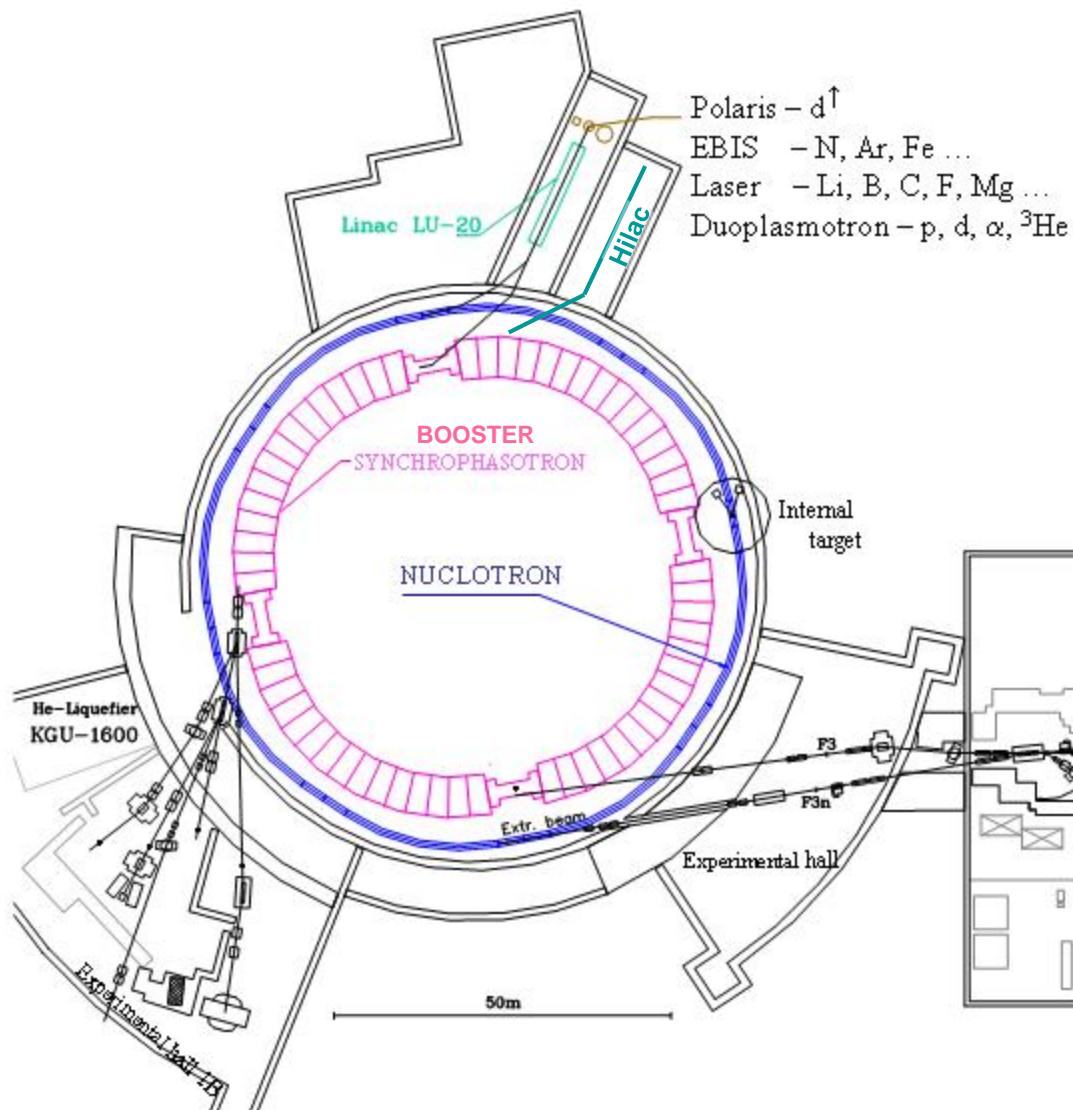
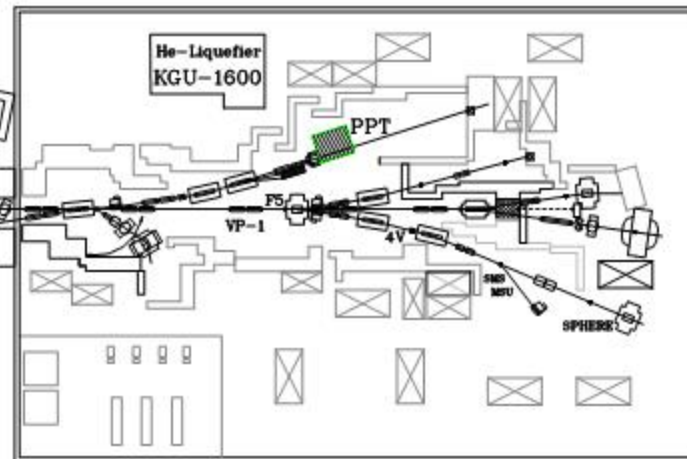


