

# АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТОЧЕК В ЗАДАЧЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ

*Я.О. Кургинов, студент гр. 8ЕМ02*  
*А.А. Филипас, к.т.н., доц.*  
*Томский политехнический университет*  
E-mail: yok9@tpu.ru

## Введение

При проведении диагностических операций электромеханических преобразователей необходимо измерять внешнее магнитное поле [1]. Известны решения для ручного измерения магнитного поля путем установки большого количества датчиков в нужные точки измерения, а также применение автоматизированных систем позиционирования измерительных элементов на основе трехкоординатного портала [2]. Недостатком в первом случае является низкая точность ручной установки датчиков и ограниченная область измерения во втором. Для увеличения точности позиционирования измерительного устройства в пространстве, обеспечения гибкости в изменении области исследования магнитного поля и повторяемости эксперимента рациональным является применение промышленных роботов-манипуляторов для автоматизации проведения измерительного процесса.

Одной из ключевых задач, которые необходимо решить при автоматизации процесса измерения магнитного поля, является генерация точек измерения. Данная задача обусловлена тем, что, ввиду конечных геометрических размеров измерительного щупа, или зонда, а также разнообразия геометрических форм объектов измерения, необходимостью изменения области измерения в процессе исследования и большого количества измерительных точек, ручное программирование робота требует больших временных затрат от оператора.

## Описание системы и исходных данных

Предлагаемая система для исследования магнитных полей состоит из робота-манипулятора с шестью степенями свободы, щупа с чувствительным элементом, измерительного прибора, обрабатывающего сигналы с щупа, электронно-вычислительной машины, осуществляющей синхронизацию каналов измерения и позиционирования щупа, а также источник магнитного поля, расположенный в рабочей области робота.

В качестве входных данных для алгоритма генерации точек используется:

- 3D модель желаемой области исследования  $A$ ;
- 3D модель, описывающая геометрическую конфигурацию измерительного щупа  $B$ ;
- 3D модель источника магнитного поля  $C$ ;
- Шаг сетки дискретизации по осям  $X, Y, Z$ .

Предлагаемый алгоритм выполняет следующие функции:

- Выявление подобласти  $\bar{A} \subseteq A$ , куда возможно позиционирование измерительного щупа;
- Разбиение выделенной подобласти  $\bar{A}$  на точки с заданным шагом сетки.
- В ходе разработки алгоритма были сделаны следующие допущения:
- Измерение вектора магнитной индукции происходит в трех ортогональных проекциях;
- Объект измерения  $C$  представляет собой выпуклое твердое тело.

## Описание алгоритма

На начальном этапе алгоритма необходимо выделить область измерений  $\bar{A}$ , в которой, ввиду конечных геометрических размеров измерительного щупа, его невозможно позиционировать. Для этого выполняется укрупнение исходного объекта измерения, реализованное с помощью аппарата сумм Минковского [3, 4]. Полигональная 3D модель объекта измерения  $C$  складывается с моделью щупа  $B$ , которая, ввиду предположения об ортогональности измерений, представлена в виде куба:

$$D = C \oplus B$$

Далее вычисляется Булева разность желаемой области измерений и результата суммы Минковского:

$$\bar{A} = A \setminus D$$

В результате получается область, которую алгоритм будет разбивать на точки.

Вторым этапом является генерация точек измерения внутри полученной области  $\bar{A}$ . Сначала строится минимальный параллелепипед, описанный вокруг области  $\bar{A}$ . Параллелепипед разбивается на регулярную сетку с заданным шагом. Полученный массив точек проверяется на принадлежность исходной области  $\bar{A}$ , точки не входящие в нее – исключаются.

Таким образом получается набор точек, принадлежащей области  $\bar{A} \subseteq A$ , в которой возможно провести измерения. Управляющая программа для робота манипулятора на основании полученных точек может генерироваться автоматически.

На рисунке 1 представлены полигональные модели входных данных для алгоритма, на рисунке 2 представлены промежуточные этапы выполнения шагов алгоритма и его результат.

