

Расчет компактной системы развертки промышленного ускорителя с поворотом пучка на 90 градусов

Выполнил аспирант кафедры ОЯФ
Борисов Максим Антонович

Научный руководитель
Шведунوف Василий Иванович

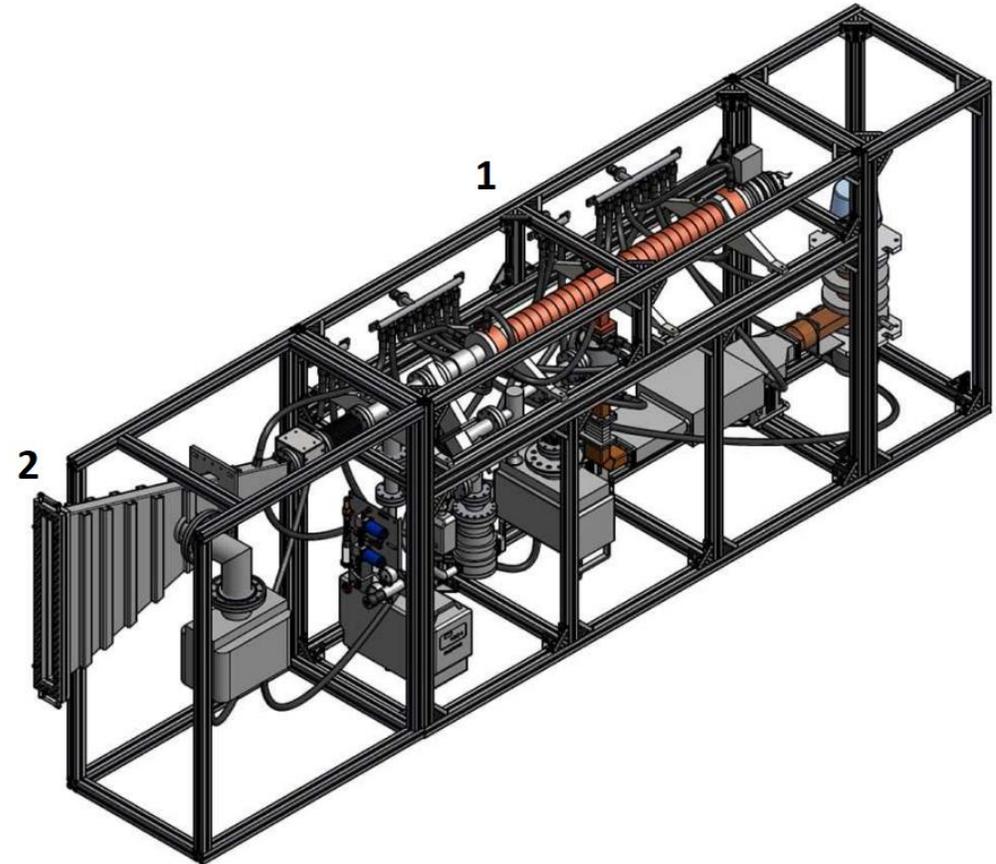
Введение

Так одним из самых популярных методов стерилизации продукции на данный момент является ее обработка заряженными частицами.

Основные плюсы:

- Высокая производительность
- Экологичность и безопасность
- Некоторые виды продукции должным образом могут быть обработаны лишь при помощи ускорителей

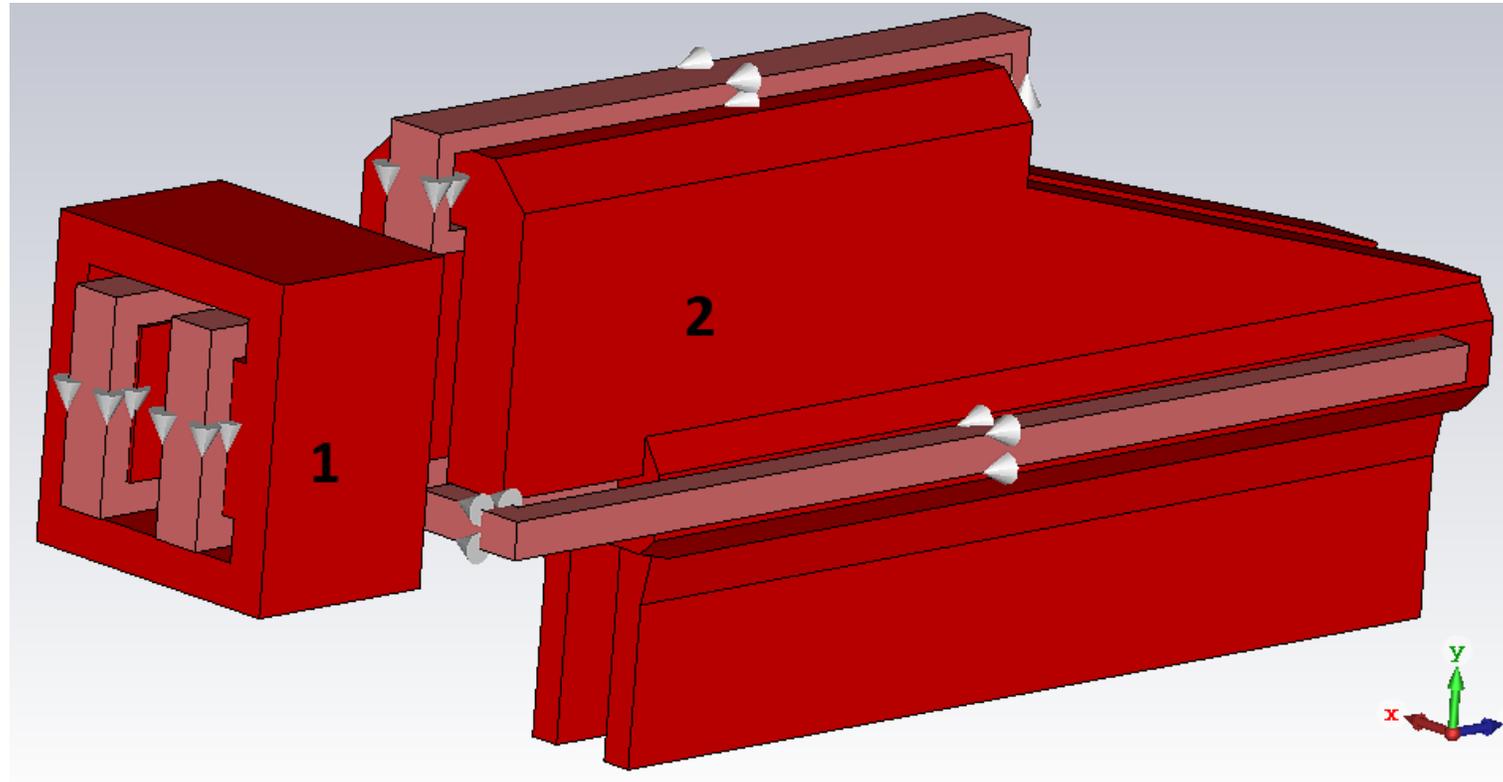
Основанная проблема – компактность, так как ускорители необходимо устанавливать перпендикулярно линии конвейера. Для решения этой проблемы было решено разработать магнит развертки, поворачивающий частицы на 90° .