Транспортировка и формирование пучков для физических экспериментов в корп. 205

П. Рукояткин для УО ЛФВЭ



Experimental hall 205

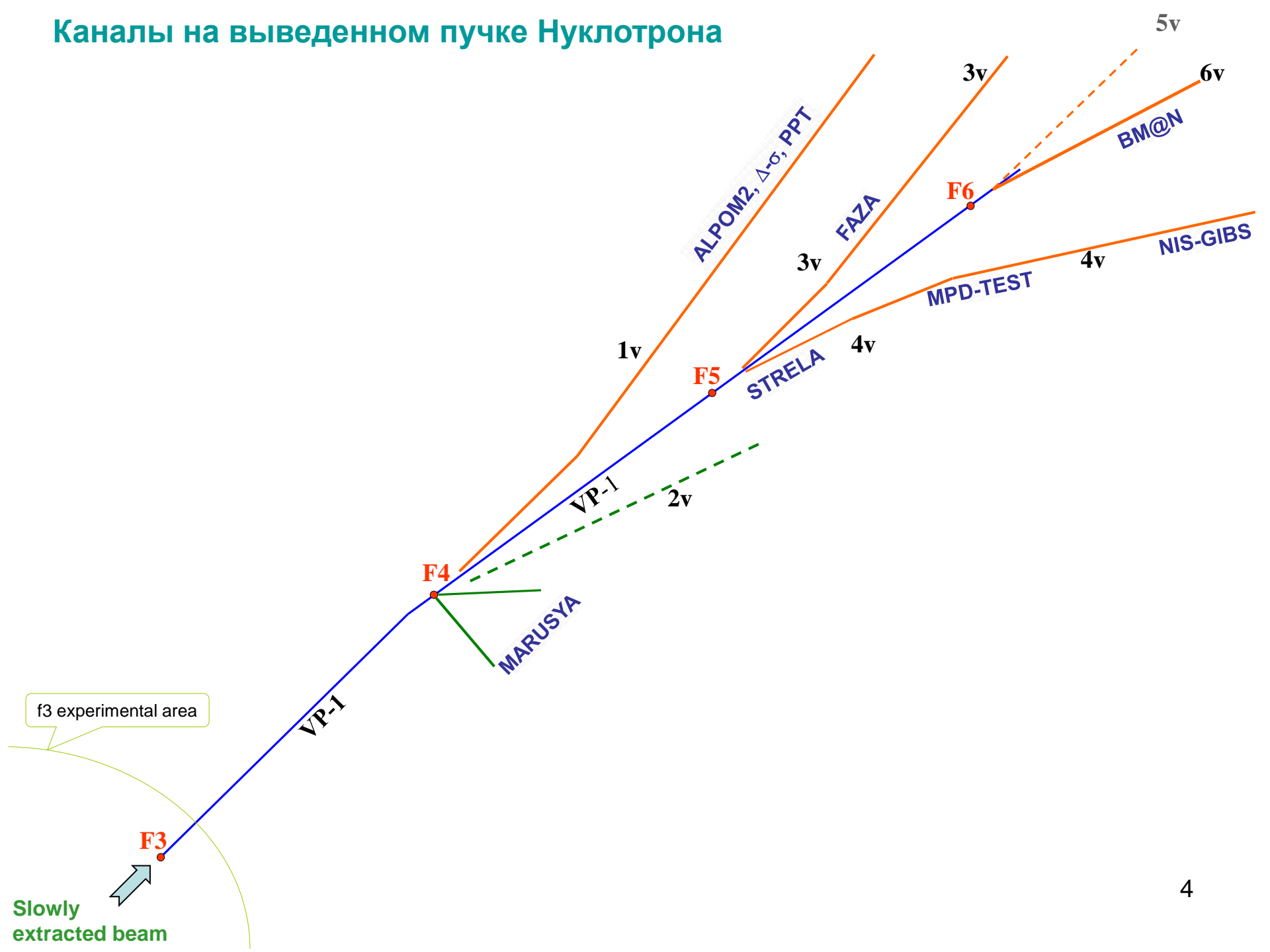


Каналы на выведенном пучке Нуклотрона

