

## Варианты оптических структур бустера

Первоначальная схема бустера, предложенная А.Бутенко, В.Михайловым, рассмотрена в «Концептуальном проекте ускорительного комплекса NICA, Дубна, 2008» и основана на структуре типа FODO. Неструктурные элементы размещаются в периоде с пропущенными дипольными магнитами. Недостатком этой структуры FODO1 является присутствие линзы D в середине каждого прямолинейного промежутка, что уменьшает свободное пространство для размещения неструктурных элементов. Необходимость увеличить длину свободного промежутка для размещения системы электронного охлаждения обусловили рассмотрения других вариантов структур, условно обозначенных здесь как: FODO2, DFO1 (предложены О.Козловым); DFO2 (В.Михайловым). Аналогично структуре FODO1 все другие структуры имеют суперпериодичность 4, используют одну и ту же конструкцию дипольного магнита и квадрупольной линзы, периметры колец практически одинаковы (кроме DFO2).

Далее приводятся краткие характеристики данных схем ускорителя в виде графиков структурных функций в суперпериоде, а также иллюстрации динамических апертур бустера с учетом компенсации естественной хроматичности.

В заключении представлено сравнение основных параметров предложенных структур и сделаны выводы относительно преимуществ практического применения выбранных вариантов бустера.

### 1). Структура FODO1

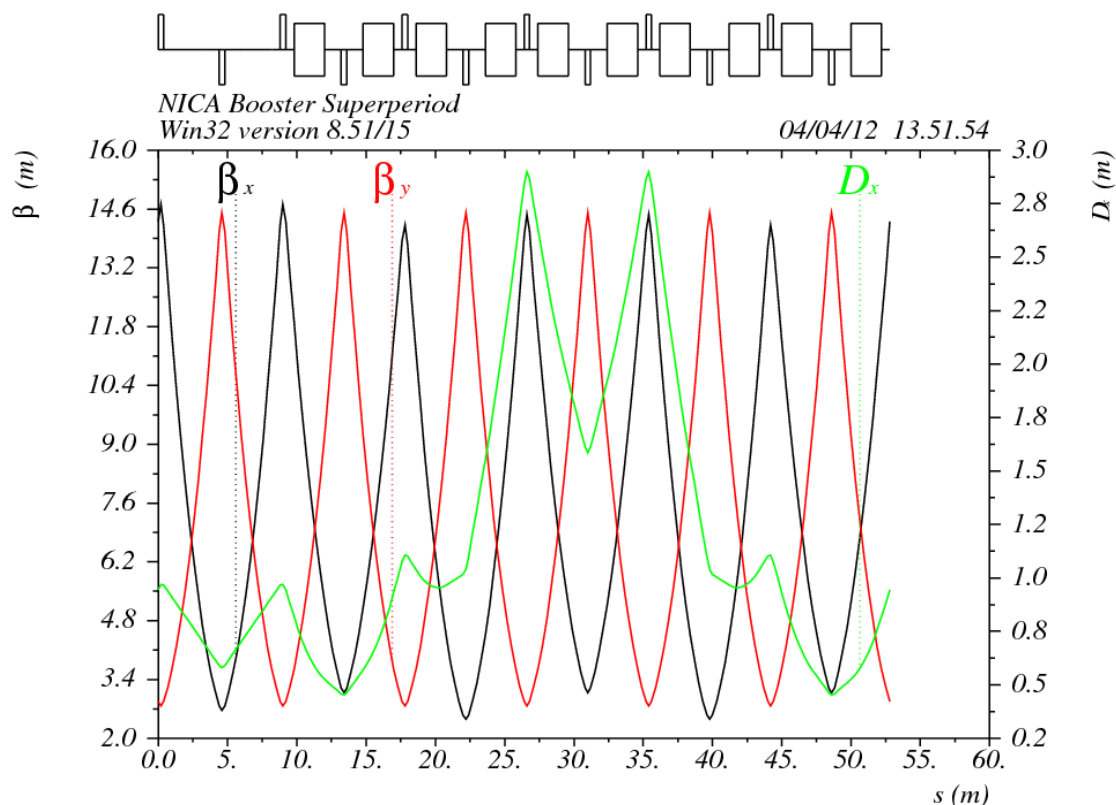


Рисунок 1. Бетатронные и дисперсионные функции суперпериода, структура FODO1.