Постановка задачи

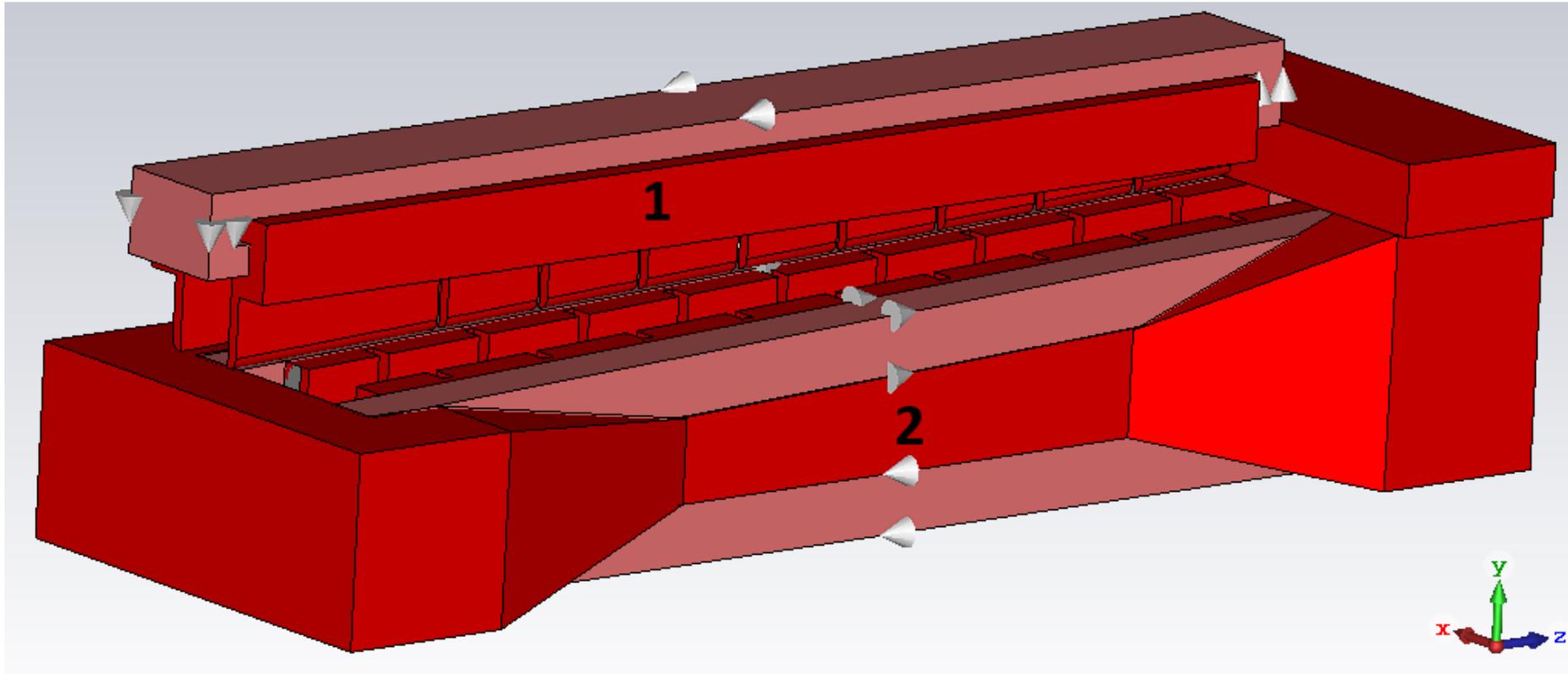
Основная задача – расчет магнита развертки с поворотом пучка на 90 градусов. Основные требования:

- Магнит должен поворачивать пучок с энергией 11 МэВ на угол 90° , а также обеспечивать ширину полосы сканирования в 70 см.
- Магнит должен обладать приемлемыми масса-габаритными характеристиками.



