

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА УСТРОЙСТВА БАНЧИРОВКИ ПУЧКА В ЛИНЕЙНОМ КОЛЛАЙДЕРЕ

Разработана программа моделирования и оптимизации параметров системы банчировки пучка в линейном коллайдере.

Создание коллайдеров – ускорителей на встречных пучках электронов и позитронов направлено на решение проблемы выяснения глубинных основ строения материи [1]. Основные элементы, из которых состоит линейный ускоритель, представлены на рис.1.

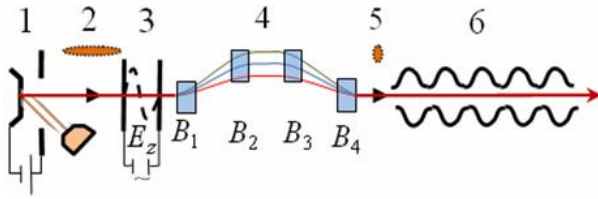


Рис. 1 – Схема линейного ускорителя с устройством банчировки пучка

Здесь электронная пушка 1 с лазерной активацией эмиссии создает электронный ступок (банч) 2 длиной d'_z . Для последующего ускорения в системе резонаторов 6 ступок требуется сжать по длине. При этом используют систему банчировки, которая состоит из модулятора скорости электронов 3 и системы отклоняющих магнитов 4. Проходя модулятор 3 в переменном поле E_z , электроны первой половины пучка тормозятся, второй половины – ускоряются. Затем в системе отклоняющих магнитов задние электроны проходят по более коротким траекториям, чем передние. В результате пучок сжимается и принимает вид 5. Задача расчета системы банчировки состоит в подборе параметров модулятора, при которых обеспечивается требуемое сжатие пучка.

Сформулируем задачу Коши для движения электронов в системе банчировки:

$$\frac{d\vec{P}_i}{dz} = \frac{-(\vec{E} + [\vec{\beta}_i \cdot \vec{B}])}{\beta_{zi}};$$

$$\frac{dx_i}{dz} = \frac{\beta_{xi}}{\beta_{zi}}; \frac{dy_i}{dz} = \frac{\beta_{yi}}{\beta_{zi}}; \frac{dt_i}{dz} = \frac{1}{\beta_{zi}}.$$

При $z = 0$: $P_{xi}=0, P_{yi}=0, P_{zi}=\gamma_0\beta_{z0},$
 $x_i=0, y_i=0, t_i=d_z(i-1)/(n_e-1)d_z/\beta_{z0}.$

Здесь $\vec{\beta}_i = (v_{xi}, v_{yi}, v_{zi})/c$ – вектор скорости электрона, $\vec{P}_i = \gamma_i\vec{\beta}_i = (P_{xi}, P_{yi}, P_{zi}), \gamma_i = \sqrt{1 + \vec{P}_i^2},$ t_i – время пролета электроном сечения $z,$ n_e – количество электронов, $\vec{E} = E'/E_m,$ $\vec{B} = B'c/E_m$ – электрическое и магнитное поля, $E_m = m_0\omega_0c/e$ – величина, выбранная для обезразмеривания, ω_0 – базовая частота, $t = \omega_0 t',$ $(x, y, z, d_z) = (x', y', z', d'_z)\omega_0/c$ – безразмерные время и расстояния. Поле в зазоре ширины L_E модулятора: $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + \phi) \vec{z}_0,$ $\omega = \pi\beta_0/\sigma_z.$ Магниты имели длину L_B и поле $B_x,$ что обеспечивало отклонение электронов в направлении оси $y,$ L_{12}, L_{34}, L_{23} – расстояния между магнитами.

Для решения задачи Коши был запрограммирован метод Рунге-Кутты 4-го порядка точности. Расчеты показали, что при подборе параметров такая система приводит к продольному сжатию электронного пучка. На рис.2 приведена картина траекторий электронов в системе банчировки при $\beta_{z0} = 0.9, d_z = 1, L_E = 0.15, E_0 = 0.48,$ $\phi = -0.28, L_B = 2, B_x = 0.16, L_{12} = 20, L_{34} = 4, L_{23} = 20.$ Видно, что траектории электронов, получивших различное ускорение, проходят различное расстояние. При этом наблюдается практически линейное уменьшение длины пучка.

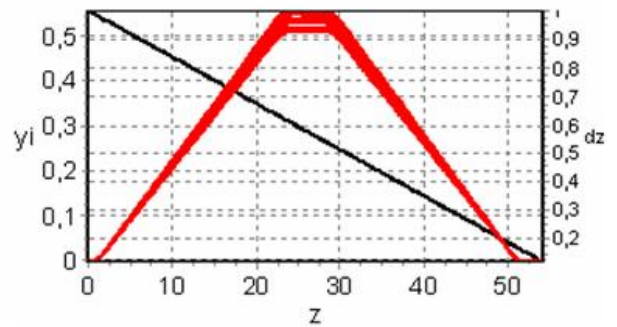


Рис. 2 – Траектории $y_i(z)$ и изменение $d_z(z)$

1. Вопросы теории, конструкции коллайдеров.
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/colliders/col1.htm>

Семёник Кристина Петровна, студентка 1 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, kristina.semenik@mail.ru.

Научный руководитель: Синицын Анатолий Константинович, профессор кафедры вычислительных методов и программирования БГУИР, доктор физ.-мат.наук, профессор, sinitsyn@cosmostv.by.