

Компьютерное моделирование спектрометрического магнита экспериментальной установки НИС

Р.В. Полякова¹, И.П. Юдин², Е.Е. Перепелкин², Н.С. Российская²,
А.Е. Сячин², В.Л. Смирнов², Т.В. Шаврина²

¹e-mail: polyakovaRV@jinr.ru, Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ, Дубна;

²Лаборатория физики высоких энергий, ОИЯИ, Дубна

Аннотация. В данной работе представлены результаты численного моделирования модификации спектрометрического магнита СП-40, используемого в экспериментальной установке НИС [1] Лаборатории физики частиц ОИЯИ. Для выбранной конфигурации магнита результаты расчетов проиллюстрированы графиками двухмерного и трехмерного поля. Приведено сравнение распределения магнитных полей существующего и модифицированного магнита. Анализ этого сравнения показал, что размер области однородности магнитного поля увеличился в два раза. Это увеличение существенно повышает точность восстановления импульсов распадных частиц в исследуемой физической реакции (поиск пентакварков).

Для математического моделирования магнитной системы на первом этапе (в двумерном случае) был использован комплекс программ КПММС-1.0 [2] численного моделирования магнитных систем с включением в него таких известных программ, как LANL – численное моделирование двумерных магнитных полей. На первом этапе авторы этой работы не случайно остановили свой выбор на пакете программ LANL для численного исследования магнитостатических задач в двумерном случае. Как показывает опыт многолетнего использования этой системы программ многими пользователями, она является наиболее удобной в эксплуатации и обладает высокими вычислительными (временными и точностными) характеристиками. На втором этапе (для расчета трехмерных конфигураций магнитной системы) использовался комплекс программ Orega 3D/ Tosca [3]. Расчет магнитного поля в трех мерном случае осуществляется методом двух скалярных потенциалов [4]. Предлагаемые численные алгоритмы и комплексы программ позволили проводить математическое моделирование магнитных систем с достаточно высокой точностью. Основным критерием хороших результатов моделирования является совпадение численных расчетов с экспериментальными данными с высокой степенью точности. Следует отметить, что практически для всех рассматриваемых магнитных систем, авторами работы были получены результаты численных расчетов, совпадающие с имеющимися экспериментальными данными не менее, чем $10^{-3} - 10^{-4}$.

На рис. 1,2 приведены конфигурации магнита 1СП-40-4В (соответственно вариант I, II), для которых проводились численные расчеты магнитных полей, т.е. решалась фактически нелинейная обратная задача магнитостатики. Целью моделирования является расчетным путем найти геометрию магнита, для которой существенно увеличилась бы область однородности магнитного поля по сравнению с существующей конфигурацией магнита. Наша модификация магнита была направлена на включение в конструкцию магнита дополнительных железных шимм. В процессе компьютерного моделирования необходимо было подобрать расположение этих шимм таким образом, чтобы максимально увеличить область однородности магнитного поля для выбранной конфигурации магнита 1СП-40-4В. Также нами было предложено заполнить железом отверстие, расположенное на ярме магнита, хотя при последующем моделировании оказалось, что магнитное поле сильно не изменилось (рис. 3). При этом при проведении процедуры оптимизации нужно было считаться с условием возможности создания конфигурации магнита с наименьшей затратой материальных ресурсов.

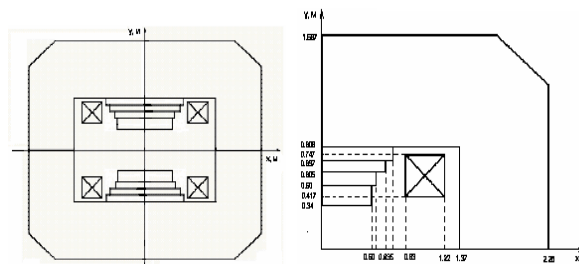


Рис. 1: Конфигурация существующего магнита 1СП-40-4В, (т.е. вариант I), разрез в плоскости XOY

Выбор конфигурации магнита 1СП-40-4В с наибольшей областью однородности магнитного поля проводился на базе исследования основных характеристик поля магнитных систем с помощью графических сравнений. Так из графиков на рис. 3 видно, что основным требованиям поставленной задачи отвечает модель магнита варианта II. На рис. 4 приводятся распределения магнитного поля для 2-х вариантов конфигурации магнита в области близкой к железному наконечнику, т.е. для плоскости $y = 0.32$ м.

Из этих рисунков также видно, что магнитное

поле и в этой области обладает достаточно высокой степенью однородности.