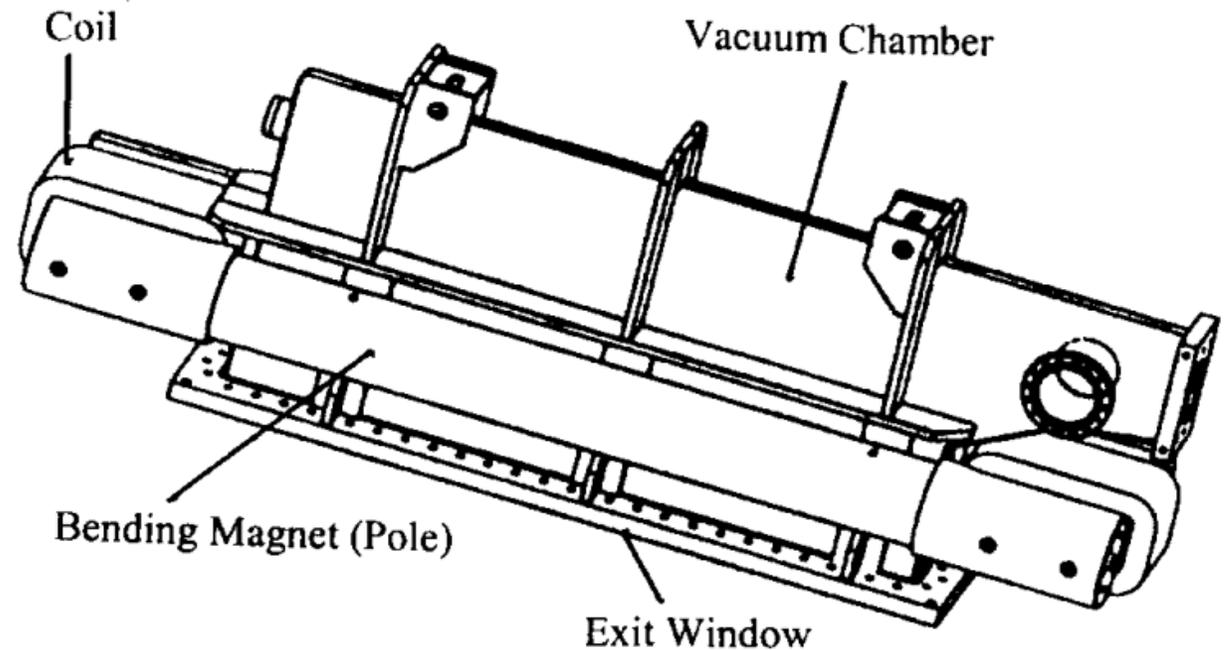
Требования к параметрам магнита

- Магнит должен обеспечивать частоту сканирования вплоть до 20 Гц.
- Магнит должен обеспечивать достаточную равномерность распределения дозы на конвейере.



Примеры в литературе

- Ivanov A. S. et al. New irradiation field shaping systems of high voltage electro accelerators for industry //Proceedings of International Conference on Particle Accelerators. – IEEE, 1993. – C. 555-557.
- Jongen Y. et al. Realignment of a diverging electron beam: a new beam delivery system for rhodotrons //Proceedings of the 1997 Particle Accelerator Conference (Cat. No. 97CH36167). – IEEE, 1997. – T. 3. – C. 3857-3859.