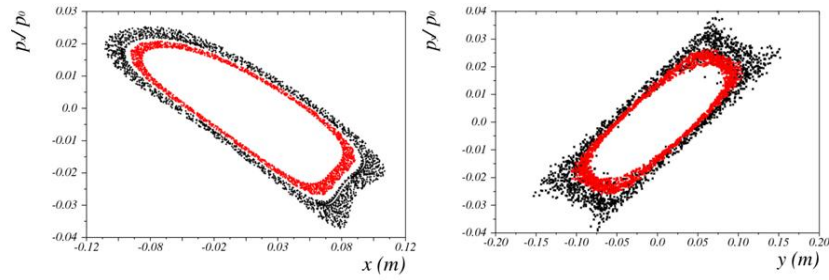


Рисунок 2. Характерные фазовые картины динамических апертур структуры FODO1 в центре прямолинейного промежутка ( $s=2.4$  м) при  $E_K=0.6$  ГэВ/н и коррекции хроматичности (секступольные линзы:  $N_F=N_D=8$ ,  $G'_F=40$  [Тл/м<sup>2</sup>],  $G'_D=-72$  [Тл/м<sup>2</sup>]).  $DA_{X,Y} \approx 1500$  п мм мрад.

## 2). Структура FODO2

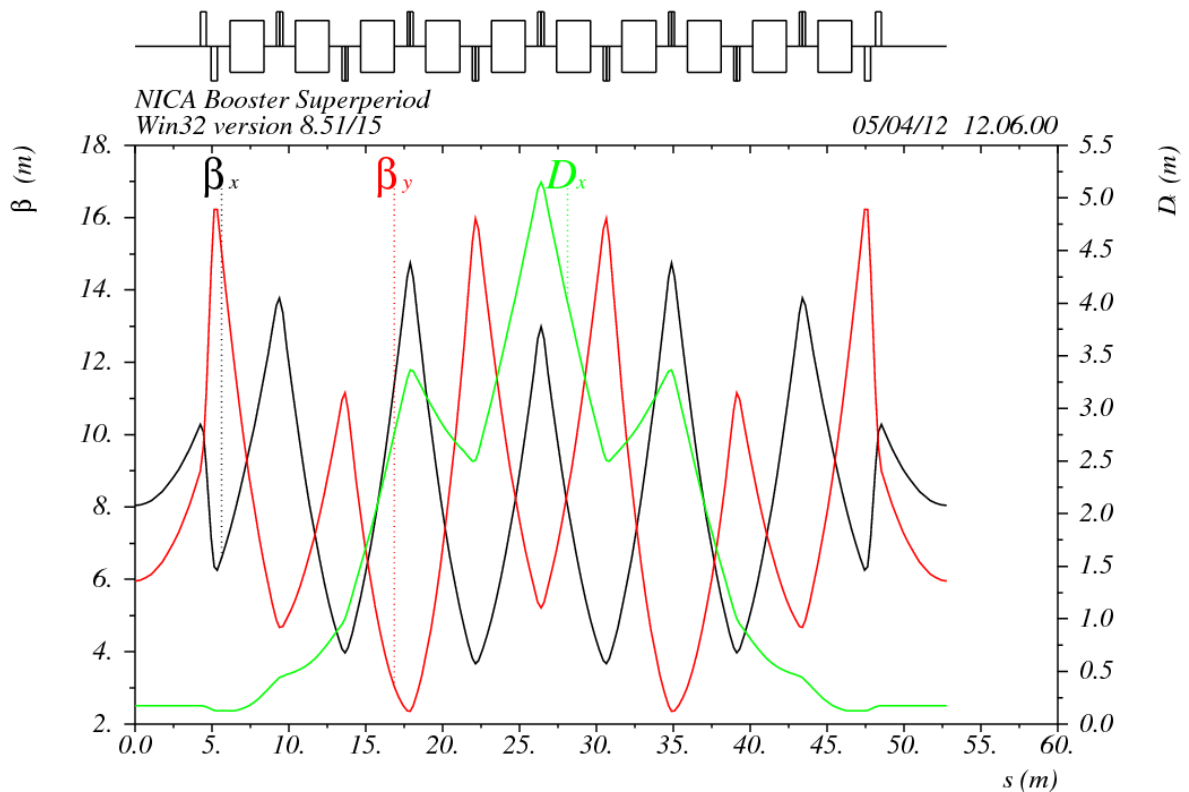


Рисунок 3. Бетатронные и дисперсионные функции суперпериода, структура FODO2 ( $s=0$  – центр прямолинейного промежутка).

