



Статус систем синхротронов У70 / У1.5, существенных для ускорения пучка $p \uparrow$

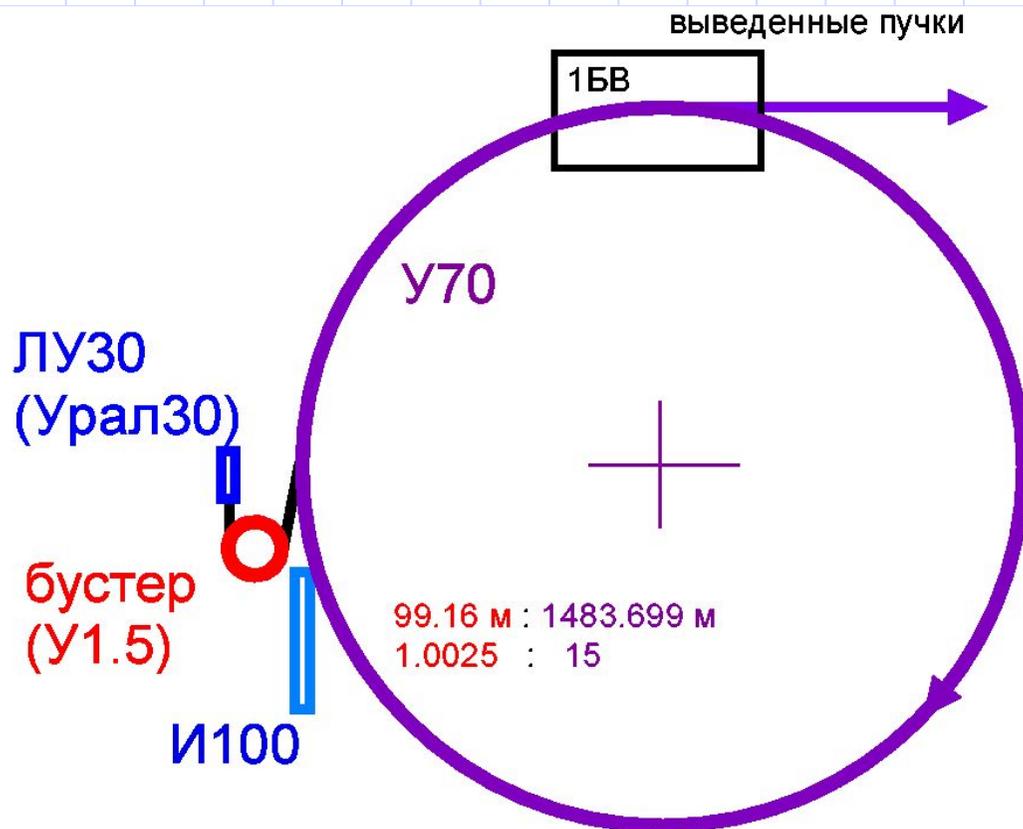
Е.Ф. Троянов, С.В. Иванов (ИФВЭ)

Рабочее совещание "Возможность ускорения поляризованного
протонного пучка на ускорительном комплексе У70"
ИФВЭ, Протвино, 1-2 марта 2005

Содержание

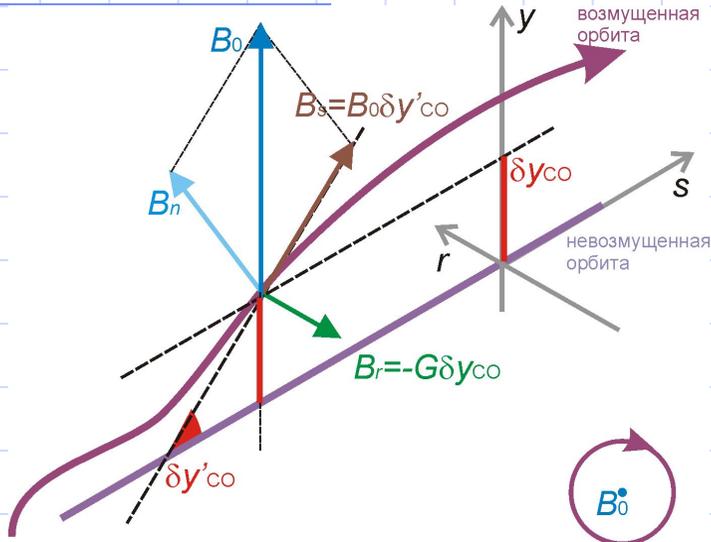
1. ускорительный комплекс ИФВЭ в целом
2. $p \uparrow$ в кольцевом ускорителе: спин и бетатронное движение
3. синхротрон У70
 - a) есть ли свободное место в кольце У70?
 - b) вертикальные искажения замкнутой орбиты
 - c) вертикальный эмиттанс пучка
4. бустер У1.5
5. заключение