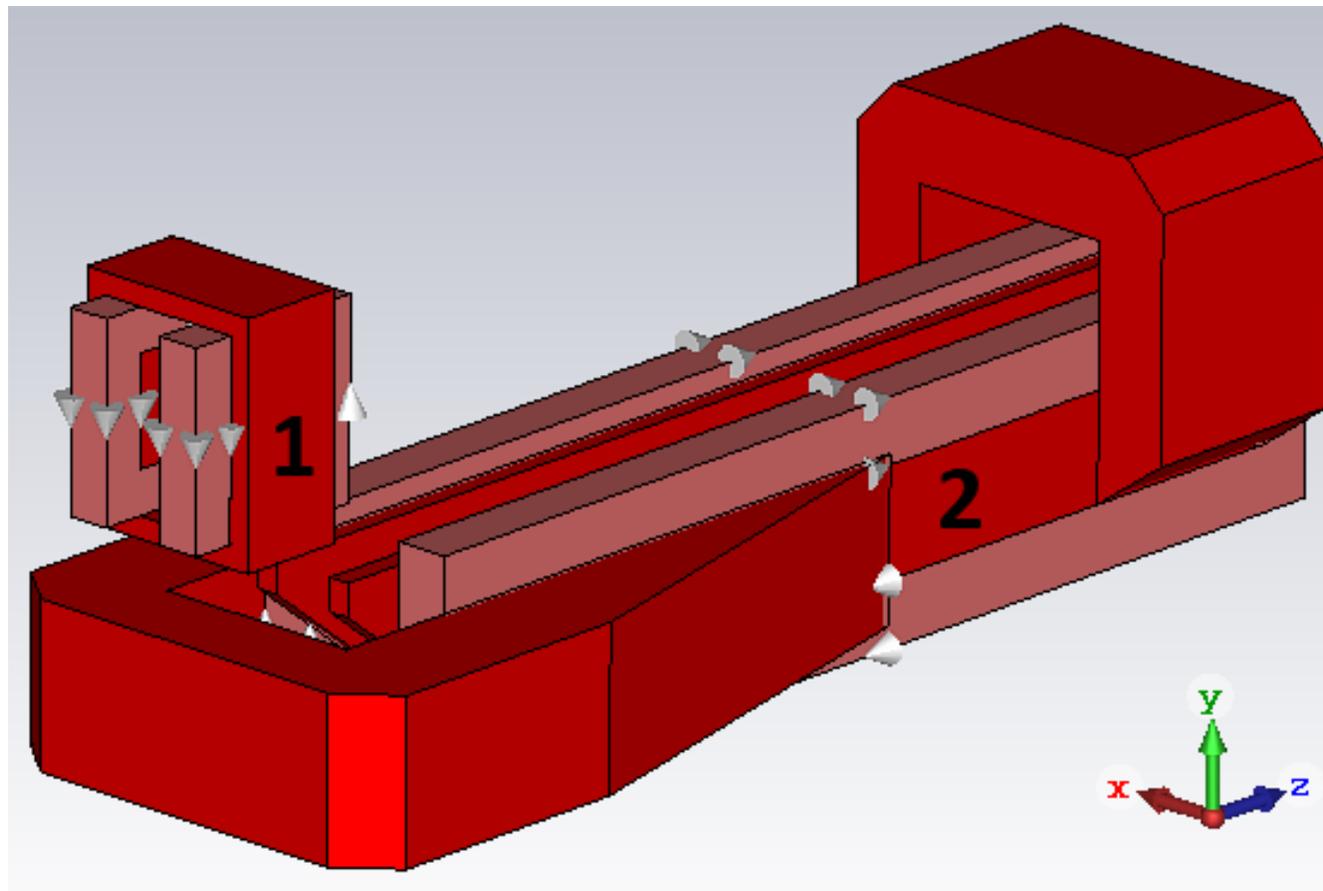


Магнит с рассеянным полем

Основанная идея – частичный поворот частиц происходит в рассеянном поле магнита поворота.

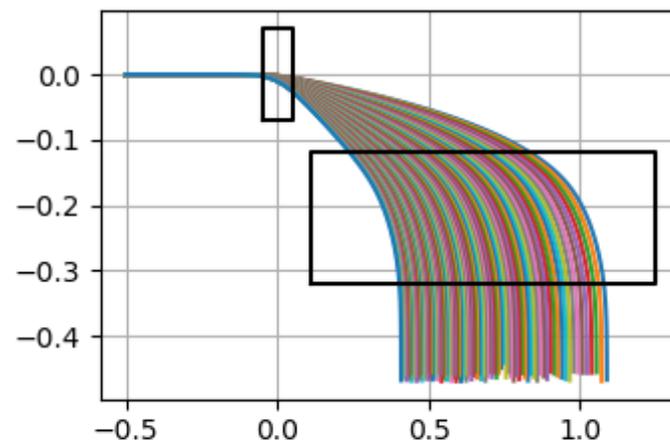
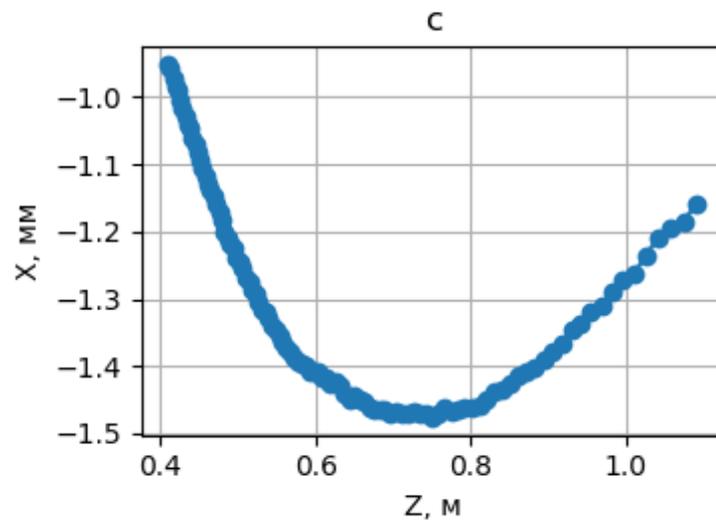
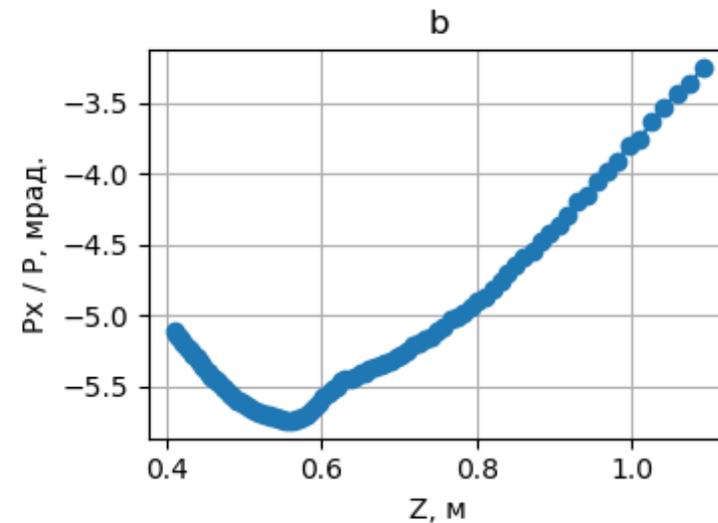
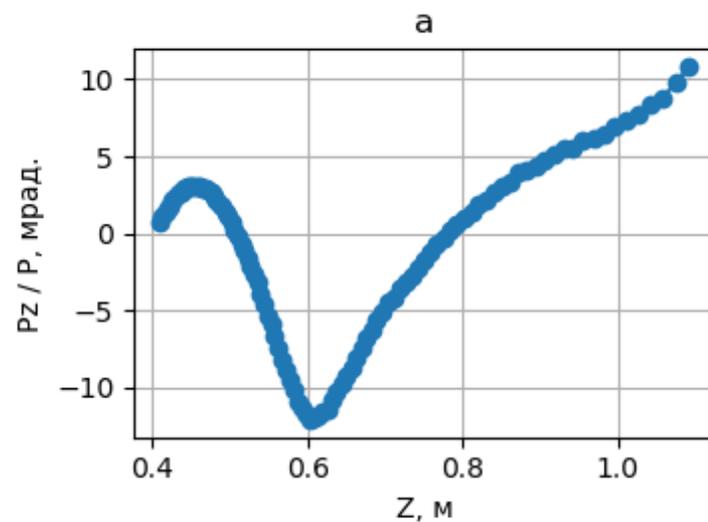
Производилась оптимизация взаимного расположения магнитов 1 и 2. А также геометрия полюса магнита 2