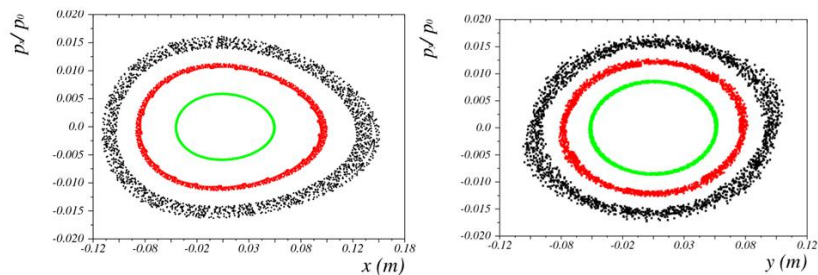


Рисунок 4. Характерные фазовые картины динамических апертур структуры FODO2 в центре прямолинейного промежутка ( $s=0$  м) при  $E_K=0.6$  ГэВ/н и коррекции хроматичности (секступольные линзы:  $N_F=N_D=4$ ,  $G'_F=25$  [Тл/м<sup>2</sup>],  $G'_D=-55$  [Тл/м<sup>2</sup>]).  $DA_{X,Y} \approx 1200$  п мм мрад.

### 3). Структура DFO1

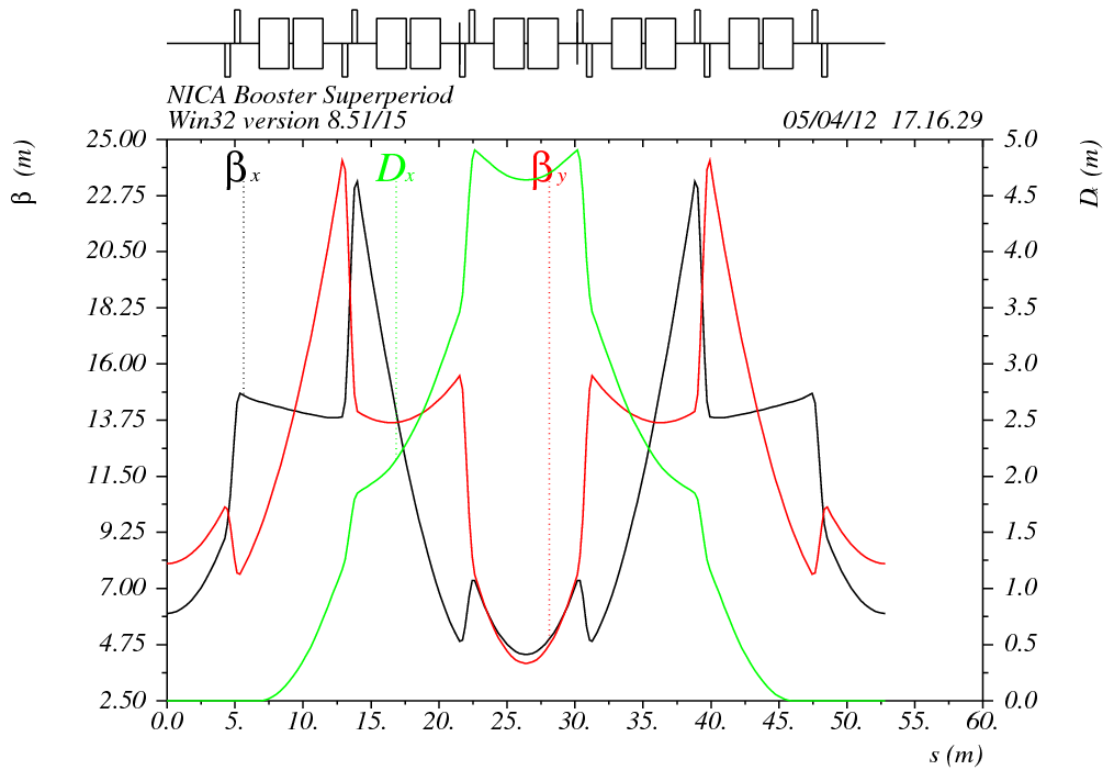


Рисунок 5. Бетатронные и дисперсионные функции суперпериода, структура DFO1 ( $s=0$  – центр прямолинейного промежутка).

