

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО ДАТЧИКА
КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСНЫХ СРЕДС. А. ГУДКОВ, И. А. КУДРЯВЦЕВ, * В. П. ЛУНИН, * В. В. ЧЕГОДАЕВ,
* А. Г. ЖДАНОВНИУ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»* «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
Самара, Москва, Россия

В настоящее время мониторинг параметров рабочих жидкостей разнообразных гидравлических систем и технологического оборудования является актуальной проблемой обеспечения надежности оборудования в условиях растущих требований к функциональным характеристикам. При эксплуатации жидкостных систем авиационной и космической техники проблема надежности является одной из определяющих, так как отказ может иметь катастрофические последствия [1].

Вихретоковый метод (ВТМ) контроля чистоты жидкостей является одним из перспективных, т.к. позволяет осуществлять многопараметрический контроль без контакта преобразователя и объекта, что позволяет получать хорошие результаты при высоких скоростях движения объектов. Основным достоинством ВТМ является возможность определять материал частицы (ферромагнитный или неферромагнитный) [2, 3].

В общем случае, решение задачи анализа параметров вихретокового преобразователя (ВТП) требует исследования вторичных электромагнитных полей локальных электропроводящих тел различных параметров и формы. Математически указанная проблема формулируется в виде краевых задач электродинамики, решаемых с той или иной степенью точности методами математической физики.

Основная сложность описания математической модели проходных ВТП с произвольно распределенными частицами в объеме датчика состоит в том, что она не обладает осевой симметрией и задача становится трехмерной. В этом случае не представляется возможным получить аналитическое решение задачи.

В связи с этим, для решения задачи исследования электромагнитных процессов в вихретоковом датчике был выбран путь компьютерного моделирования. Одним из наиболее эффективных вычислительных методов, который позволяет учитывать геометрические особенности задачи и макроскопические характеристики среды, является метод конечных элементов.

Модель ВТП, созданная в среде Ansoft Maxwell 14.0 приведена на рис. 1. ВТП представляет собой параметрический проходной вихретоковый преобразователь. Контролируемая жидкость с частицами износа протекает

по каналу, проходящему через внутренний диаметр ВТП.

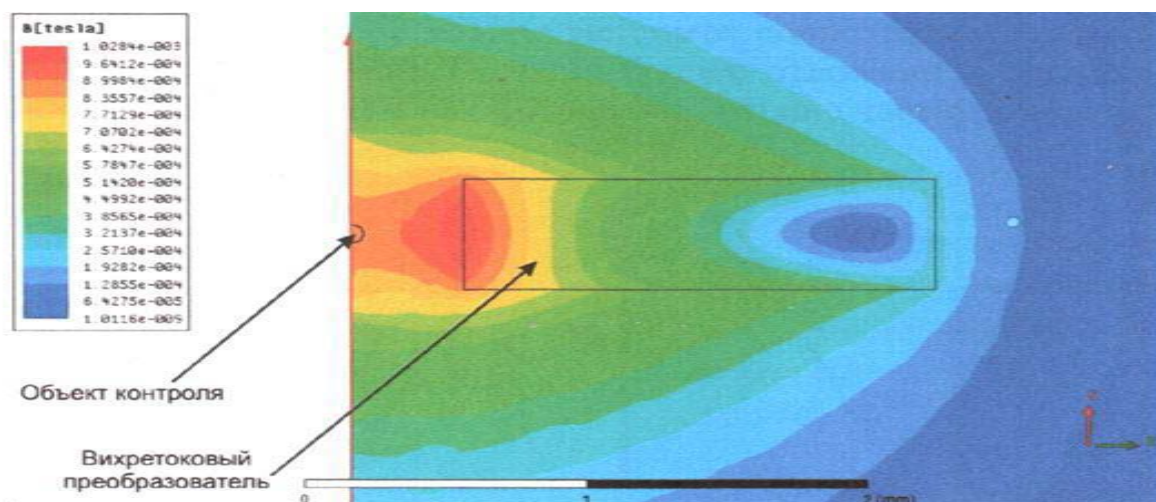


Рис. 1. Распределение индукции магнитного поля в модели ВТП

Анализ параметров ВТП проводился для случая, когда радиус объекта контроля – сферической частицы износа из немагнитного материала много меньше внутреннего диаметра ВТП.

Для характеристики влияния осевого смещения частицы на вносимые в ВТП параметры вводится коэффициент α [1]:

$$\alpha = \frac{h+r}{R},$$

где h – расстояние от центра частицы износа до плоскости ВТП, мм; r – радиус частицы износа, мм; R – внутренний радиус ВТП, мм.

Изменение величины модуля относительного вносимого сопротивления, вследствие осевого смещения частицы, приведено на рис. 2, а.