Параметры магнита с рассеянным полем	
Масса магнита, кг	367
Размеры магнита X-Y-Z, м	42 X 48 X 129
Поле магнита развертки, Тл	0.02 – 0.1
Максимальное поле на оси поворотного магнита, Тл	0.165



Параметры частиц на выходе

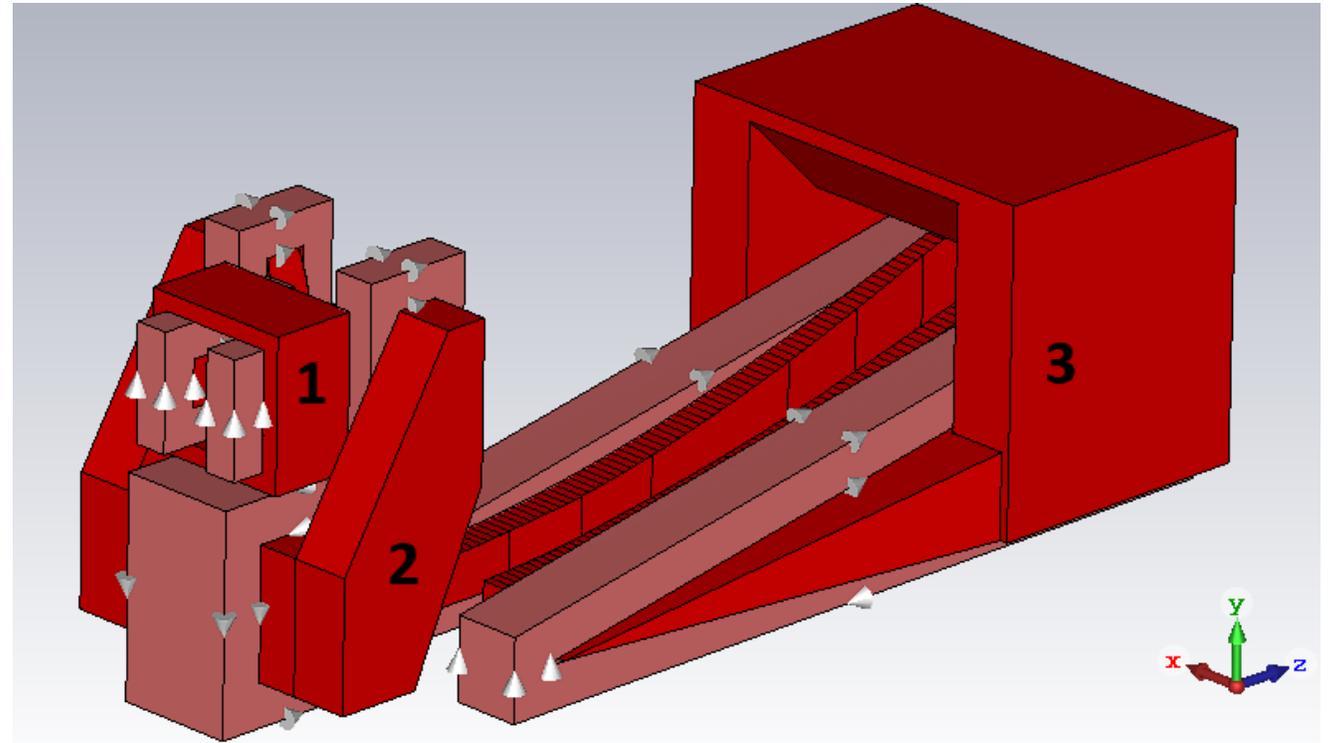
На рисунке представлены параметры монохроматических частиц с энергией 11 МэВ на выходе из магнита. Видно, что посредством оптимизации полюса выходного магнита можно минимизировать угол вылета частиц из магнита по оси Z