Ускорительный комплекс ИФВЭ



Трассы пучков в одной плоскости

Поляризованные p в синхротроне



Динамика

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{e}{m_0 \gamma} \left((1 + \gamma a) B_{\perp} + (1 + a) B_{\parallel} \right) \times S$$

уравнение Thomas-ВМТ, 1927-59

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{e}{m_0 \gamma} (B_{\perp}) \times p, \quad a = 1.79285$$

сила Лоренца

Магнитооптические вставки, где?

Линейные бетатронные резонансы

$$\nu = \gamma a = k \pm Q_y$$

$$\varepsilon_2 \propto (1 + \gamma a) \frac{\langle (G + \delta G) \cdot y \rangle}{B_0} + (1 + a) \frac{\langle (B + \delta B) \cdot \delta y' \rangle}{B_0}$$

$$\varepsilon_2 \propto \sqrt{\varepsilon_y / \beta \gamma}$$

Вертикальный эмиттанс пучка

Внешние резонансы

$$\nu = \gamma a = k$$

$$\varepsilon_1 \propto (1 + \gamma a) \frac{\langle G \cdot \delta y_{co} \rangle}{B_0} + (1 + a) \frac{\langle B \cdot \delta y'_{co} \rangle}{B_0}$$

Вертикальные искажения ЗО

Протонный синхротрон У70

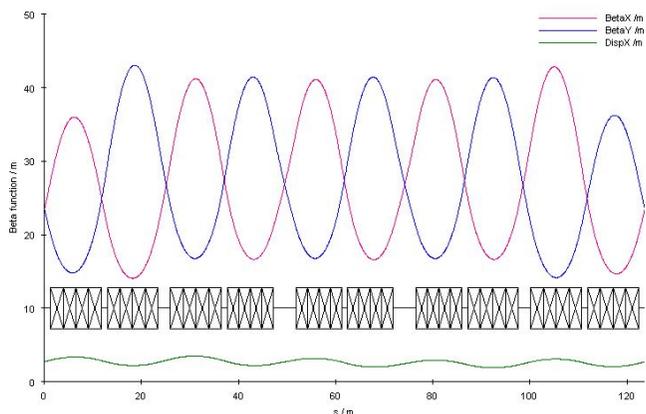
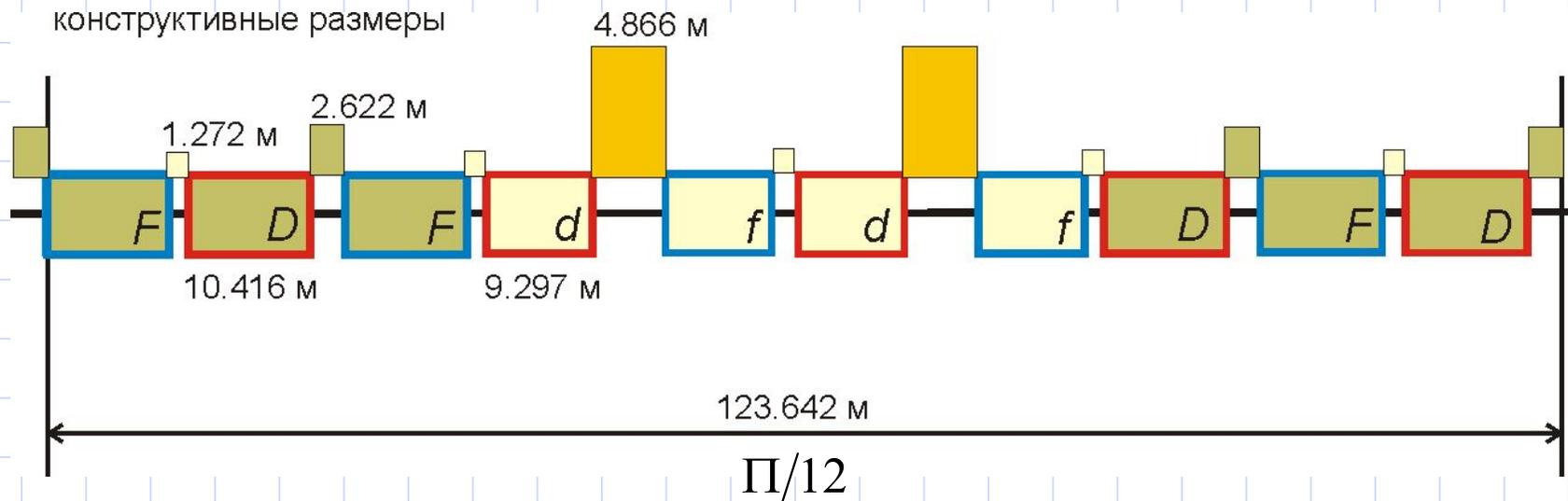