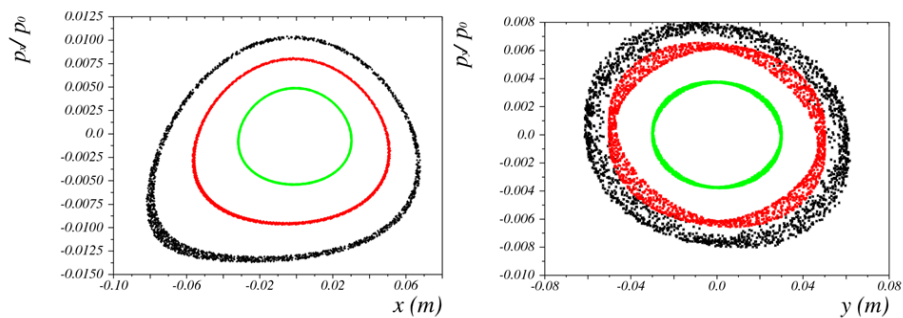


Рисунок 6. Характерные фазовые картины динамических апертур структуры DFO1 в центре прямолинейного промежутка ( $s=0$  м) при  $E_K=0.6$  ГэВ/н и коррекции хроматичности (секступольные линзы:  $N_F=N_D=4$ ,  $G'_F=62$  [Тл/м<sup>2</sup>],  $G'_D=-67$  [Тл/м<sup>2</sup>]).  $DA_{X,Y} \approx 600$  п мм мрад.

#### 4). Структура DFO2

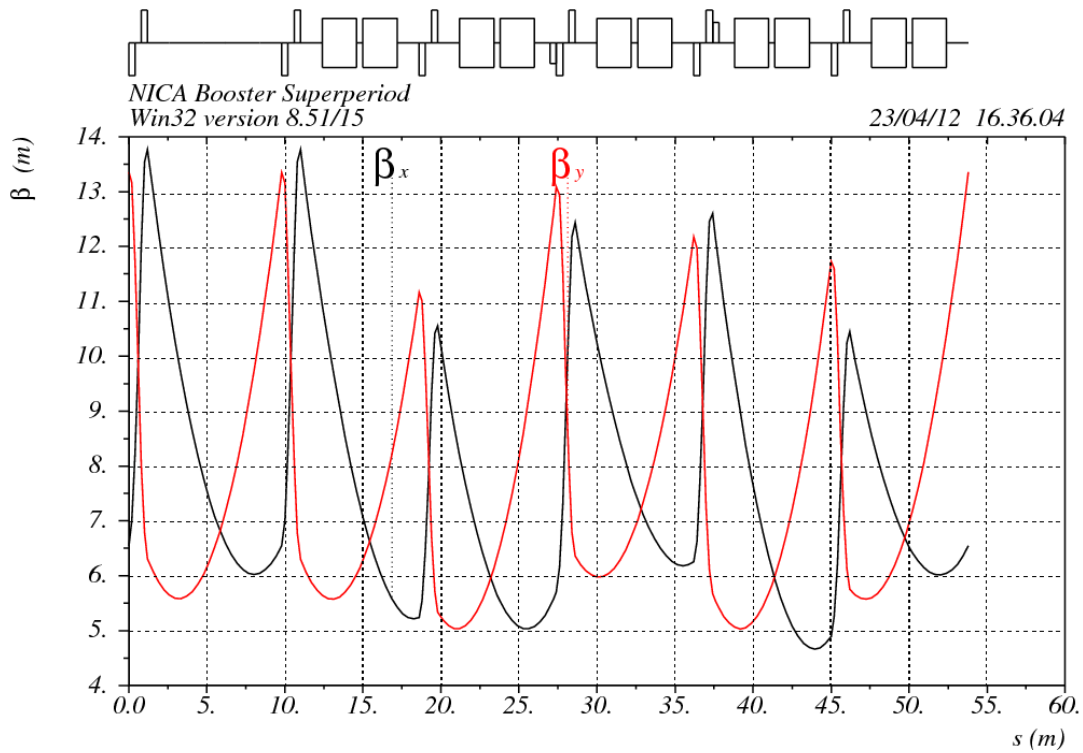


Рисунок 7. Бетатронные функции суперпериода, структура DFO2 ( $s=5.5\text{м}$  – центр прямолинейного промежутка).

