

Моделирование поля мюонного детектора установки ALICE

П.Г. Акишин, А.С. Водопьянов, И.В. Пузынин,
Ю.А. Шишов, М.Б. Юлдашева, О.И. Юлдашев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Введение

Доклад посвящен проблемам, связанным с построением трехмерной модели магнитной системы для LHC эксперимента ALICE [1] в рамках предложений от ОИЯИ [2-4]. Магнитная система мюонного детектора состоит из большого соленоидального магнита L3, работающего в настоящее время на пучке LEP, проектируемого дипольного магнита и мюонного фильтра. На рис. 1 представлена симметричная часть расчетной конфигурации магнитной системы со сверхпроводящим дипольным магнитом.

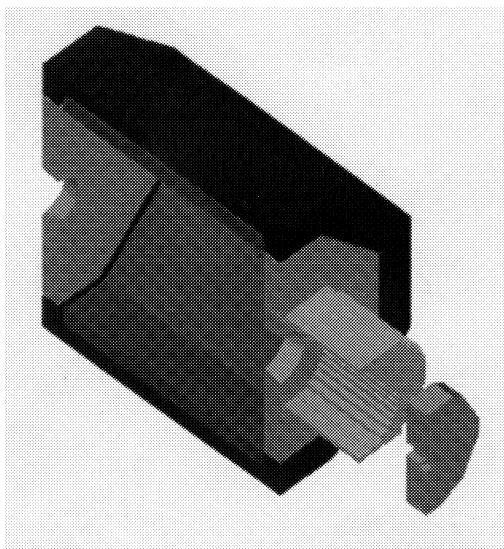


Рис. 1: Часть магнитной системы со сверхпроводящим дипольным магнитом.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с взаимным влиянием магнита L3 и дипольного магнита. Расчеты проводились с использованием двух подходов: метода объемных интегральных уравнений (IAMAG3D [5]) и метода дифференциальных уравнений в частных производных для двух потенциалов (MSFE3D [6]).

Моделирование поля магнита L3

Соленоидальный магнит L3 занимает объем $15,8 \times 15,8 \times 14,3 \text{ м}^3$ и имеет сложную сборную конструкцию [1]. В работе [2] была разработана расчетная модель магнита, проведены сравнения с картой поля для магнита в конфигурации 1989 года и с результатами расчетов по программе TOSCA [7]. На рис. 2 приведено распределение расчетной компоненты поля B_z , а также данные карты поля. Как видно из рисунков, разница не превосходит 1%, а в рабочей области основных детекторов ($|z| < 2,5 \text{ м}$) — не больше 0,2%.

На рис. 3 дано сравнение результатов расчетов по программе TOSCA и программам IAMAG3D и MSFE3D. Как видно из рисунков, результаты, полученные по последним программам, более гладкие, разница также не превосходит 1%, а при $|z| < 2,5 \text{ м}$ — тоже не больше 0,2%. Аналогичные результаты имеют место и для компоненты поля B_r [2].

Моделирование поля дипольных магнитов

Моделирование поля проводилось как для сверхпроводящего, так и для теплового вариантов магнита, которые имеют совершенно различные конфигурации. Сверхпроводящий магнит имеет размеры $8 \times 5,6 \times 5 \text{ м}^3$, а теплый — $8,1 \times 6,1 \times 5 \text{ м}^3$. Для обеспечения в центре магнита поля величиной в 0.75 Тл плотность тока задавалась

5588 и 146 А/см² соответственно. В табл. 1, 2 для сверхпроводящего и теплового магнитов даны интегралы основной дипольной компоненты внутри апертур вдоль лучей, выходящих из центра магнита L3, в полярной системе координат. Запасенная энергия для магнитов составила 27 и 32 МДж соответственно. Более подробные результаты моделирования приведены в работах [3,4].

Таблица 1: $\int B_y dl$ (Тл · м).

	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 90^\circ$
$\theta = 0^\circ$	2,79	2,79	2,79
$\theta = 2^\circ$	2,84	2,80	2,77
$\theta = 7,5^\circ$	3,56	2,99	2,68
$\theta = 9^\circ$	3,71	3,02	2,74

Таблица 2: $\int B_y dl$ (Тл · м).