ИФВЭ, 1-2 марта 2005

5

Период магнитной структуры У70

конструктивные размеры



Коэффициент заполнения орбиты диполями

$$\frac{2\pi\rho}{\Pi} = \frac{2\pi \cdot 194.125 \text{ м}}{1483.699 \text{ м}} \approx 82\%$$

Прямолинейные промежутки У70



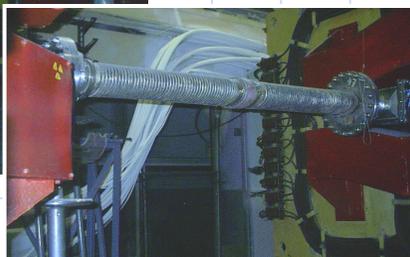
“короткий” ПТП (60)



“длинный” ПТП (24)



“средний” ПТП (36)



пустой ПТП8



ИФВЭ, 1-2 марта 2005

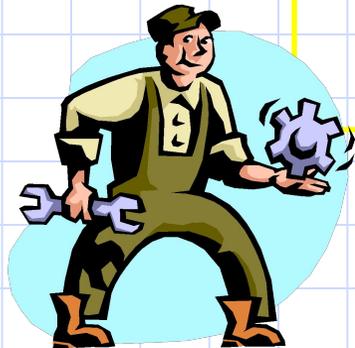
Высотное положение магнитов



Юстировка магнитной структуры?

- Геодезическая сеть
- Методика: совмещенные функции; 5 пакетов = 1 блок
- Вес блока, пакета. Подъемное оборудование
- Персонал, опыт юстировки
- Головная часть каналов

$\Sigma = 21000 \text{ т}$



180 т
(160 т)

36 т
(16 т)



ИФВЭ, 1-2 марта 2005

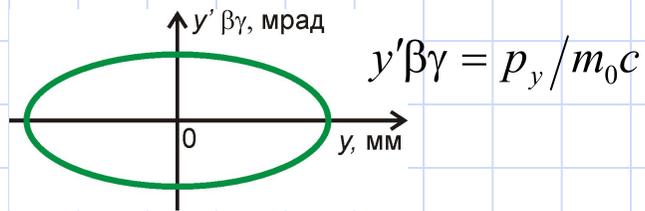
11

Эволюция вертикального эмиттанса

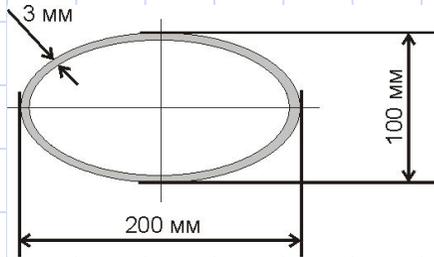
Инвариантный эмиттанс, вертикальный, π мм·мрад

	1σ	2σ (95%)	
BNL AGS; CERN PS, SPS	10	40	$\times 3.5$
У70, конец цикла, $\beta\gamma = 70$		$2 \cdot 70 = 140$	
У1.5, конец цикла, $\beta\gamma = 2.2$		$10 \cdot 2.2 = 22$	$\times 6.4$

