

$$w_{(i)} = \left[C_5 I_0(r\gamma^+) + C_6 K_0(\gamma^+) + C_7 J_0(r\gamma^-) + C_8 Y_0(r\gamma^-) \right] \times \\ \times (A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)) + C_{9(I,II)} + C_{10(I,II)} r^2 + C_{11(I,II)} \ln r + C_{12(I,II)} r^2 \ln r + \\ + D \int \frac{1}{r} \int r \int \frac{1}{r} \int (rq) dr dr dr dr.$$

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении».

Литература

1. Маркова, М. В. Постановка начально-краевой задачи об осесимметричных колебаниях круговой трёхслойной пластины переменной толщины / М. В. Маркова, Д. В. Леоненко // Теоретическая и прикладная механика : междунар. науч.-техн. сб. – Минск, 2021. – Вып. 36. – С. 3–10.
2. Новацкий, В. Теория упругости / В. Новацкий. – Москва : Мир, 1975. – 872 с.
3. Араманович, И. Г. Уравнения математической физики / И. Г. Араманович, В. И. Левин. – Москва : Наука, 1969. – 288 с.
4. Маркова, М. В. Инерционная математическая модель динамического деформирования круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естественные науки. – 2021. – № 6(129). – С. 164–170.

И. С. Михалко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **И. В. Семченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИЛ В СЕЧЕНИЯХ ДВОЙНОЙ ДНК-ПОДОБНОЙ СПИРАЛИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РЕЗОНАНСЕ

В изучении взаимодействия двойной ДНК-подобной спирали с электромагнитным полем немалый интерес вызывают силы, возникающие в двух ветвях спирали под воздействием внешних полей, обусловленные распределением токов и зарядов вдоль спиральных линий. Силы, возникающие в ветвях очень длинной спирали, рассмот-

рены, в частности, в работе [1]. В работе [2] приводятся найденные соотношения для силы и момента, действующих на бесконечную (очень длинную) ДНК-подобную спираль. При этом рассматривался низкочастотный резонанс, при котором полная длина спиральной нити приблизительно равна половине длины волны электромагнитного поля.

В данной статье рассмотрены силы, возникающие на участке спирали, где находится пучность заряда, т.е. максимум электрического заряда и минимум тока, для другой, более высокой резонансной частоты возбуждения, при которой длина волны электромагнитного поля приблизительно равна длине витка спирали.

Ранее, на основе одной из теоретических моделей были выведены соотношения для компонент сил в центре очень длинной спирали, в которых в качестве переменных величин выступают как угол подъёма спирали, так и частота волны.

В данной работе мы используем результаты, полученные при компьютерном моделировании в программе Ansys Electronics Desktop.

Рассмотрим 2,5-витковую двойную ДНК-подобную спираль со следующими параметрами: шаг спирали $h = 3,4$ мм, угол подъёма спирали $\alpha = 28,4^\circ$ градусов, радиус спирали $r = 1$ мм. На длине спирали уместится нечетное число полувитков, в данном случае 5; резонансная частота, при которой длина волны равна длине витка, составляет примерно 42 ГГц.

Модель спирали показана на рисунке 1.

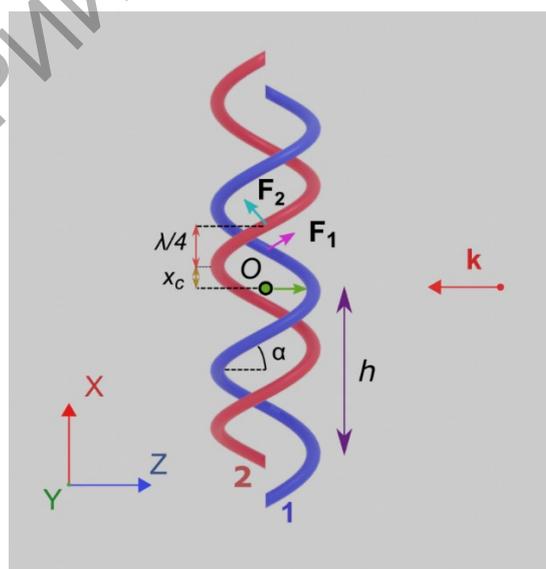


Рисунок 1 – Модель 2,5-витковой ДНК-подобной спирали в поле падающей электромагнитной волны с волновым вектором \mathbf{k}

При условии, что длина волны падающего излучения равна длине одного витка спирали, участки с наибольшей плотностью электрического заряда будут находиться на расстоянии $\pm \lambda/4$ от центра спирали. Рассмотрим результаты моделирования для компонент сил в сечениях спирали на расстоянии $+\lambda/4$ от центра спирали.

Общая тенденция такова, что по абсолютной величине силы убывают с увеличением частоты. На частоте около 42 ГГц на всех графиках наблюдается самый слабый резонанс из рассматриваемых. Также наблюдаются резонансы на других частотах, из которых самый заметный примерно на частоте около 10 ГГц, особенно для компоненты Y, это так называемый полуволновой резонанс, когда на всей длине спирали уместается приблизительно половина длины волны. Если частота волны равна 26 ГГц, то на всей длине спирали укладывается приблизительно 3 полуволны, что также приводит к резонансному взаимодействию нитей.

