

Технические науки

УДК 519.711.3

**Слесарев Юрий Николаевич**

доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры "Вычислительные машины и системы"  
Пензенского государственного технологического университета

**Воронцов Александр Анатольевич**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
"Вычислительные машины и системы"  
Пензенского государственного технологического университета

**Власюк Игорь Игоревич**

студент  
Пензенского государственного технологического университета

**Slesarev Yuriy Nikolaevich**

Doctor of Engineering, associate professor,  
professor of "Computers and Systems" department of the  
Penza state technological university

**Vorontsov Aleksandr Anatolievich**

Candidate of Technical Sciences,  
associate professor "Computers and systems"  
Penza state technological university

**Vlasyuk Igor Igorevich**

student of the Penza state technological university

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКОМЕНДУЕМОГО РАССТОЯНИЯ ОТ  
ПОСТОЯННОГО МАГНИТА ФОРМЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО  
ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА ДО ВОЛНОВОДА В  
МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ УГЛОМЕРАХ**

## **RESEARCH OF THE RECOMMENDED DISTANCE FROM THE PERMANENT MAGNET OF THE FORM OF THE RECTANGULAR PARALLELEPIPED TO THE WAVE GUIDE IN MAGNETOSTRICTION GONIOMETERS**

**Аннотация:** В статье рассмотрено моделирование в магнитострикционных угломерах возможных расстояний от постоянного магнита формы прямоугольного параллелепипеда до волновода, необходимого для уверенного формирования ультразвуковой волны кручения.

**Ключевые слова:** магнитострикционный угломер, расчет напряженности, рекомендуемое расстояние.

**Summary:** In article modeling in magnetostriction goniometers of possible distances from a permanent magnet of a form of a rectangular parallelepiped to the wave guide necessary for sure formation of an ultrasonic wave of torsion is considered.

**Key words:** magnetostriction goniometer, tension calculation, the recommended distance.

Одним из важных этапов при проектировании магнитострикционных приборов является моделирование магнитных полей [1-14]. Основным фактором, определяющим в магнитострикционных угломерах (МУ) распределение магнитных является расстояние от постоянного магнита (ПМ) до волновода (ВЛ)  $r$ , определяющее значение результирующей напряженности магнитного поля  $H_r$  на поверхности волновода [10-14]. Указанное расстояние определяется минимальным и максимальным значениями результирующей напряженности магнитного поля на поверхности ВЛ в месте возбуждения ультразвуковой волны кручения, определяемыми в соответствии с предлагаемой авторами моделью согласно

выражениям  $H_{MAX} = H_S$ , и  $H_{MIN} = H_C$ , где  $H_{MAX}$  и  $H_{MIN}$  - максимально и минимально допустимые значения результирующей напряженности магнитного поля, соответствующие удаленности ПМ от ВЛ на расстояния  $r_{MIN}$  и  $r_{MAX}$  соответственно,  $H_C$  и  $H_S$  - коэрцитивная сила и напряженность насыщения ПМ, определяемые справочно. Оптимальное значение расстояния  $r$  согласно предложенной математической модели определяется удалением от боковой поверхности ПМ до ближайшей к нему точки на поверхности ВЛ с значением напряженности  $H_r = (H_S + H_C)/2 = H_{ОПТ}$ . Это значение результирующей напряженности желательно задавать в качестве основного при работе МУ. Значение результирующей напряженности  $H_r$  также зависит от формы ПМ.

Для эксперимента по определению возможных значений расстояний  $r_{MIN}$ ,  $r_{ОПТ}$  и  $r_{MAX}$  в качестве базовых элементов конструкции МУ были выбраны ППМ с размерами  $a_M \times b_M \times h_M = 40 \times 40 \times 5$  мм, значением остаточной индукции  $B_r = 0,21$  Тл (марка 8БИ230), ВЛ марки 42НХТЮ диаметром  $d_{ВЛ} = 1$  мм и токовый импульс прямоугольной формы с амплитудным значением  $I_m = 50$  мА.

Результаты эксперимента по определению возможных значений расстояний  $r_{MIN}$ ,  $r_{ОПТ}$  и  $r_{MAX}$  при изменении высоты ПМ, приведенные на рисунке 1 показали, что изменение высоты ППМ является эффективным методом, как изменения указанных расстояний, так и изменения значения результирующей напряженности магнитного поля ППМ  $H_r$ .