ненормализованный



Резистивная стеночная неустойчивость



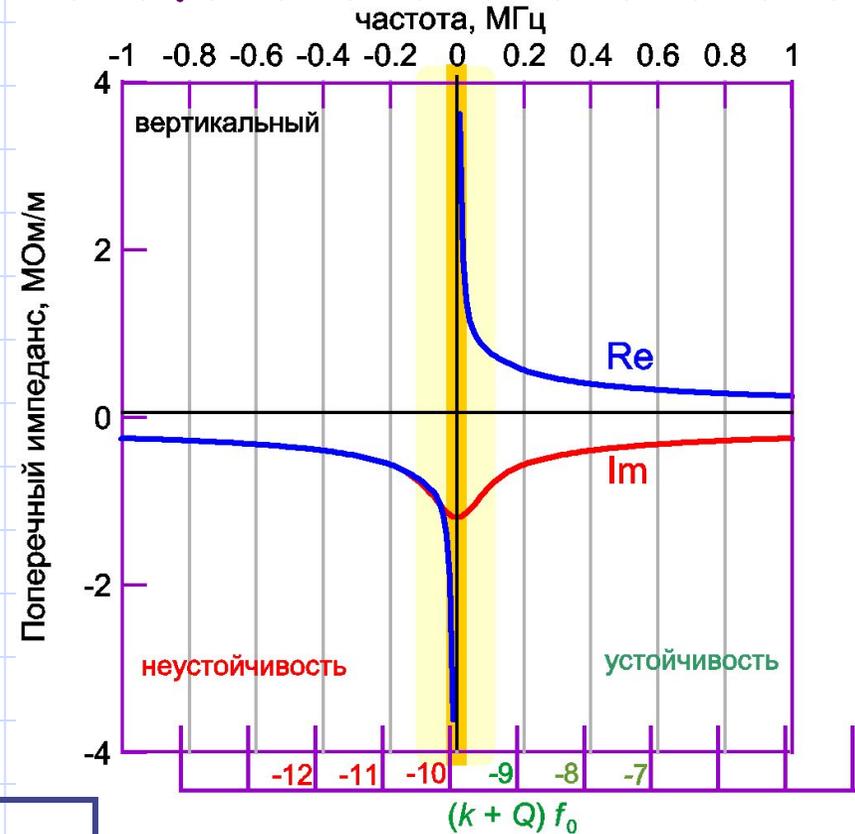
“сила”
неустойчивости
V: H = 1.83: 1

$$S_k(\Omega) = \frac{i\beta\omega_0}{\Pi} Z_k(k\omega_0 + \Omega) D_k(\Omega)$$

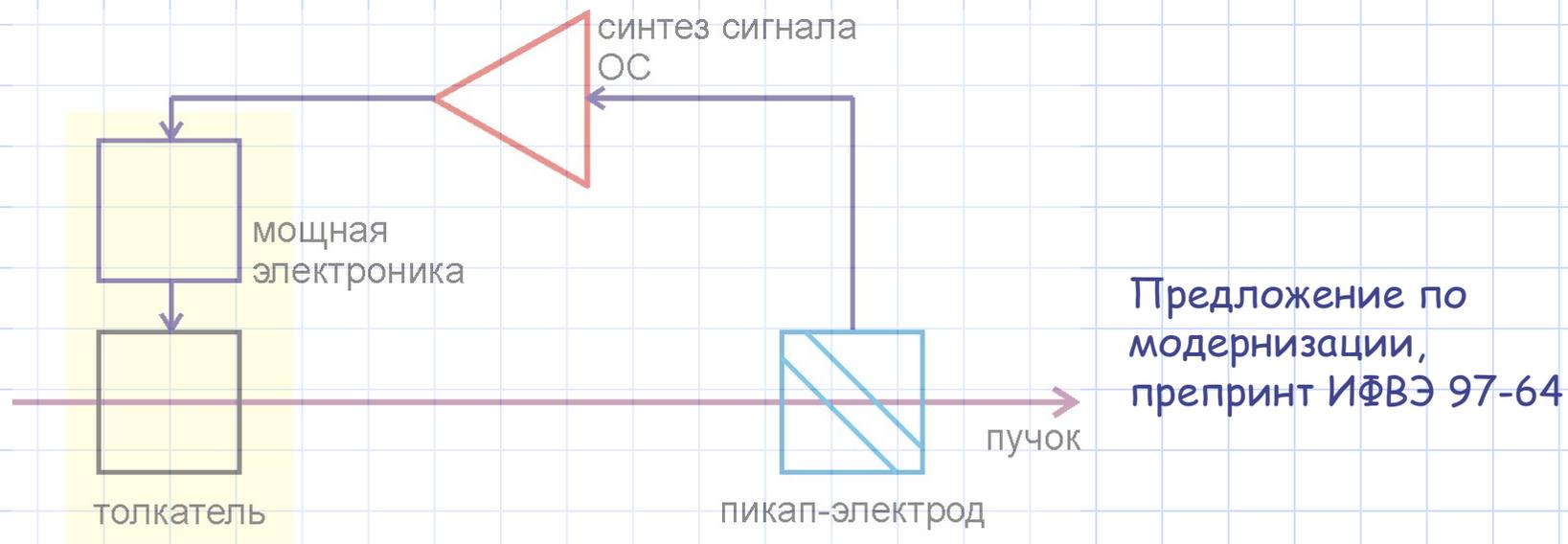
$$\Omega \cong Q\omega_0, \quad [Z] = \text{ОМ/М}$$