Lines	P_{\max} (GeV/c)	I_{\max} (ppc)
• VP-1	14	10^{12}
• 1v	7.5*	10^8
• 3v	9*	10^9
• 4v	9*	10^7
• 6v	13	10^7



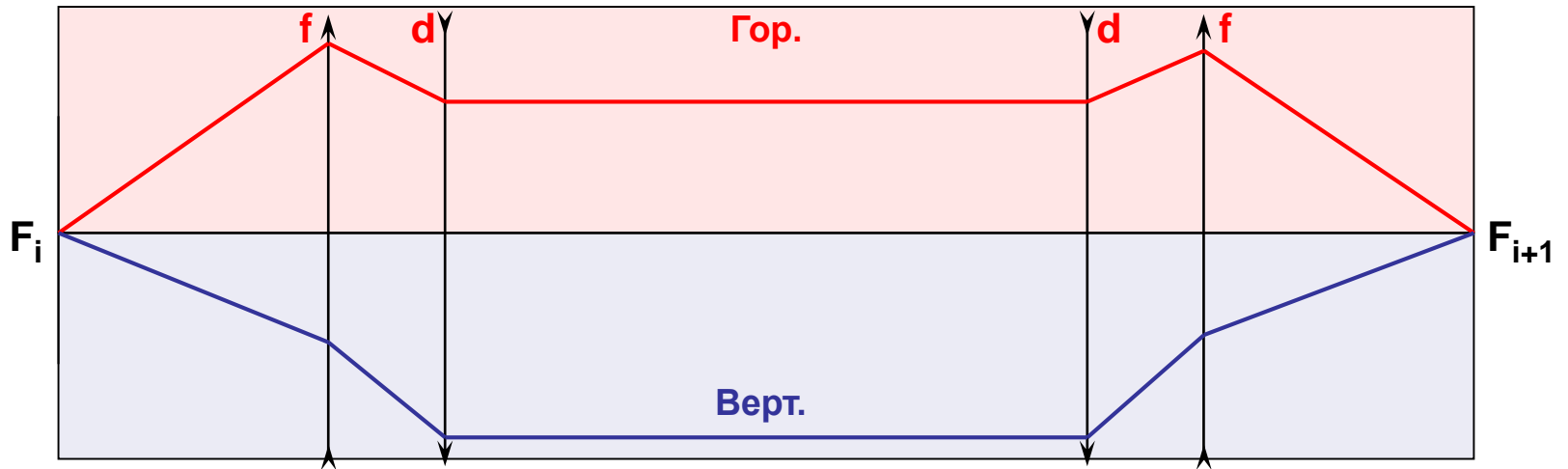
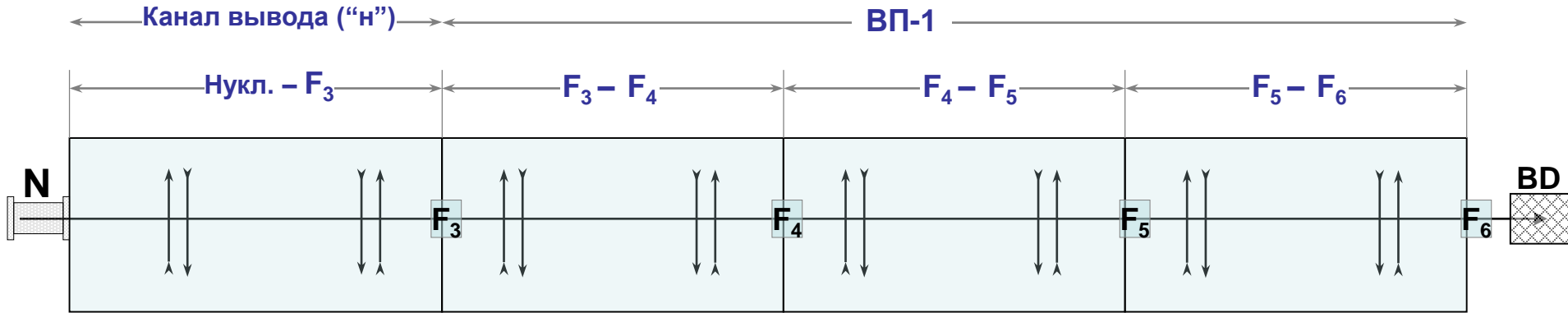
Каналы на выведенном пучке Нуклотрона



