

Пример полученных суточных зависимостей МНЧ из обработанных ионограмм приведены на рис. 2. На рис.3 представлены все обработанные дни за сентябрь 2005 года, на которых можно увидеть вариации МНЧ ото дня ко дню.

Проверка достоверности прогноза оценивалась по результатам сравнения рассчитанных (прогнозируемых) значений МПЧ с данными наклонного зондирования. Прогноз МПЧ выполнялся с помощью ПО «Трасса» [3, 4]. Ионосфера вдоль трассы задавалась моделью IRI-2016. Суточные сеансы были разбиты на интервалы по 4 часа каждый: 06:00–10:00, 12:00–16:00, 19:00–23:00. Далее для каждого временного интервала вычислялось скользящее среднее значений МНЧ с окном 2 часа и шагом следования 5 минут. Считалось, что таким образом исключались быстрые и медленные флуктуации, а полученные зависимости от времени усредненных МНЧ принимались базовыми для дальнейшей обработки. Под флуктуациями понимались отклонения МНЧ от соответствующих скользящих средних значений вне зависимости от каких-либо геомагнитных или ионосферных критериев [5].

В табл. 1 для каждого временного интервала в течение 17 суток зондирования приведены средние отклонения (СО) измеренных МНЧ от прогнозируемых МПЧ со скользящим средним за 2 часа. Эти данные позволяют оценить отклонение прогноза от наблюдаемых значений МНЧ.

табл. 1

Временной интервал в часах		06:00–10:00	12:00–16:00	19:00–23:00
Среднее значение СО в сентябре 2005 г.	МПц	1,8	1,3	2,1
	%	13	9	22
Среднее значение СО в июне 2005 г.	МПц	1,6	2,2	2,5
	%	13	16	22

Сделаны следующие выводы.

Было обработано около 5250 ионограмм наклонного зондирования, в результате чего были получены суточные зависимости МНЧ для 17 дней. Проведено сопоставление прогнозируемых значений МПЧ с полученными экспериментально МНЧ. Усредненные за 17 суток абсолютные отклонения МПЧ от МНЧ составили 9-22%. Максимальные значения погрешности наблюдались в ночные часы и достигали 22% Минимальные – в полдень 9%.

Автор выражает свою благодарность научно-исследовательскому институту геофизики и вулканологии «Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia» за предоставленный для экспериментов материал.

Список публикаций:

- [1] D. Bilitza, *IRI the International Standard for the Ionosphere*. //Adv. Radio Sci., v16, p.1-11, 2018.  
 [2] [https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016\\_vitmo.php](https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016_vitmo.php)  
 [3] Барабашов Б.Г., М.М. Анишин М.М. Программный комплекс прогнозирования траекторных и энергетических характеристик радиоканалов диапазона 2-30 МГц «Трасса» (часть 1). Научно-технический сборник «Техника радиосвязи». Омск. ОАО «ОНИИП» - Выпуск 1 (19). 2013 г., стр. 25-34; (ч.2) – Выпуск 2(20).-2013 г. стр. 13-21.  
 [4] B.G. Barabashov, M.M. Anishin, and O.Y. Pelevin (2009), *High-frequency field strength prediction for ionospheric propagation at short- and medium- range radio paths*, Radio Sci., 44, RS0A18, doi:10.1029/2008RS004038.  
 [5] Оценка эффективности использования ионосферной модели IRI для оперативного прогноза МПЧ / Б. Г. Барабашов, М. М. Анишин, О. А. Лаврентьев, Л. П. Радио // Техника радиосвязи. 2019. Вып. 3 (42). С. 15–21. DOI 10.33286/2075-8693-2019-42-15-21.

## Датчики положения на основе слоистой пьезо-магнитоэлектрической структуры

**Бурцева Дарья Ярославовна**

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Петров Роман Валерьевич

[burset@yandex.ru](mailto:burset@yandex.ru)

Бесперывное усовершенствование технологий — основная задача большего числа вовлечённых в науку людей, стремящихся повысить надёжность, безопасность, качество используемых человечеством устройств. С целью повысить характеристики и понизить стоимость конечного продукта исследуются новые компоненты и средства производства. На сегодняшний день датчики занимают одну из важнейших позиций в производстве современных устройств, так как выполняют множество всевозможных задач – будь то измерение температуры, давления, высоты, скорости; фиксирование изменения положения исследуемого объекта в пространстве и времени и многое другое. Значительное количество датчиков используется в системах безопасности. Всё это в свою очередь приводит к тому, что датчики должны предоставлять точную и своевременную информацию для

компьютерных систем и исполнительных устройств. Одним из таких датчиков является датчик положения, работающий на магнитоэлектрическом (МЭ) эффекте.

Целью данной работы является разработка датчика положения на основе слоистой пьезомагнотриксционной структуры.