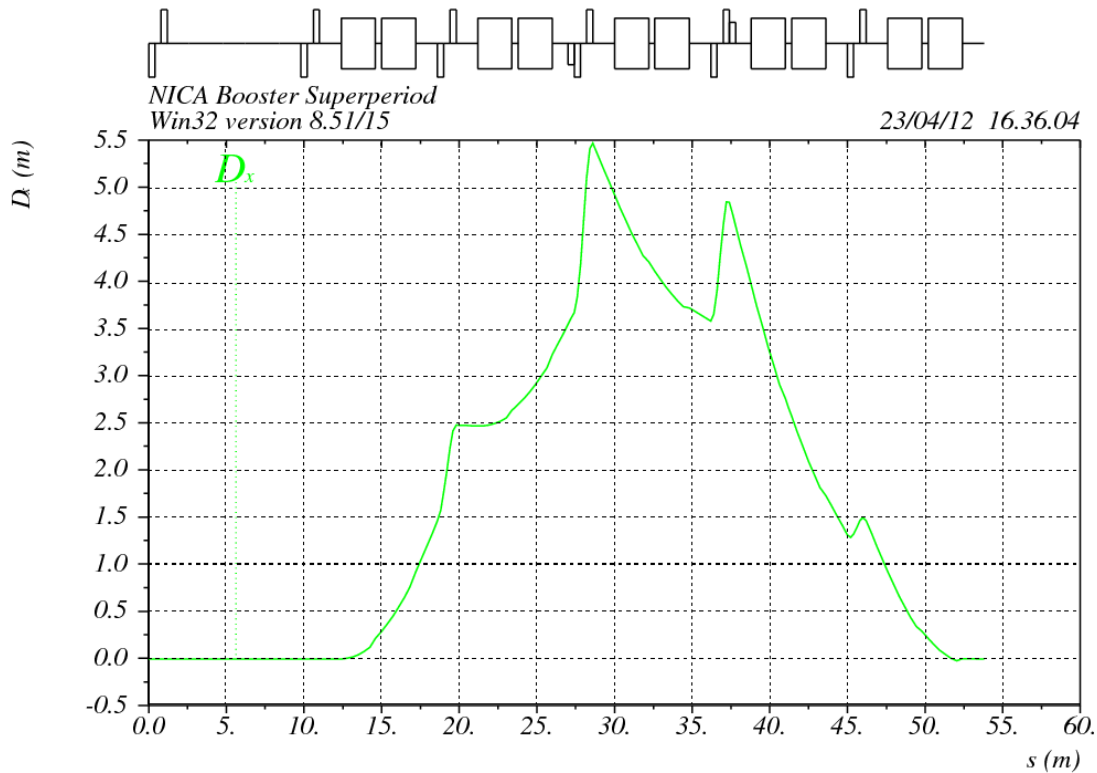


Рисунок 8. Дисперсионная функция суперпериода, структура DFO2 ( $s=5.5\text{м}$  – центр прямолинейного промежутка).