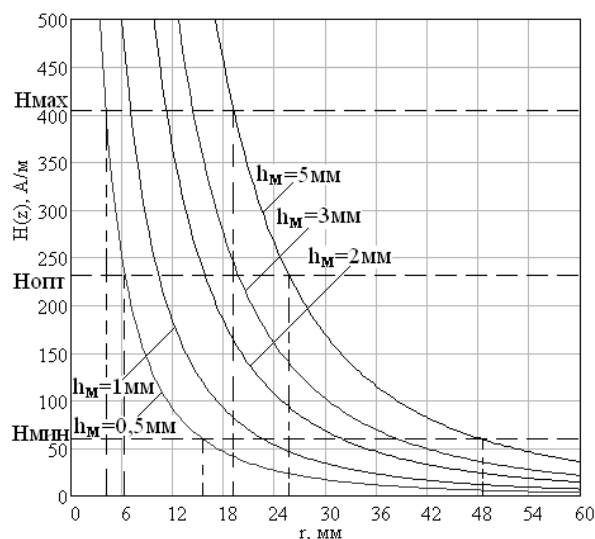


Рисунок 1 – Результаты исследования расстояний  $r_{MIN}$ ,  $r_{OPT}$  и  $r_{MAX}$  при изменении высоты ППМ

Так, согласно полученным результатам при высоте ППМ  $h_M=1$  мм при указанных параметрах ПМ и ВЛ оптимальное расстояние  $r_{OPT}$  составляет 12 мм. Этого значения достаточно для задания необходимых значений тепловых зазоров внутри корпуса МУ, а также создания необходимой толщины корпуса. Оптимальное расстояние согласно представленных результатов увеличивается при увеличении высоты ППМ. Это позволяет подобрать необходимое значение результирующей напряженности магнитного поля на этапе моделирования.

Проведенный вычислительный эксперимент показал, что длина ПМ, марка ВЛ и ПМ МУ с использованием ППМ, как это показано на рисунках 2-4 также существенно влияет на расстояния  $r_{MIN}$ ,  $r_{OPT}$  и  $r_{MAX}$  и способна изменить их значения в несколько раз, что необходимо учитывать при расчете будущих конструкций МУ.

Так изменение длины и ширины ППМ с 5 мм до 30 мм согласно результатам моделирования, приведенным на рисунке 2 способствует изменению оптимального расстояния  $r_{OPT}$  с 10 мм до 37 мм, что соответствует увеличению указанного значения почти в 4 раза.

Изменение марки ВЛ также является эффективным способом изменения оптимального расстояния  $r_{ОПТ}$  и результирующих значений напряженности. Так, согласно результатам моделирования, приведенным на рисунке 3, замена ВЛ марки 49К2Ф на 42НХТЮ способствует изменению расстояния  $r_{ОПТ}$  более чем в 2 раза с 10мм до 26 мм.

Таким образом, на основании изложенного в статье материала можно сделать вывод, что напряженность результирующего магнитного поля в МУ зависит от расстояния между ВЛ и ПМ. Его возможное значение определяется исходя из размеров и свойств ПМ и ВЛ и значения токового импульса. Это необходимо учитывать на этапе моделирования магнитострикционных приборов и устройств, в частности двухкоординатных магнитострикционных наклономеров.

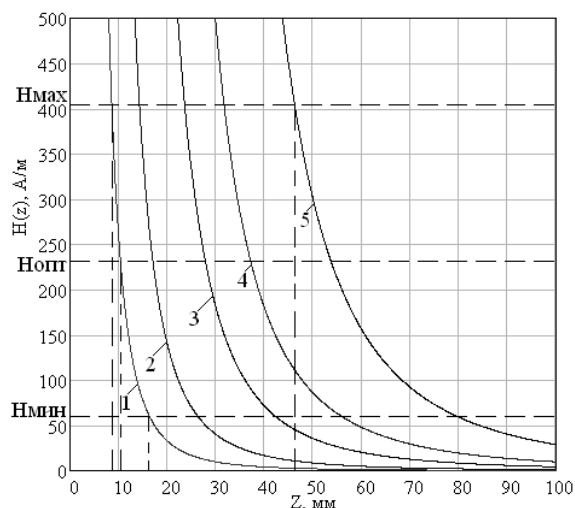


Рисунок 2 – Результаты исследования расстояний  $r_{MIN}$ ,  $r_{ОПТ}$  и  $r_{MAX}$  при изменении длины ПМ, 1 -  $a_M = b_M = 5$ мм, 2 -  $a_M = b_M = 10$ мм, 3 -  $a_M = b_M = 20$ мм, 4 -  $a_M = b_M = 30$ мм, 5 -  $a_M = b_M = 50$ мм.