Корпус датчика представляет собой полый цилиндр. Опорная балка расположена внутри цилиндра, жестко закреплена с обеих сторон. МЭ Элемент расположен на панели. Постоянные магниты (NdFeB) с размерами 6 x 3 x 1 мм были закреплены под МЭ элементом в нижней части корпуса. Внутри корпуса — печатная плата с компаратором. Датчик должен быть установлен в непосредственной близости от синхронного диска на расстоянии около 1 мм. Форма и размеры датчика полностью соответствуют аналогу, изготовленному по индукционному принципу VC-CS 0112. Это позволяет заменить один датчик другим без каких-либо существенных изменений в монтажной конструкции. Преимущество конструкции сенсора заключается в относительно низкой стоимости из-за низкой цены комплектующих. Конструкция МЭ датчика запатентована.

Асимметричные магнитоэлектрические структуры обладают более высоким магнитоэлектрическим эффектом по сравнению с симметричными магнитоэлектрическими структурами на низких частотах и в области электромеханического резонанса изгибной моды колебаний. Также, сильное влияние оказывает технология изготовления МЭ структур и используемые материалы.

Исследуемые слоистые структуры состоят из ЦТС/Никель/Метгласа. Данная структура была получена методом клеевой технологии. Пластины Метгласа = 29  $\mu\text{m}$  и Никеля различной толщины соединялись путем клеевой прослойки (клей эпоксидный), при температуре 50  $^{\circ}\text{C}$  в течении 3 часов под приложенным вертикальным давлением 100 кПа с помощью поршневого цилиндра. Были подготовлены следующие экспериментальные МЭ структуры с геометрическими параметрами: длина — 10 мм, толщина — 0.5 мм и ширина — 5 мм.

#### Экспериментальные и теоретические результаты

Ниже на рисунке показаны экспериментальные и теоретические зависимости МЭ коэффициента (точки – экспериментальные данные, сплошная линия – теоретическая зависимость) по напряжению от частоты переменного магнитного поля  $f$ , кГц для структур Ni/ЦТС и Метглас/Ni/ЦТС.

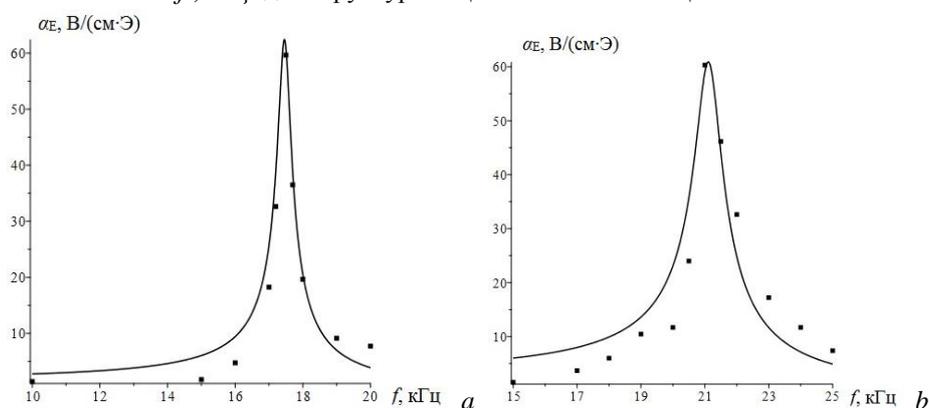


рис. 1 Зависимость МЭ-коэффициента по напряжению от частоты переменного магнитного поля для образца с толщиной никеля: а - 0,07 мм, б - 0,15 мм. Подмагничивающее поле 55 Гс.

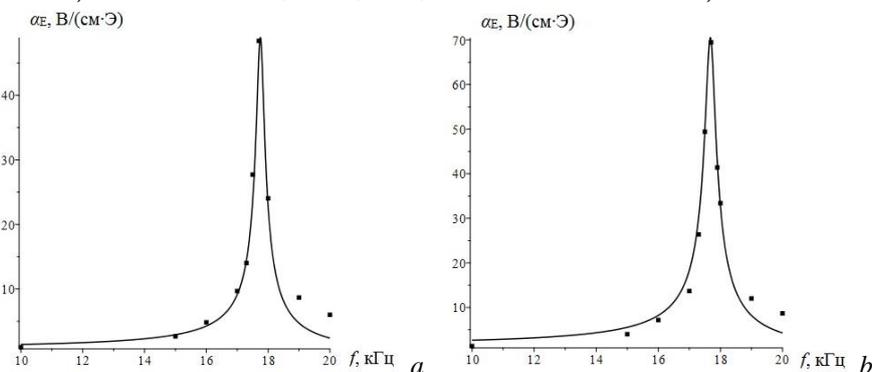


рис. 2 Зависимость МЭ-коэффициента по напряжению от частоты переменного магнитного поля для асимметричного образца с метгласом и толщиной никеля 0,07 мм: а - без внешнего подмагничивающего поля, б - с внешним подмагничивающим полем 55 Гс.