Трехмагнитная система

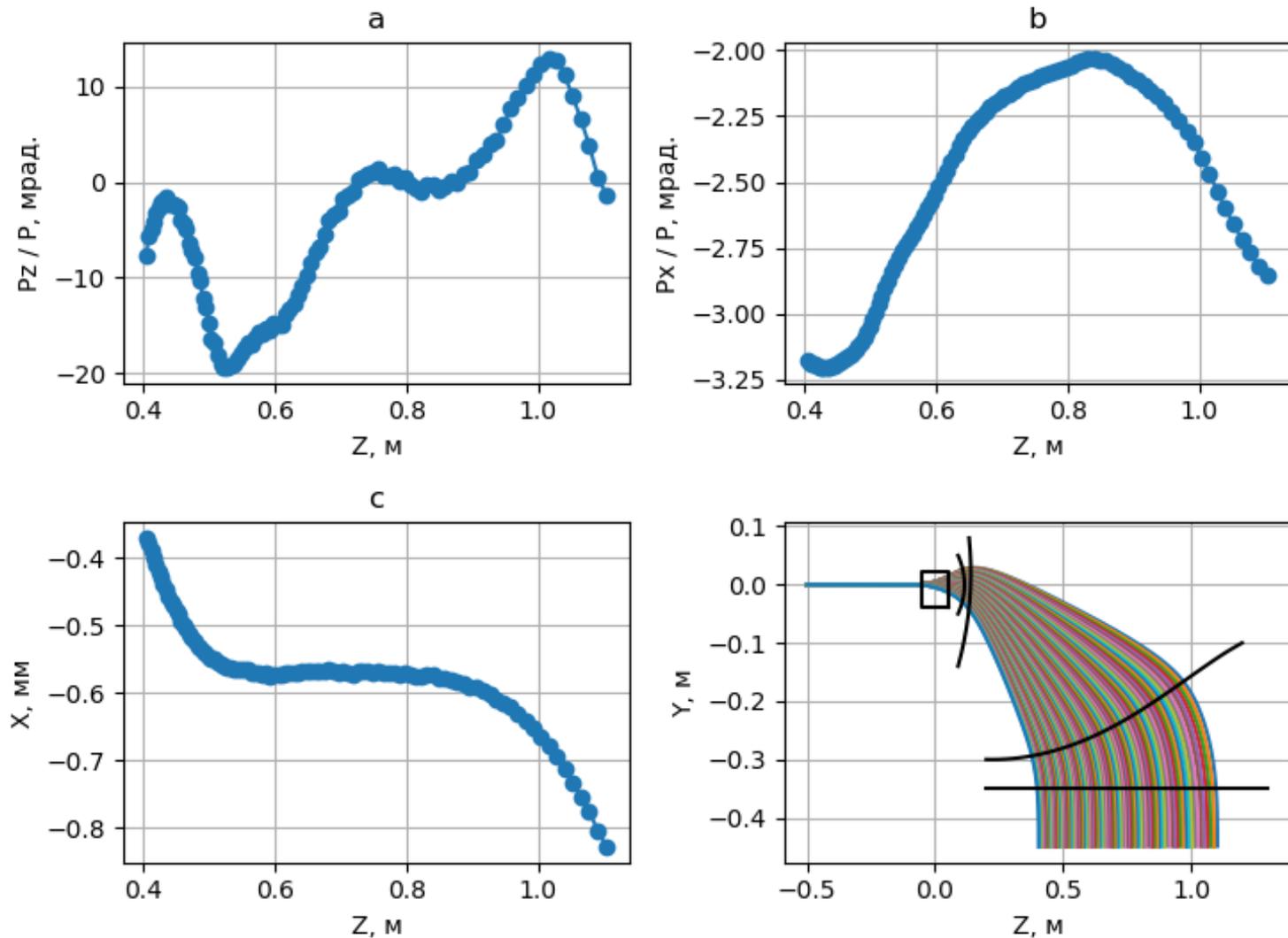
Предварительный поворот частиц происходит в магните 2, которой также отмечается за оптические свойства пучка на выходе.

Параметры трехмагнитной системы	
Масса магнита, кг	466
Размеры магнита X-Y-Z, см	38 X 43.1 X 127
Поле магнита развертки, Тл	-0.075 – 0.065
Максимальное поле на оси магнита 2, Тл	0.196
Максимальное поле на оси магнита 3, Тл	0.203