	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 90^\circ$
$\theta = 0^\circ$	2,54	2,54	2,54
$\theta = 2^\circ$	2,56	2,55	2,55
$\theta = 7^\circ$	2,88	2,68	2,82
$\theta = 9^\circ$	3,11	2,71	3,03

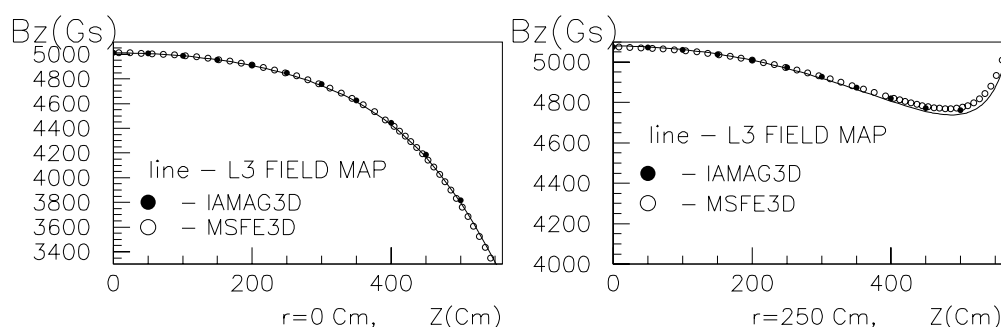


Рис. 2: Сравнение расчетной компоненты B_z с данными карты поля для магнита L3.

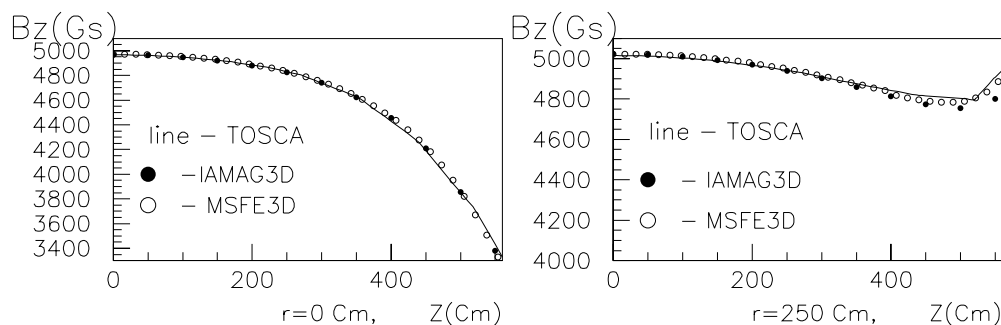


Рис. 3: Сравнение компоненты поля B_z , вычисленной по разным программам.

Моделирование поля полной магнитной системы

Вместе с мюонным фильтром, который занимает объем $6,4 \times 6 \times 1,2 \text{ м}^3$, вся магнитная система имеет протяженность 23,1 м. Основными факторами, определяющими сложность задачи, являются, во-первых, увеличение общего числа описываемых объектов и, во-вторых, потеря симметрий задачи. Так, если в случае магнита L3 имелось 32 симметрии, а в случае дипольного магнита — 8 симметрий, то вся магнитная система имеет только 2 симметрии. Кроме того, сложность задачи также увеличивается

ввиду того, что ось магнита L3 на 0,23 м ниже оси дипольного магнита и мюонного фильтра. На рис. 4 представлены расчеты компонент поля вдоль оси магнитной системы со сверхпроводящим дипольным магнитом: B_z — основная компонента поля для магнита L3 и B_y — основная компонента поля для дипольного магнита. Из рисунков видно изменение основных компонент поля каждого магнита. На рис. 5 приводится компонента B_z в рабочей области основных детекторов для четырех различных конфигураций магнитной системы.