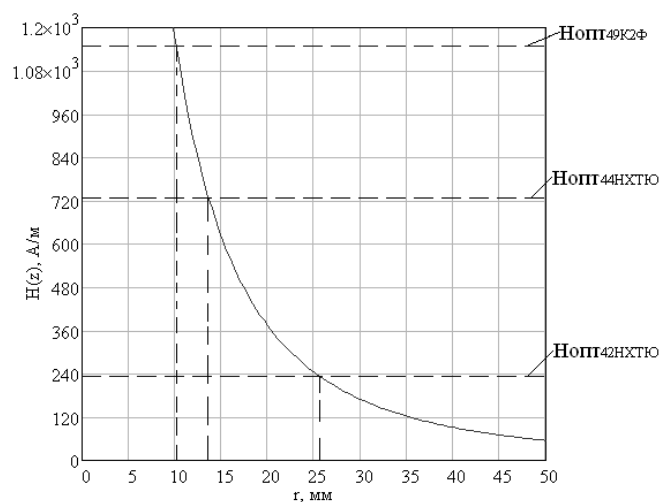


Рисунок 3 – Результаты исследования в МУ с ППМ значений  $r_{MIN}$ ,  $r_{ОПТ}$  и  $r_{МАХ}$  при изменении марки ВЛ

### Литература:

1. Сальников И.И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах технического зрения. Пенза, 1999.
2. Сальников И.И. Размерная селекция бинарных изображений локальных объектов при анализе аэрофотоснимков. Телекоммуникации. Москва: ООО "Наука и технологии". - 2015. № 2. С. 17-23.
3. Сальников И.И. Методы размерной селекции при анализе бинарных изображений. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2014. № 3 (19). С. 89-95.
4. Сальников И.И. Оценка влияния диапазона электромагнитных волн на потенциально-возможную скорость передачи данных в средствах реализации информационной потребности человека. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2015. № 3 (25). С. 18-22.
5. Сальников И.И. Методы построчного и следящего поэлементного анализа сложных бинарных изображений. XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2013. № 10 (14). С. 53-60.

6. Литвинская О.С., Сальников И.И. Основы теории выбора средств реализации проектируемой информационно-технической системы Пенза, 2011.
7. Бурмистров А.В., Сальников И.И. Метод формирования линейных контуров на аэрофотоснимках сельской местности. Современные проблемы науки и образования. Пенза: "Академия Естествознания". - 2013. № 5. С. 152.
8. Сальников И.И. Структура иерархической системы поддержки принятия решения по объективному выбору средства реализации проектируемой системы цифровой обработки информации. XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2012. № 5 (09). С. 69-73.
9. Сальников И.И. Движущие силы развития средств удовлетворения информационных потребностей человека. XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2014. № 3 (19). С. 11-15
10. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Маркин Д.И., Дарченко Т.В. Анализ и математическое моделирование эффективно проводящего слоя в двухкоординатных магнитострикционных наклонерах. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса. - 2013. № 3. С. 311-315.
11. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Шувалова И.В., Маркин Д.И. Исследование оптимального значения результирующей напряженности магнитного поля в двухкоординатных магнитострикционных наклонерах с использованием постоянных магнитов формы прямоугольного параллелепипеда. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса. - 2013. № 3. С. 323-328.

12. Карпухин Э.В., Дёмин С.Б., Воронцов А.А., Ермолаев Н.А., Курнос В.Е. Моделирование магнитных полей первичного преобразователя магнитострикционного преобразователя перемещений. В сборнике: Актуальные вопросы современной информатики. Материалы Международной заочной научно-практической конференции. Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет. - 2011. С. 24-28.
13. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Ермолаев Н.А., Конопацкий Ю.В. Математическое моделирование оптимального расстояния от сплошного постоянного магнита до звукопровода с помощью разработанного комплекса программ "Двухкоординатный МН". Современные информационные технологии. Пенза: ПензГТУ. - 2013. № 18. С. 153-157.
14. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Родионов С.В. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнитострикционных преобразователей перемещения. Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. Рязань: РГРТУ. - 2016. № 56. С. 169-176.