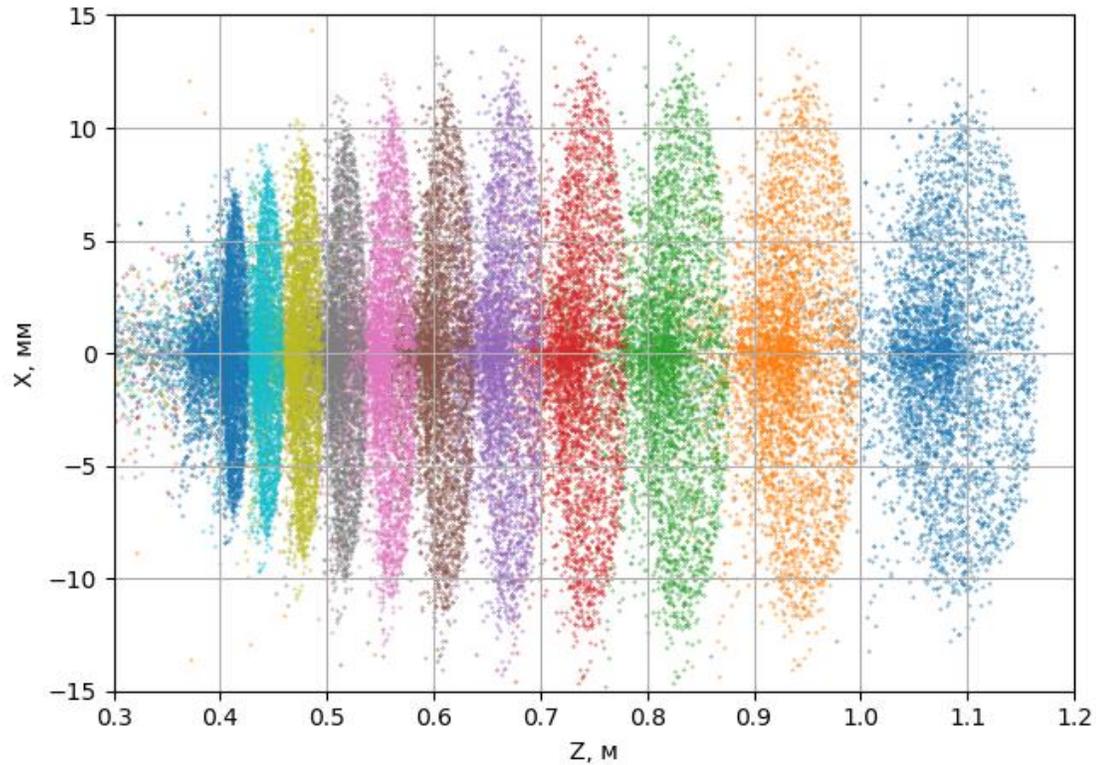


Параметры частиц на выходе

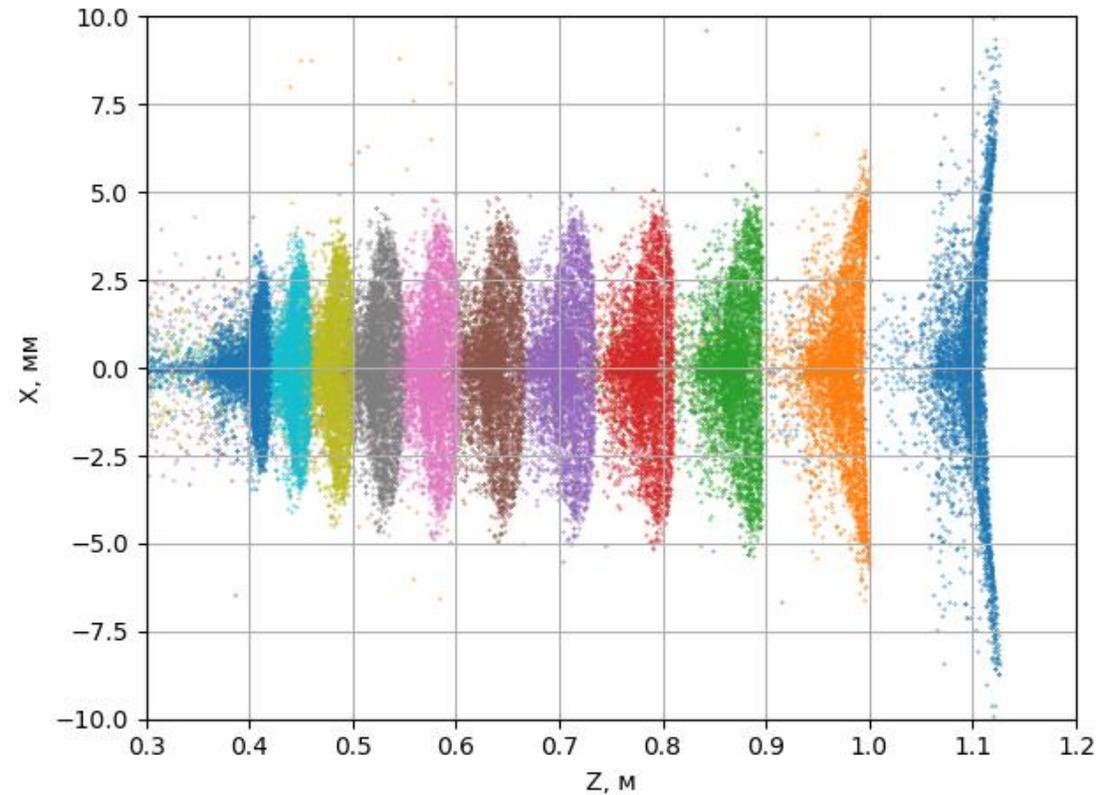
На рисунке представлены параметры монохроматических частиц с энергией 11 МэВ на выходе из магнита. Видно, что посредством оптимизации полюса второго магнита можно минимизировать разброс по угла по направлению X, тем самым повысив равномерность дозового распределения.