$$\Delta \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} \delta(\omega)$$

“тонкие” стенки	$Z_k(\omega) \propto 1/\omega + i \cdot \text{const}$
“толстые” стенки	$Z_k(\omega) \propto -i/\sqrt{-i\omega}$



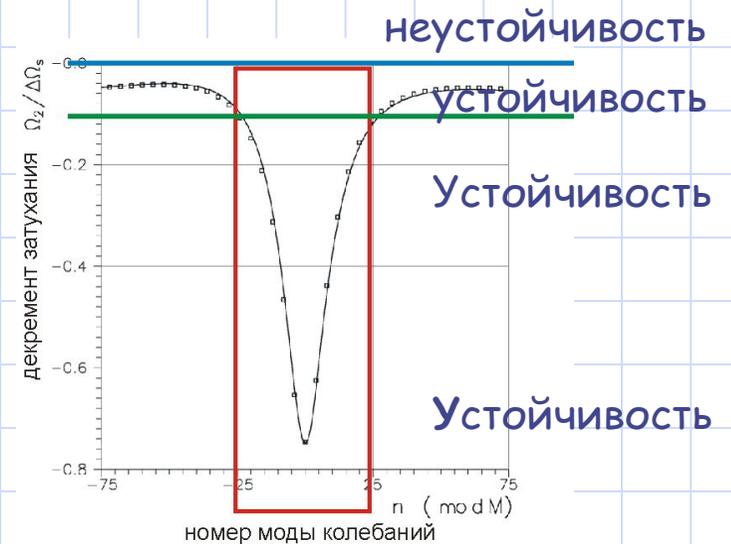
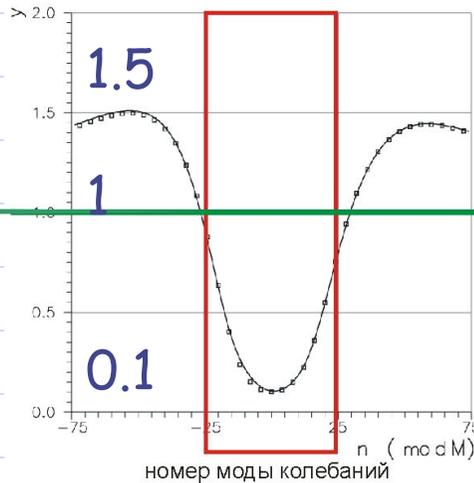
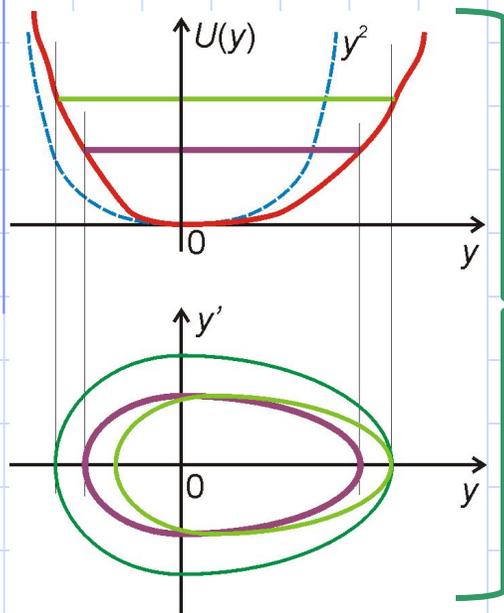
Системы поперечной ОС