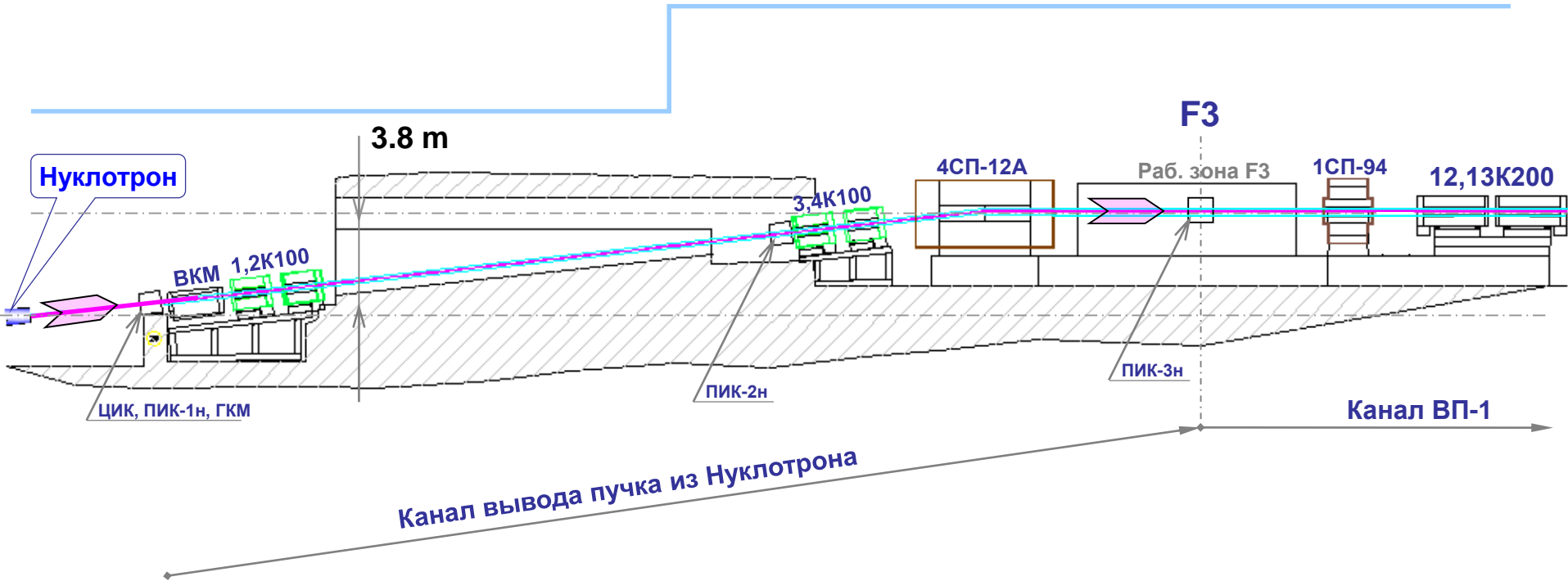
Каналы транспортировки на выведенных пучках Нуклотрона