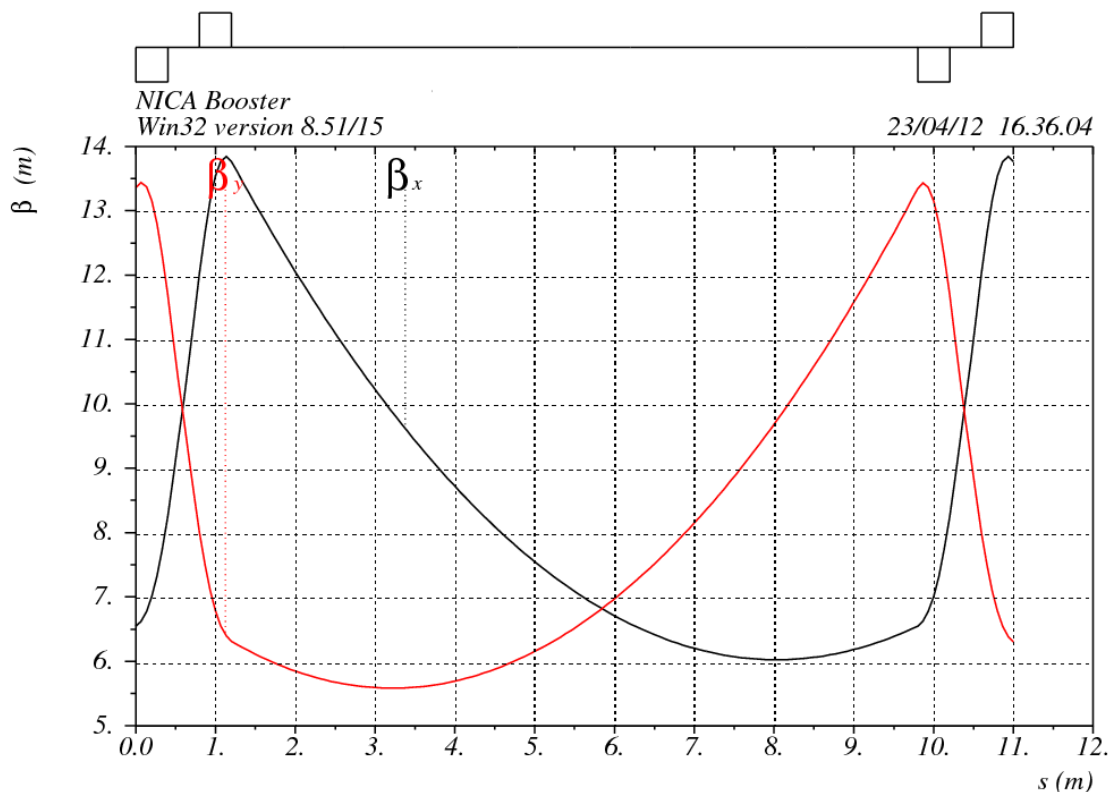


Рисунок 9. Бетатронные функции в прямолинейном промежутке, структура DFO2.

### Выводы: сравнение представленных структур.

В таблице 1 сведены основные параметры предложенных оптических структур FODO2, DFO1, DFO2, включая первоначальный вариант бустера FODO1. Структура DFO1, симметричная в суперпериоде относительно центра арки, и середины промежутка, приведена в качестве дополнительной альтернативы, но уступает FODO2 и DFO2 по величине акцептанса и динамической апертуры. Структуры FODO2 и DFO2 близки по акцептансам, средним значениям бета-функций в свободном промежутке и др. DFO2 имеет несколько большую динамическую апертуру. Но в обоих случаях динамическая апертура значительно превышает акцептанс колец. Структура DFO2 отличается регулярностью, что потребует меньшее количество источников питания квадрупольных линз. FODO2 обладает большими вариантами перестройки структуры с помощью дополнительных источников питания линз. Окончательный вывод относительно применимости той или другой структуры может дать сравнение темпов электронного охлаждения ионного пучка.

Таблица 1. Основные параметры структур бустера.

Lattice	FODO1	FODO2	DFO1	DFO2
Total length, [m]	211.2			215.2
Drift length, [m]	4.0	8.5	8.5	8.6
$Q_X/Q_Y$	5.80/5.85	4.48/5.15	3.77/3.38	4.8/4.85
$Q_{X'}/Q_{Y'}$	-6.45/-6.81	-4.28/-5.74	-4.22/-4.28	-5.13/-5.53
$\gamma_{tr}$	5.04	4.20	4.11	4.53
$\beta_X/\beta_Y$ max, [m]	14.30/14.05	14.75/16.22	23.31/24.15	13.76/13.35
$\beta_X/\beta_Y$ average, drift , [m]	9/9	9/7	7/9	8/8
$D_X$ max, [m]	2.86	5.15	4.90	5.46
Acceptance, $A_X/A_Y$ , [ $\pi$ mm mr]	295/73	290/63	180/42	300/76
$B_{max}$ (dipole), [T]	1.78			
L(dipole), [m]	2.2			
$G_{max}$ (quad), [T/m]	20.16	32.75	28.25	31.5
L(quad), [m]	0.4			
$G_{max}$ (sext), [T/m <sup>2</sup> ]	70	55	67	53
L(corr), [m]	0.3			0.4
Dyn. Aperture, ( $E_{k,max}=0.6$ GeV/u), $DA_X/DA_Y$ , [ $\pi$ mm mr]	1500	1200	600	2000/1200

О.Козлов

24.04.2012