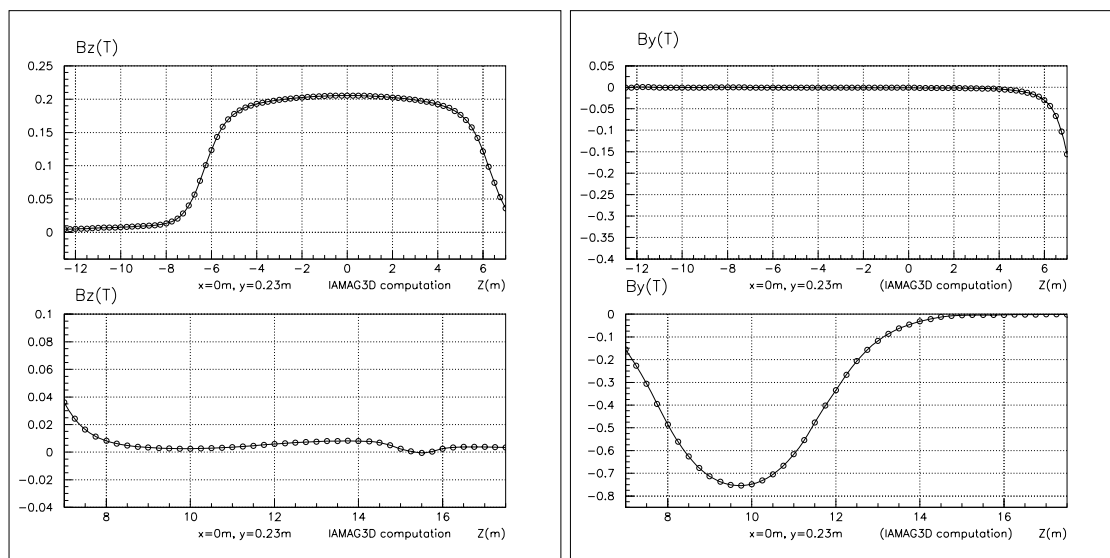


Рис. 4: Компоненты поля вдоль оси полной магнитной системы.

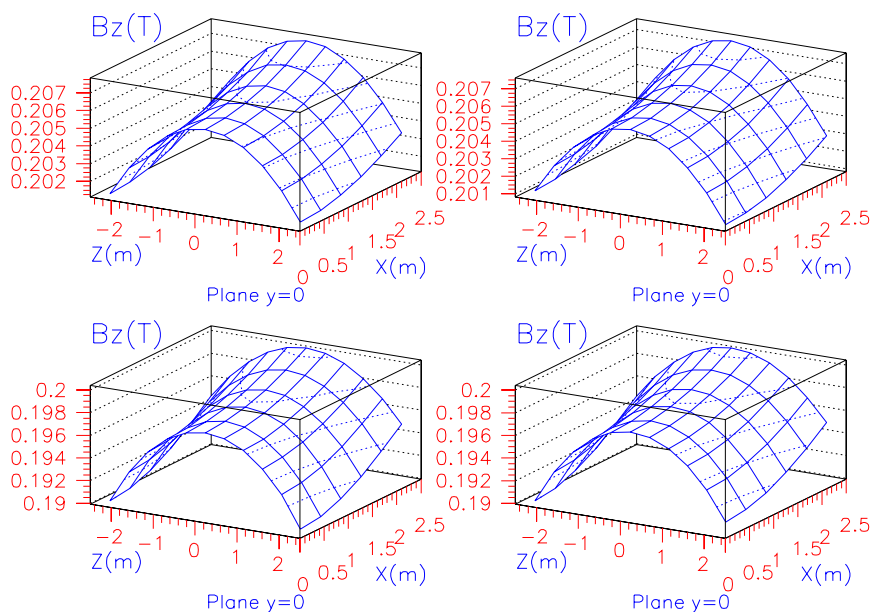


Рис. 5: B_z -компонента в медианной плоскости основных детекторов для четырех различных конфигураций магнитной системы.

Благодарности. Авторы признательны Ж.Ж.Мусульманбекову за помощь при работе с графическим пакетом AVS. Авторы М.Б.Юлдашева и О.И.Юлдашев выражают благодарность за частичную поддержку данной работы РФФИ по грантам № 95-01-00737а и № 95-01-01467а.

Литература

1. ALICE. Technical Proposal. CERN/LHCC 95-71, LHCC/P3, 15, December 1995.
2. P.G.Akishin et al. Computing Models of the L3 Magnet and Dipole Magnet for the ALICE Experiment. ALICE 96-06, Int. Note/Mag, 4 April, 1996.
3. A.S.Vodopianov et al. Superconducting Dipole Magnet for ALICE Dimuon Arm Spectrometer. Proposal of JINR, 15 May, 1996.
4. P.G.Akishin et al. Conceptual Design of the Warm Dipole Magnet for the ALICE Forward Muon Spectrometer. ALICE 96-26, Int. Note/Mag, 30 September, 1996.
5. П.Г.Акишин, Е.П.Жидков, В.Д.Кравцов. Параллельный алгоритм для решения трехмерных интегральных уравнений магнитостатики. Математическое моделирование, т.1, № 7, 100-107, 1989.
6. Е.П.Жидков, М.Б.Юлдашева, О.И.Юлдашев. Векторные алгоритмы для решения трехмерных нелинейных задач магнитостатики. Математическое моделирование, т.6, № 9, 99-116, 1994.
7. V.I.Klyukhin, W.Klempt, L.Leistam, D.Swoboda. The ALICE Magnetic System Computation. ALICE 95-46, Int. Note/MAG, 12 November, 1995.