ТЭ @ ПП2	0-0.2 МГц	±35.0 кВ	ПУ @ ПП116 (2) +
ТМ @ ПП90	0.2-3.5 МГц	±10.7 кВ	ПУ @ ПП107 + 111

Предотвращение роста фазового объема

filamentation

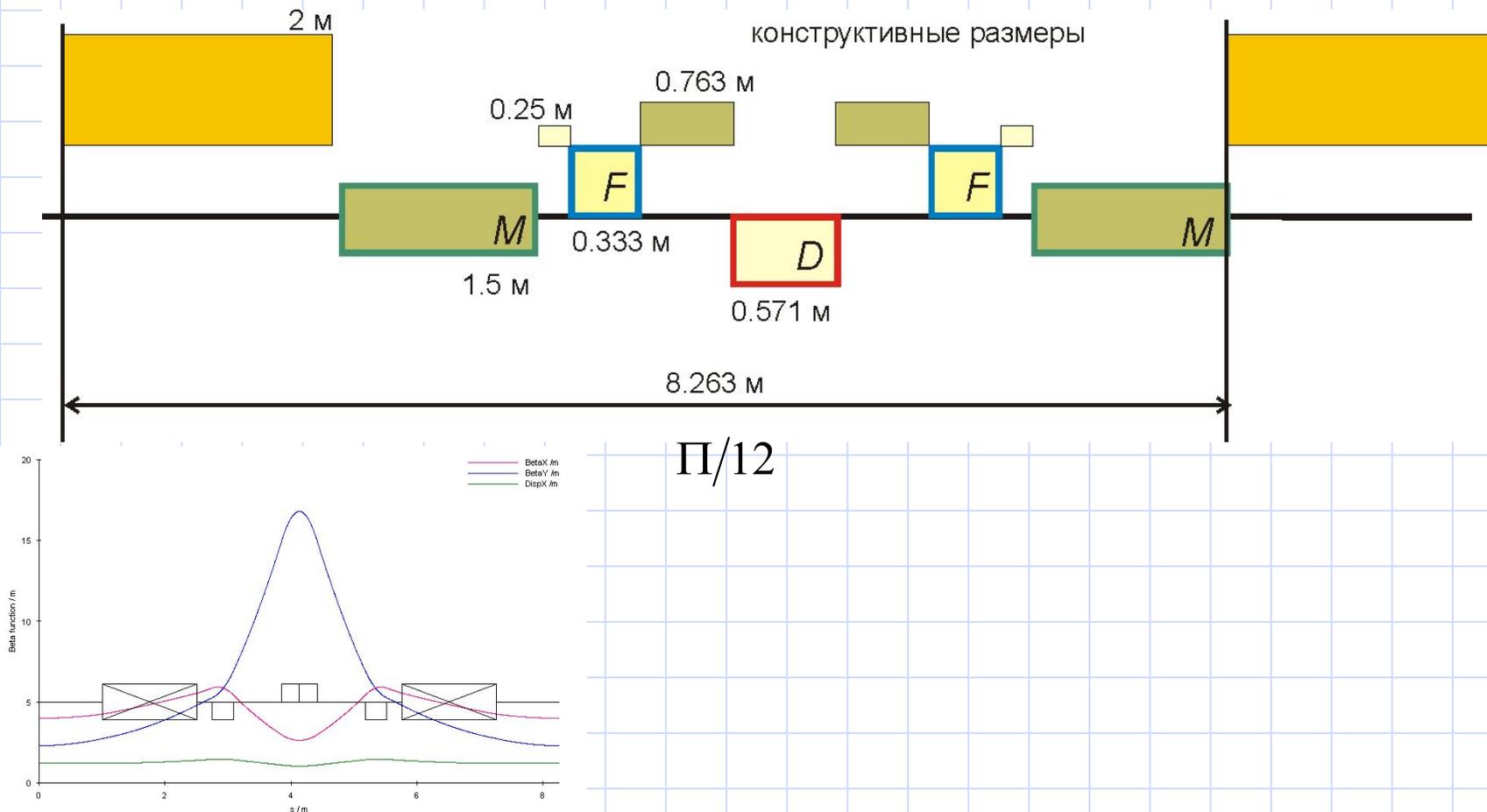


Баланс: коэффициент усиления, полоса пропускания, динамический диапазон, нелинейность движения