Канал	Рабочая зона	$p_{\max}(t_{\max}),$ GeV/c (GeV/n)	$I_{\max},$ д/цикл	Пучки
MB ("H")	F ₃	$\cong 13.7$ (6)		Первичные
VP-1	F ₄ , F ₅ , F ₆	$\cong 13.7^*$ (6)	10 ¹¹	Первичные, вторичные
VP-1	BEQUEREL, F ₅	$\cong 4$ (1.2)	10 ⁶	Ядерные фрагменты ($z/A > 0.4$)
1v	ALPOM2, Δ-Σ, PPT	7.5 (3)	10 ⁷	Первичные, n, вторич. p,
3v	FAZA	9 (3.66)	10 ⁹	Первичные
4v	NIS-GIBS	9 (3.66)	10 ⁶	Первичные, вторичные
4v	MPD testing	4-9	10 ⁶	Первичные, вторичные
6v	BM@N	$\cong 13^*$ (5.7)	10 ⁹	Первичные

Схема оптики основного направления транспортировки выведенного пучка



Канал вывода пучка из Нуклотрона



Описание выведенного пучка

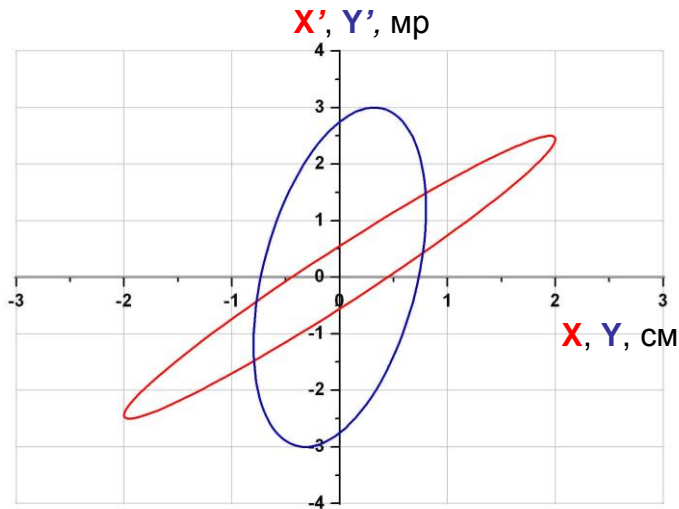
Б.В. Васишин И.Б. Иссинский, В.А. Михайлов, М.Н. Таровик,
ОИЯИ 9-86-511

Расч., эмитт. выв. пучка, мм*мр:

$$\epsilon_x = 9.5\pi, \quad \epsilon_y = 20\pi \quad (t=0.2 \text{ ГэВ/н})$$

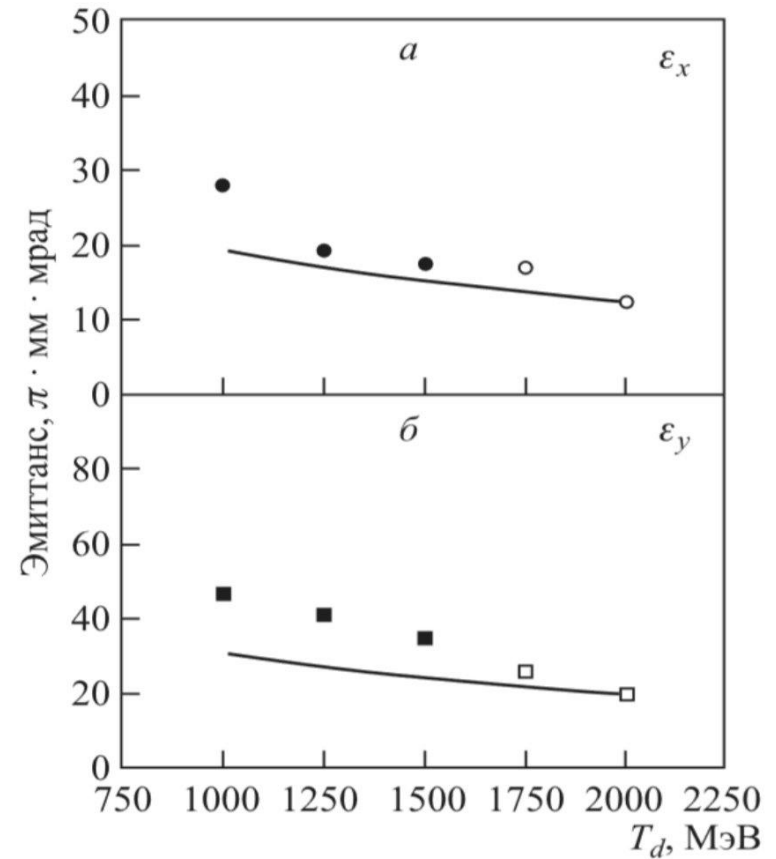
$$\epsilon_x = 2.5\pi, \quad \epsilon_y = 2\pi \quad (t=6 \text{ ГэВ/н})$$