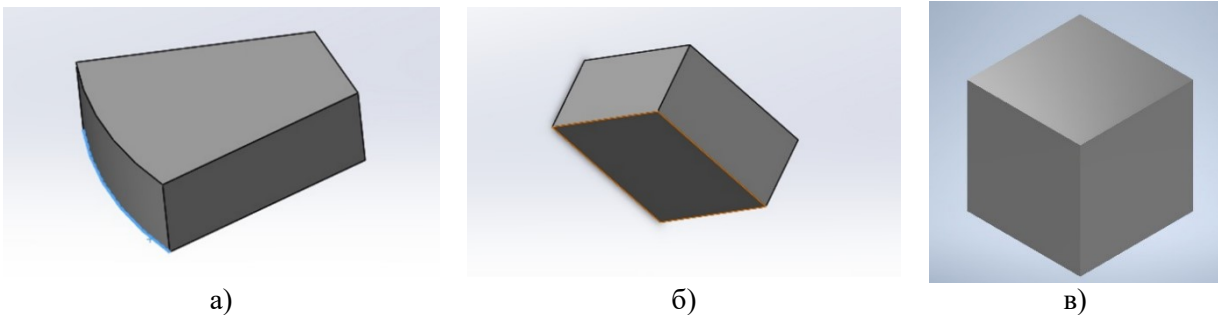


Рис. 1. Модели исходных данных а) объекта измерения – области  $A$  (постоянный магнит) б) области исследования – области  $C$  (параллелепипед) в) модели щупа – области  $B$  (куб  $8 \times 8 \times 8$ )

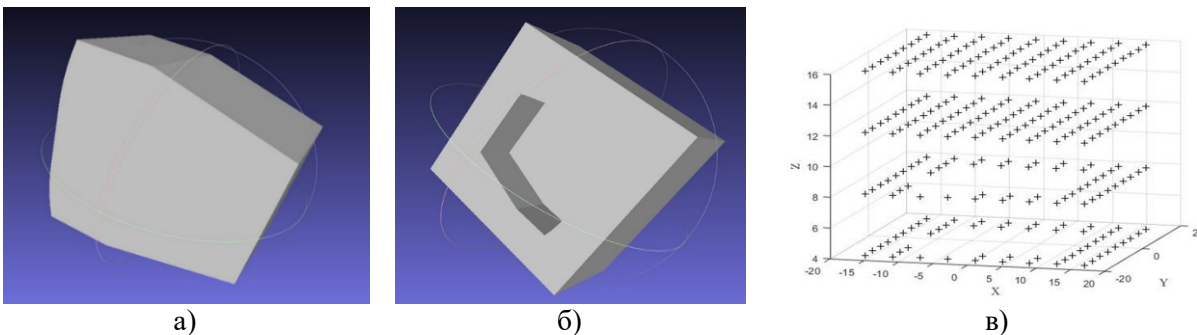


Рис. 2. Результаты работы алгоритма а) вычисления суммы Минковского  $D$  б) Булева вычитания  $\bar{A}$  в) разбиения области  $\bar{A}$  на точки

### Заключение

В рамках данной работы был разработан алгоритм генерации измерительных точек при проведении автоматизированного исследования магнитных полей в пространстве. Продемонстрирована работоспособность алгоритма. Следует отметить, что применения данного алгоритма не ограничиваются на выпуклых объектах исследования, т.к. алгоритм может частично использоваться при исследовании невыпуклых объектов, для которых построена выпуклая оболочка. В данном случае алгоритм может применяться для частичной генерации точек измерения за пределами выпуклой оболочки исходного объекта.

#### **Список использованных источников**

1. Shernazarov, Safar, Yakubova, Difuza. (2019). ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.
2. Пат.2174235 Российская Федерация, МПК G 01 R 33/02. Устройство для измерения периодических магнитных полей и получения их распределения в пространстве / Жильников Т.А., Жулев В.И., Каплан М.Б.; заявитель и патентообладатель Рязанская государственная радиотехническая академия. – №2000118511/09; заявл. 11.07.2000, опубл. 27.09.2001.