  $X$ -компоненты сигнала вдоль оси  $X$  со сдвигом по оси  $Z$  на 50 мм. В нижней части рисунка изображены положения центров витков датчика.

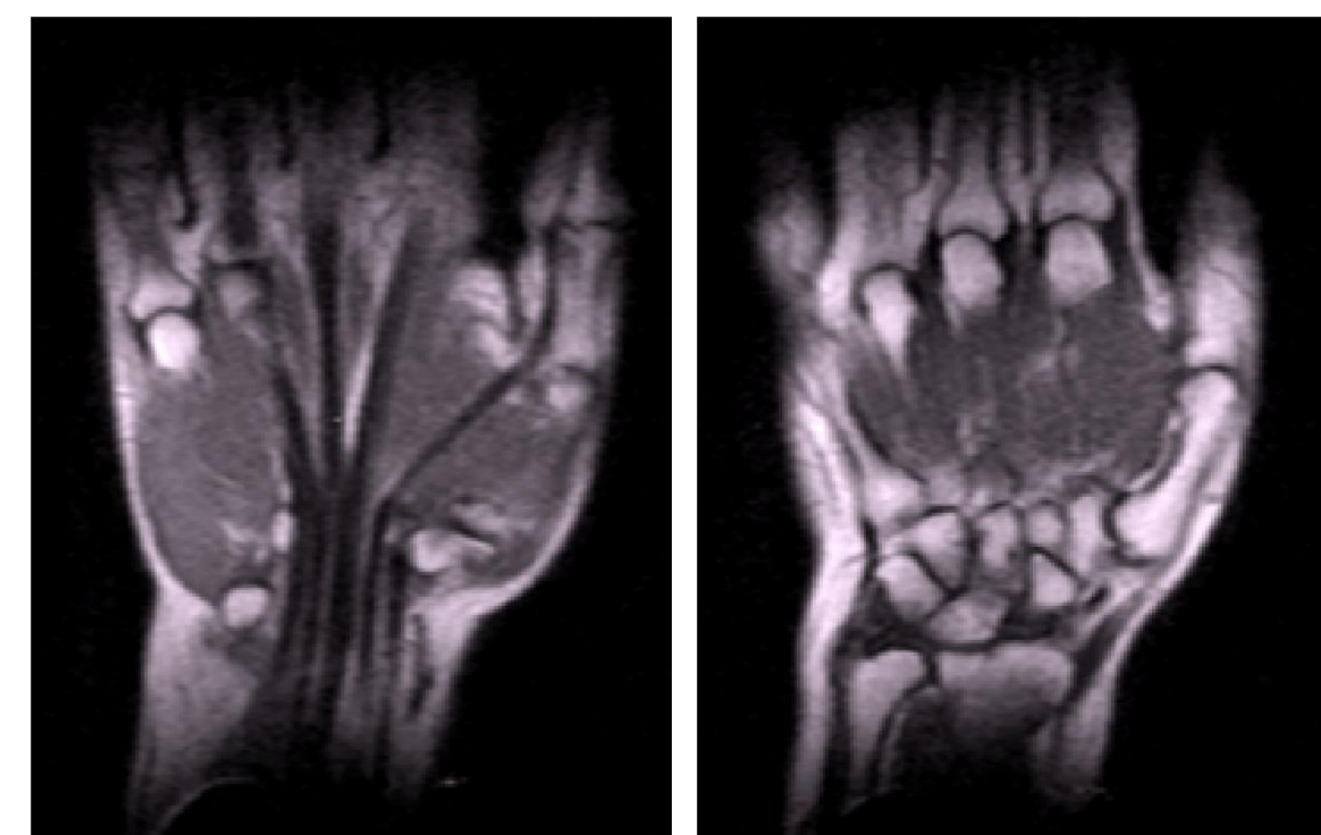


Рис. 5. Томограммы кисти руки в коронарном сечении в режиме T1-взвешенных изображений (а – срединный срез, б – срез ближе к ладони). Время повтора TR = 500 мс, время образования эха TE = 20 мс, толщина среза 5 мм.

Таблица 1. Влияние магнита на добротность датчика без экрана и в присутствии экрана. (объект – это реальная кисть руки человека)

Датчик	Датчик вне магнита		Датчик в магните	
	Без объекта	С объектом	Без объекта	С объектом
Датчик без экрана	344	204	73	65
Датчик с экраном	167	156	157	147

## Заключение

- В ходе работы была рассчитана конфигурация приемной катушки датчика для магнитно-резонансного томографа. Моделирование было проведено как для свободного контура, так и для контура в присутствии электромагнитного экрана. Показано, что наличие экрана не уменьшает размеры области однородного сигнала, определенной нами на уровне изменений амплитуды в 10%.
- По результатам расчетов был изготовлен экспериментальный образец датчика и изучены его характеристики. Получено хорошее соответствие между расчетным и экспериментально измеренным пространственным распределением поля внутри катушки приемного датчика.
- Показано позитивное влияние электромагнитного экрана на такие параметры датчика, как добротность и изменение резонансной частоты контура при помещении внутрь катушки объекта исследований.
- С помощью макета датчика получены томограммы на специализированном магнитно-резонансном томографе с индукцией магнитного поля 0.4 Тл и отмечено их высокое качество для проведения диагностических мероприятий.