Вариант пучка на входе в канал



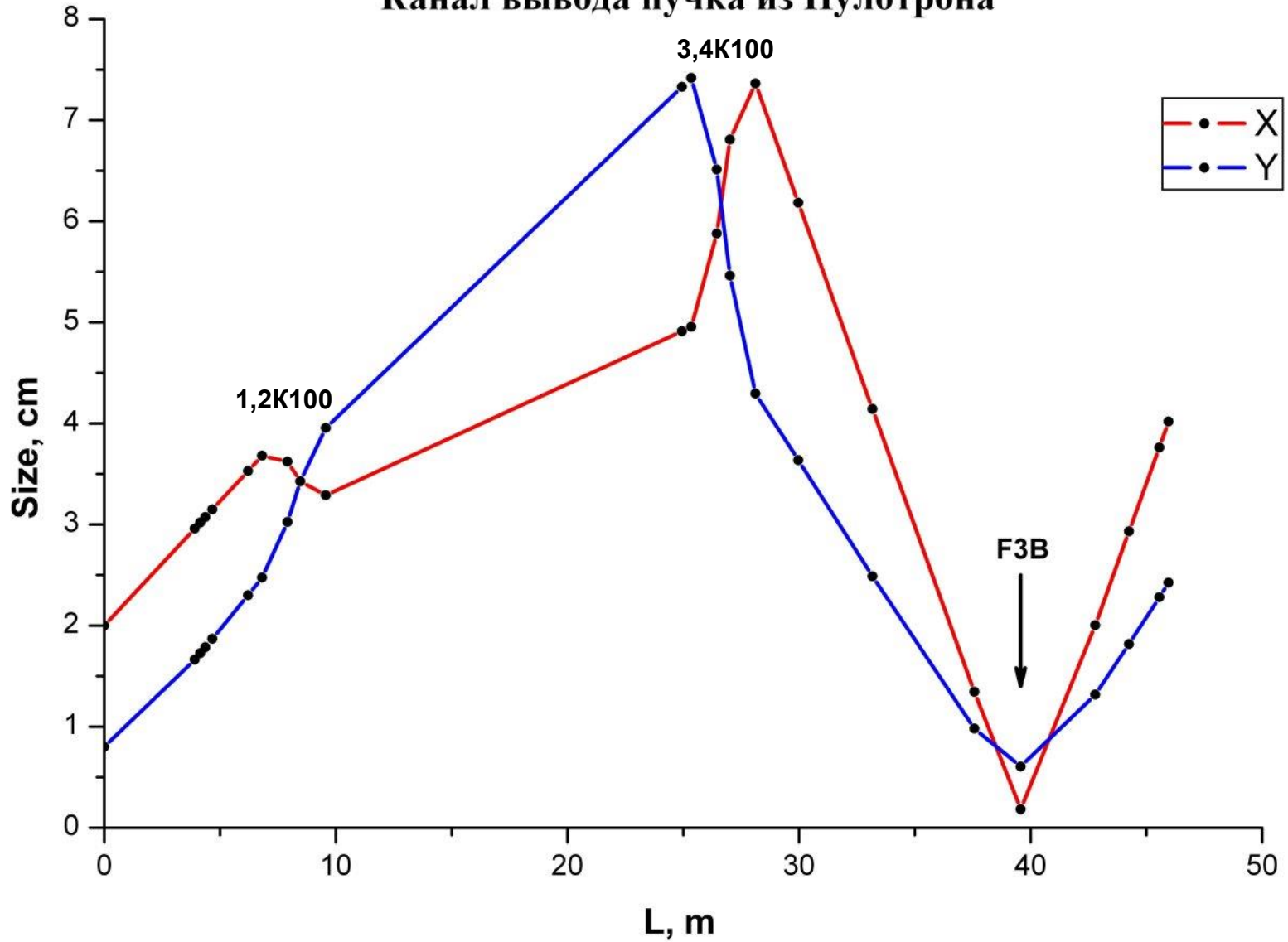
М. Янек, В.П.Ладыгин, Т. Уесака,
ОИЯИ Р1-2007-171

Измеренные значения эмитт.