Максимум вносимого сопротивления достигается при нахождении частицы в плоскости ВТП (см. рис. 1). С ростом α модуль вносимого сопротивления уменьшается и на расстоянии по оси, равном радиусу ВТП ($\alpha=1$) величина вносимого сопротивления становится меньше своего максимального значения в 10 и более раз.

Таким образом, зона контроля проходного ВТП, при измерении концентрации частиц износа в дисперсных средах, находится внутри самого ВТП и простирается в прилежащие области на расстояние, равное внутреннему радиусу ВТП.

Анализ радиального смещения частицы износа в плоскости ВТП показал, что смещение частицы износа к внутренней стенке ВТП с его оси, приводит к увеличению модуля относительного вносимого сопротивления (ОВС) в 1,35 раза на частоте 1 МГц (рис. 2, б). Это обусловлено ростом индукции магнитного поля вблизи проводящей стенки ВТП, что приводит к увеличению амплитуды возбуждаемых в частице износа вихревых токов. С ростом частоты влияние этого эффекта усиливается.

На рис. 2, б относительное вносимое сопротивление нормировано к максимальному значению. По оси абсцисс отложено нормированное к внутреннему диаметру ВТП радиальное положение частицы износа.

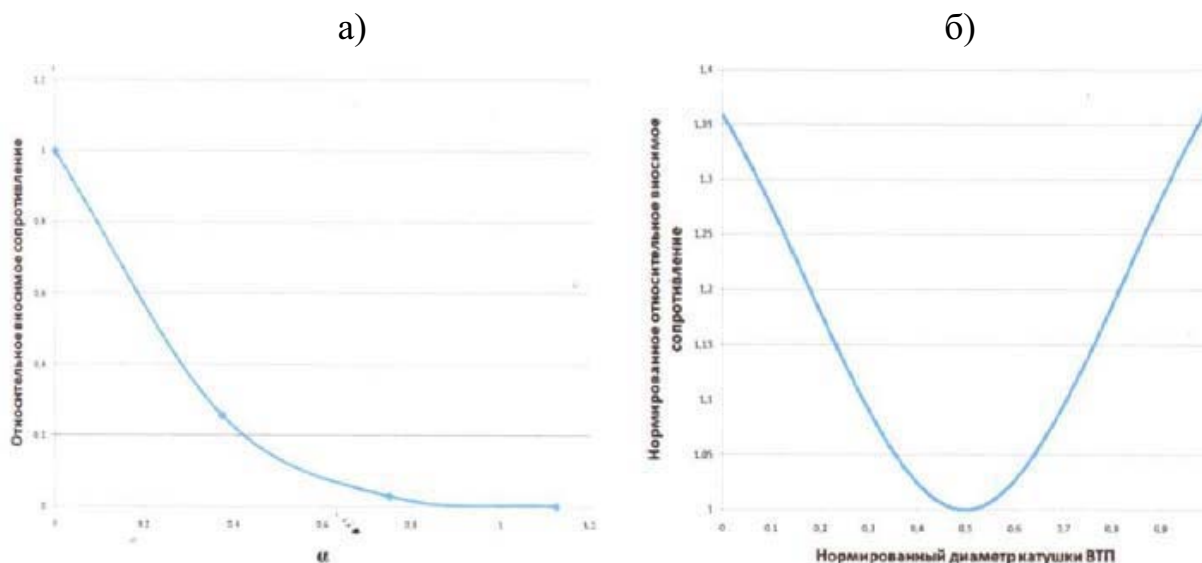


Рис. 2. Графики: а – зависимость модуля ОВС от аксиального смещения частиц по оси ВТП; б – зависимость модуля ОВС от радиального смещения частиц в плоскости ВТП

С точки зрения классификации частиц примесей по размеру, эффект возрастания вносимого сопротивления носит негативный характер, т. к. при одинаковом эффективном диаметре частицы износа, реакция ВТП на нее может изменяться до 35 %. Эффективным способом отстройки от влияния данного фактора является оптимизация конструкции датчика. Предложена конструкция, обеспечивающая изокINETический отбор пробы жидкости, при котором максимальная концентрация частиц в потоке жидкости достигается вблизи геометрической оси датчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Логвинов, Л. М.** Анализ и синтез преобразователей концентрации дисперсной фазы для систем управления и контроля технического состояния изделий авиационной техники: автореф. дис. ...д-р техн. наук: 05.13.05. – Самара: 1995.
2. **Герасимов, В. Г.** Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами / В. Г. Герасимов [и др.]. – М. : Энергия, 1978. – 216 с.
3. **Дорофеев, А. Л.** Электромагнитная дефектоскопия / А. Л. Дорофеев, Ю. Г. Казаманов. – М. : Машиностроение, 1980. – 232 с.