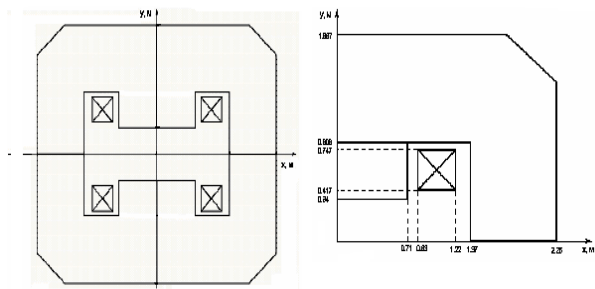


Рис. 2: Конфигурация модифицированного магнита 1СП-40-4В, (т.е. вариант II), разрез в плоскости XOY

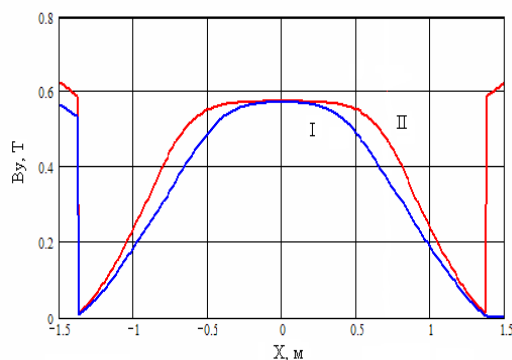


Рис. 3: Зависимости B_y при $y = 0$ для 2-х вариантов конфигурации магнита 1СП-40-4В, тока 1100 А

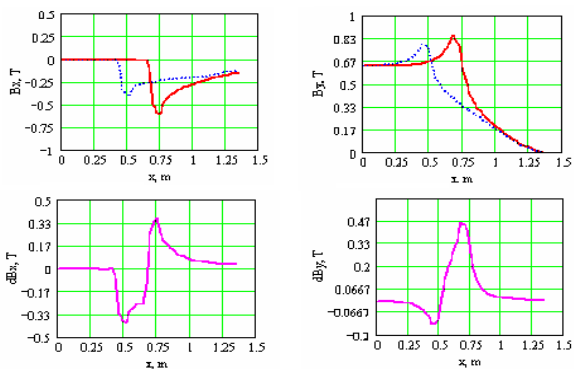


Рис. 4: Зависимости $B_x(x), B_y(x)$ для $y = 0.32$ м для тока 1100 А и разница расчетного поля для 2-х вариантов конфигурации 1СП-40-4В

На рис. 5,6 приведены объемные распределения основных B_y, B_x компонент магнитного поля для двух вариантов конфигурации магнита 1СП-40-4В в трехмерном случае. Видно, что для варианта II распределения компонент поля стали более гладкими. В работе [4] дано более подробное описание математического моделирования магнитной системы установки НИС. Таким образом численным путем выбрана конфигурация магнита 1СП-40-4В, для которой ширина области однородности магнитного поля увеличилась с 0.5 м до 1,0 м, т.е. в 2 раза.

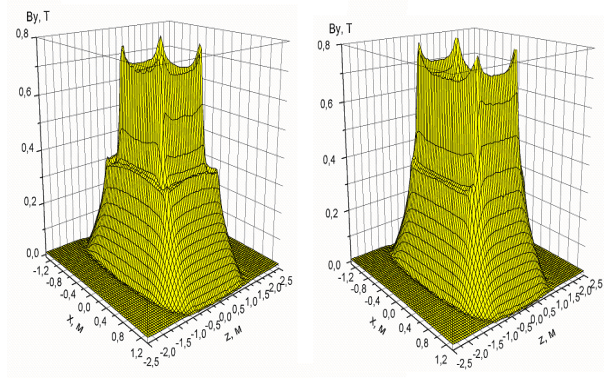


Рис. 5: Зависимости $B_y(x, 0.3, z)$ для двух конфигураций магнита, ток 1100 А

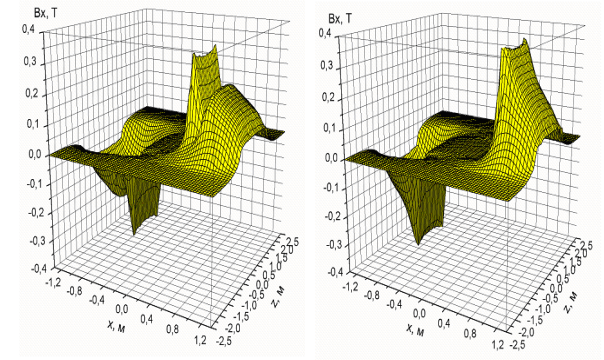


Рис. 6: Зависимости $B_x(x, 0.3, z)$ для двух конфигураций магнита, ток 1100 А

Это увеличение существенно повышает точность восстановления импульсов распадных частиц в исследуемой физической реакции (поиск пентакварков). Наши расчеты магнитных систем и сравнение численных расчетов с экспериментальными данными показали, что расчетное распределение магнитного поля в большинстве случаев с точностью 1% (или менее) совпадает с экспериментальными данными. Это оказывается достаточным для проведения численного изучения влияния различных конструктивных параметров магнитной системы на величину и форму магнитного поля.

Список литературы

- [1] Stokovsky E.A. and the NIS collaboration // ISHEPP XVII (XVII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems), Dubna, Sept. 27 - Oct. 2, 2004, Book of Abstracts, JINR, Dubna, 2004, P.94.
- [2] Жидков Е.П., С. Лима, Полякова Р.В., Фернандес Нодарсе Ф., Юдин И.П. Комплекс программ для моделирования магнитных систем, P11-93-256, Дубна, 1993.
- [3] <http://www.vectorfields.com/>
- [4] Юдин И.П., Волошина И.Г., Перепелкин Е.Е., Российская Н.С. Вычислительный эксперимент для получения распределения поля спектрометрического магнита в проекте "НИС" // Препринт ОИЯИ, P11-2006-68, Дубна 2006.