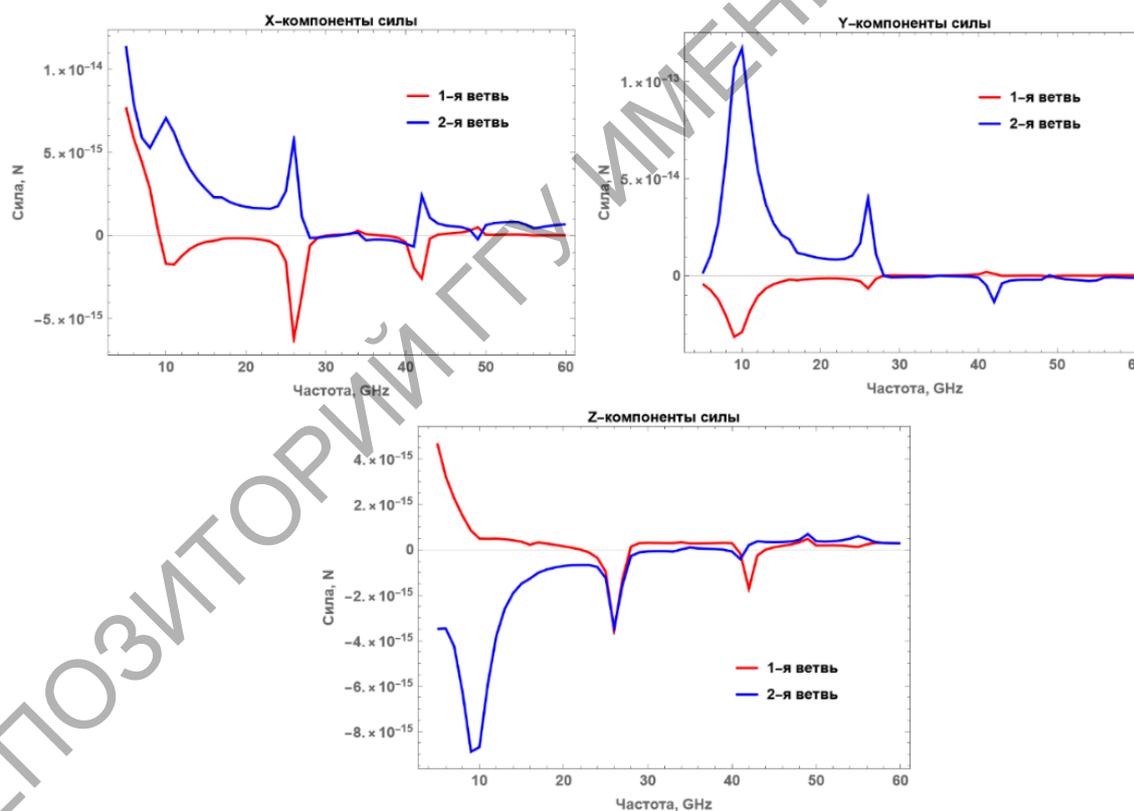


Рисунок 2 – Компоненты сил, возникающих в ветвях спирали в местах максимума электрического заряда

На графиках достаточно хорошо представлены все резонансные частоты. Графики для X-компонент сил показывают, что на всех ре-

зонансных частотах (10, 26 и 42 ГГц) имеет место отталкивание двух нитей вдоль оси двойной спирали. Из графиков для Y-компонент сил, в свою очередь, следует, что для частот 10 и 26 ГГц имеет место взаимное радиальное отталкивание двух нитей, а для частоты 42 ГГц возникает относительно слабое взаимное радиальное притяжение двух спиралей. Графики для Z-компонент сил показывают, что для всех резонансных частот (10, 26 и 42 ГГц) существует сила давления электромагнитной волны на двойную спираль как целое.

Литература

1. Optical Forces Acting on a Double DNA-Like Helix, Its Unwinding and Strands Rupture / I. Semchenko, S. Khakhomov, S. Tretyakov, A. Balmakou, I. Faniaeu, I. Mikhalka // Photonics. – 2020. – vol. 7. <https://doi.org/10.3390/photonics7040083>.
2. Interaction forces of electric currents and charges in a double DNA-like helix and its equilibrium / I. V. Semchenko, S. A. Khakhomov, A. P. Balmakou and I. S. Mikhalka // Proc. Metamaterials' 2018, p.281-283, Espoo, Finland, Aug.28 – Semp.1, 2018.

Е. Д. Пискунова

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **И. В. Семченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ХЕЛИКАЗЫ В ПРОГРАММЕ BLENDER

Хеликазы (иногда геликазы, от англ. helicase) – класс ферментов, которые имеются у всех живых организмов. Их относят к классу «молекулярных машин», поскольку они используют энергию гидролиза нуклеотидтрифосфатов (АТФ, ГТФ) для движения вдоль сахарофосфатного остова нуклеиновых кислот (ДНК, РНК, гибридов между ДНК и РНК) и разрыва внутри- или межмолекулярных водородных связей между основаниями.

Одной из главных функций хеликазы, которая рассматривается в данной работе, является разделение цепей двухцепочечной молекулы ДНК с использованием энергии гидролиза АТФ или ГТФ. Движение фермента вдоль цепи нуклеиновой кислоты может происходить как в