Сравнение пучков на выходе из ускорителя

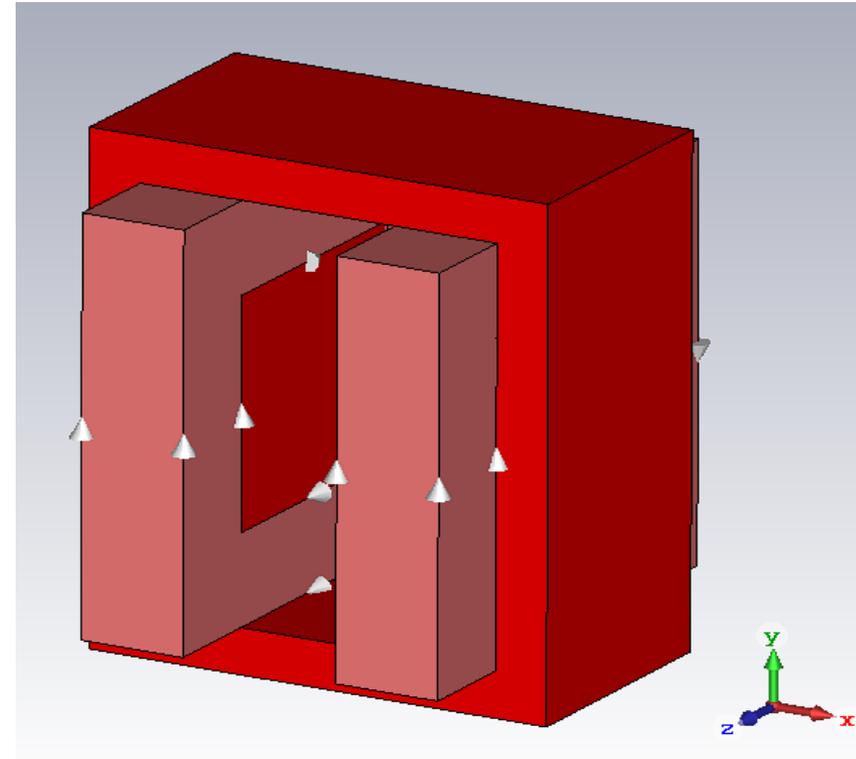
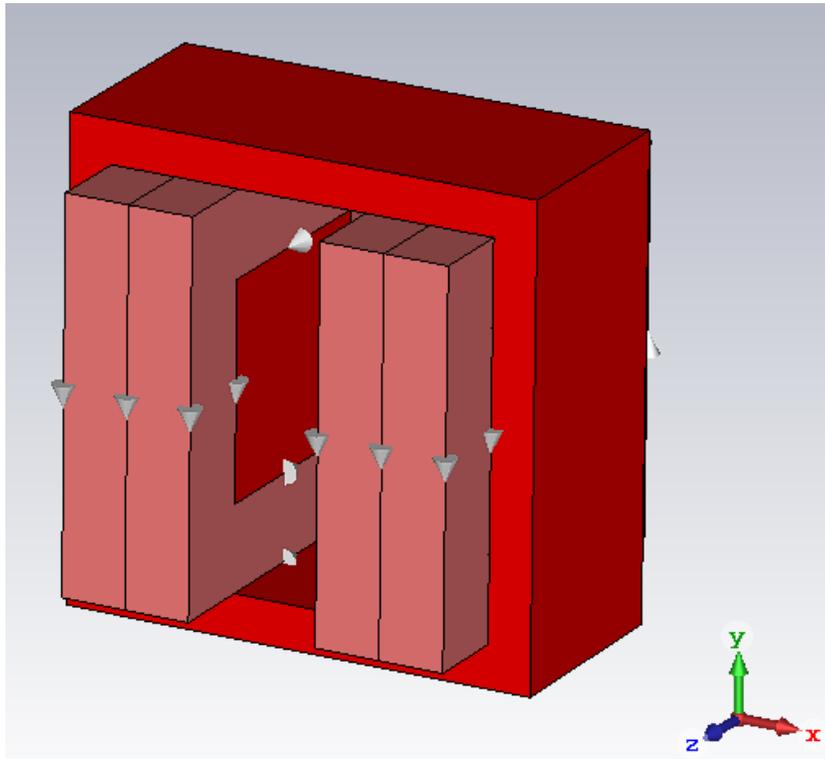


Распределения частиц от ускорителя на выходе из магнита с рассеянным полем



Распределения частиц от ускорителя на выходе из варианта трехмагнитной системы

Сравнение магнитов развертки



В магните развертки для магнита с рассеянным полем используется лишь половина обмоток для создания необходимой вариации магнитного поля. Что позволяет легче реализовать частоту сканирования в 20 Гц.

Вывод

В результате работы были рассчитаны несколько вариантов магнитов развертки. Основными являются варианты с рассеянным полем и трехмагнитная система. Из плюсов первой можно выделить более простую конструкцию и меньшие требования к самому магниту развертки. Трехмагнитная система обладает лучшими выходными характеристика пучка. Однако ввиду рассеяния электронов на выходной фольге магнита, это не будет иметь существенного влияния.

Спасибо за внимание!