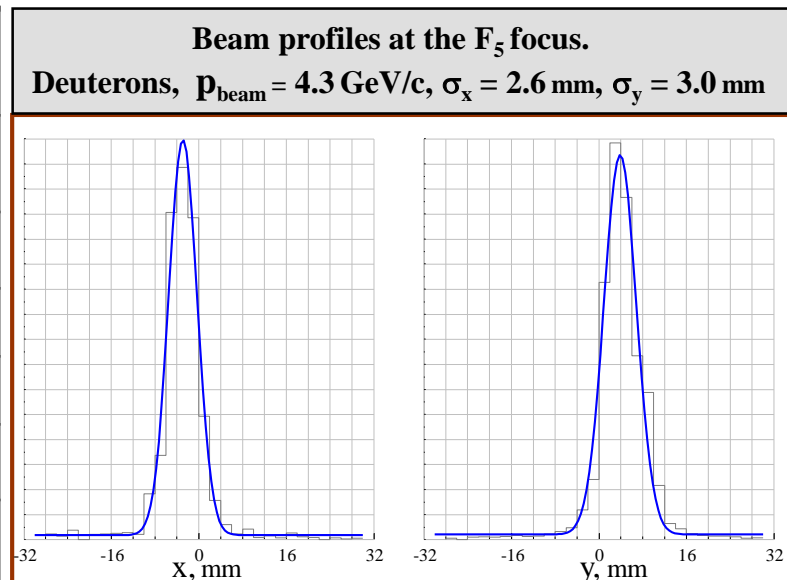
Расчетный вариант огибающей пучка

Канал вывода пучка из Нулотрона



Выведенный пучок

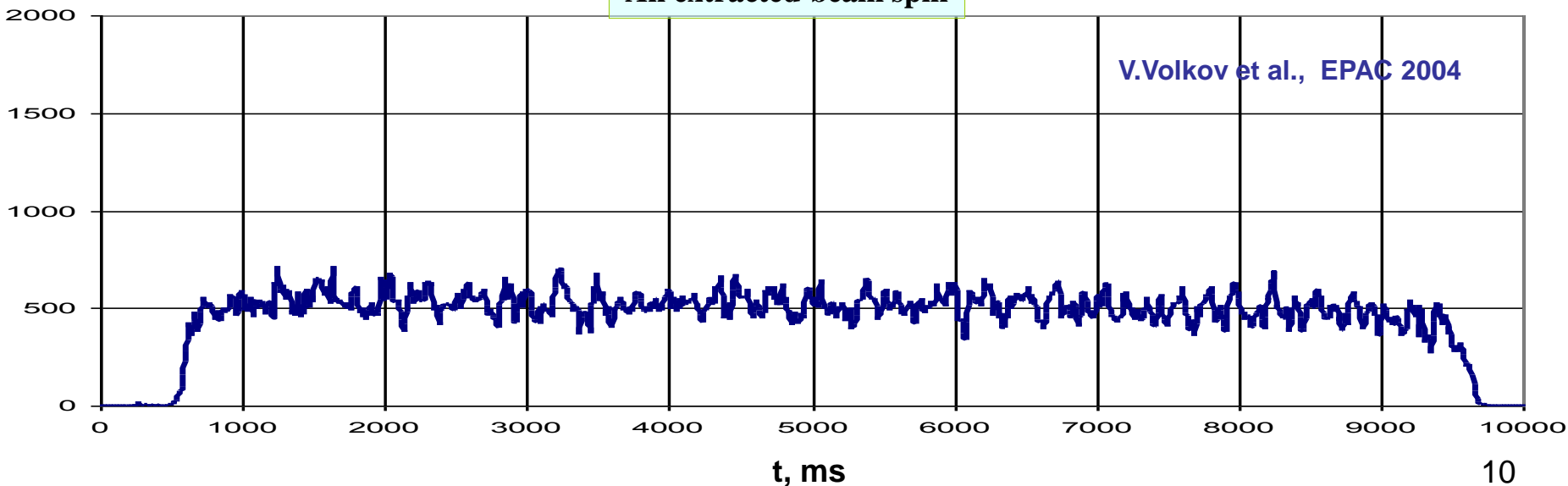
Parameter	@	Units	Value
Momentum range	$Z/A = 1/2$	GeV/c/amu	0.6 – 6.8
Momentum spread, σ		%	0.04 – 0.08
Extraction time		sec	10
Beam emittance	P_{\max}	mm·mr	2π
Beam size in a waist, σ	P_{\max}	mm	≤ 1
Extraction efficiency		%	> 90