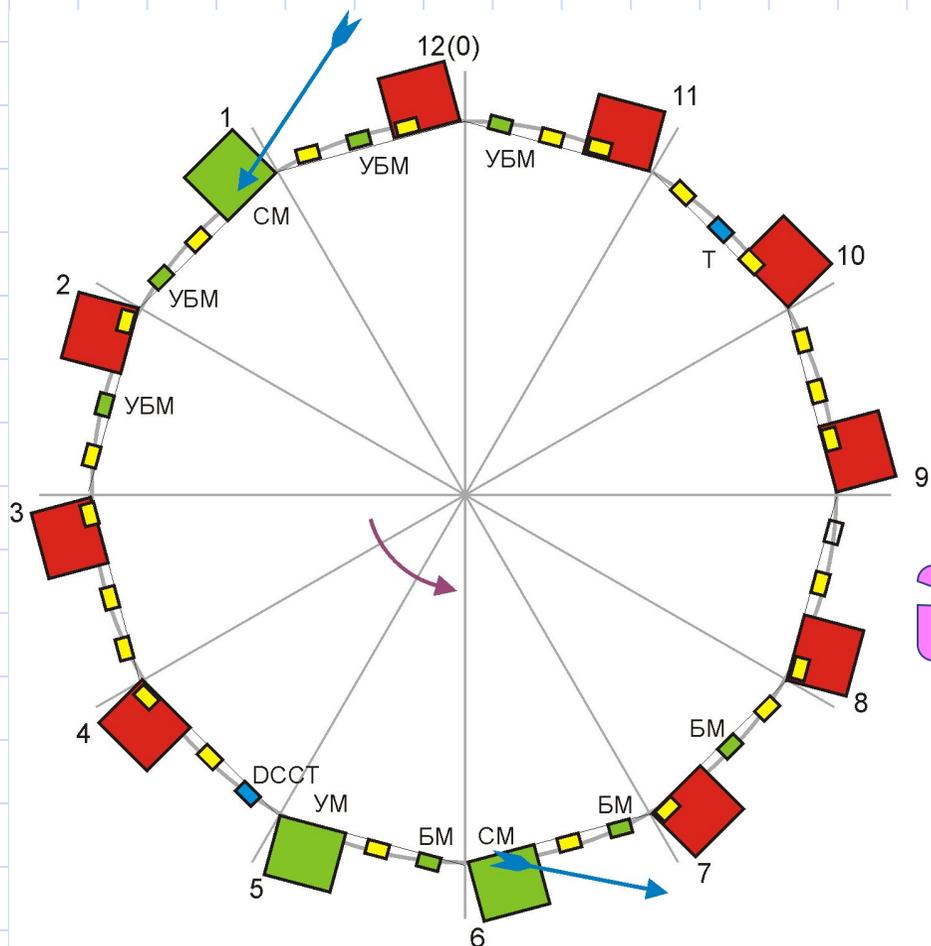
Синхротрон-бустер У1.5



Период магнитной структуры У1.5



Прямолинейные промежутки У1.5



препринт
ИФВЭ 92-142

$v=\gamma a$	2	3	3.8	4
E (кин), ГэВ	0.11	0.63	1.05	1.15

Перевод
при < 1 ГэВ

пустой
ППП

- системы ввода/вывода
- ускоряющие системы
- корректора магн. поля
- системы диагностики

D, Q, S, O
N & S
4 обмотки/к

Заключение

Необходимые мероприятия

Программа ускорения:	p ↔ $p\uparrow$
Освобождение места на орбите У70	-- +
Плоская орбита, юстировка м.структуры	-/+ +
Система вертикальной коррекции ЗО	+ +
Системы поперечной ОС	+ +
...	