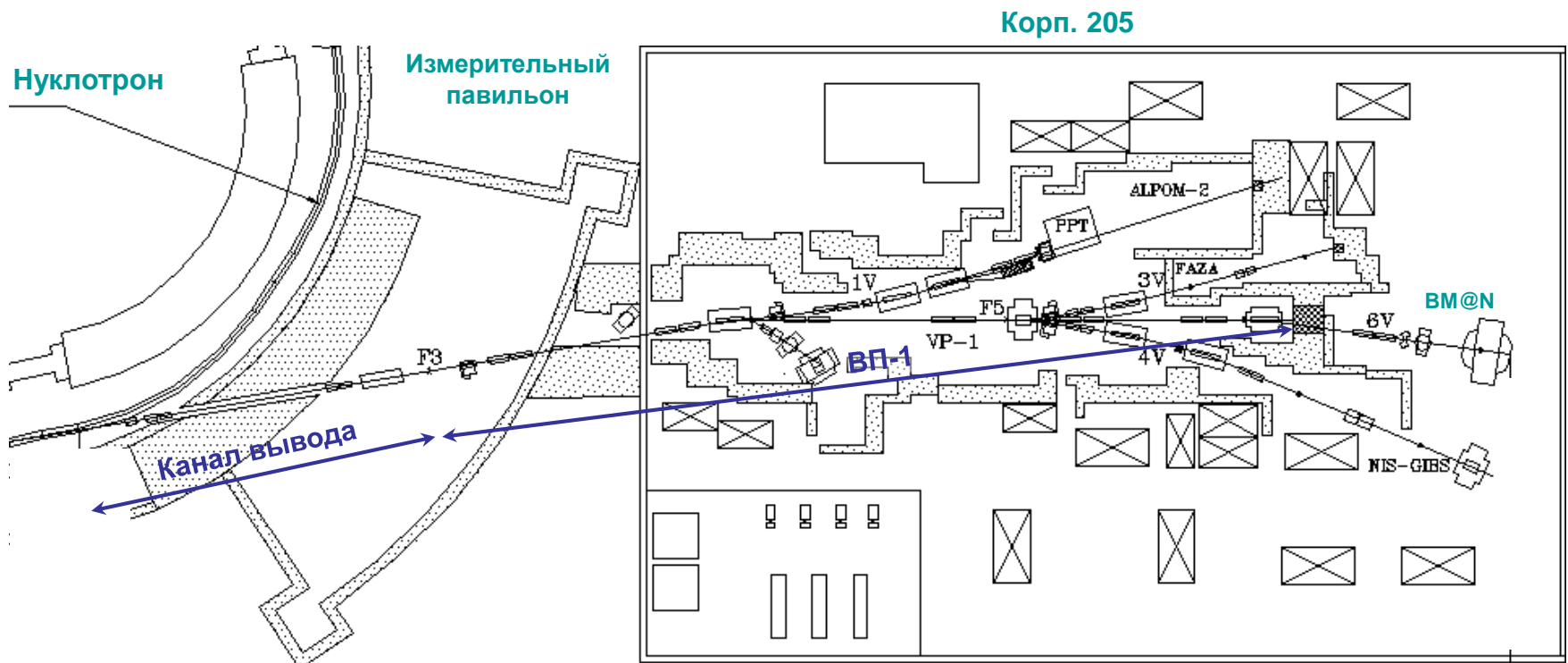
I, au

An extracted beam spill

V.Volkov et al., EPAC 2004

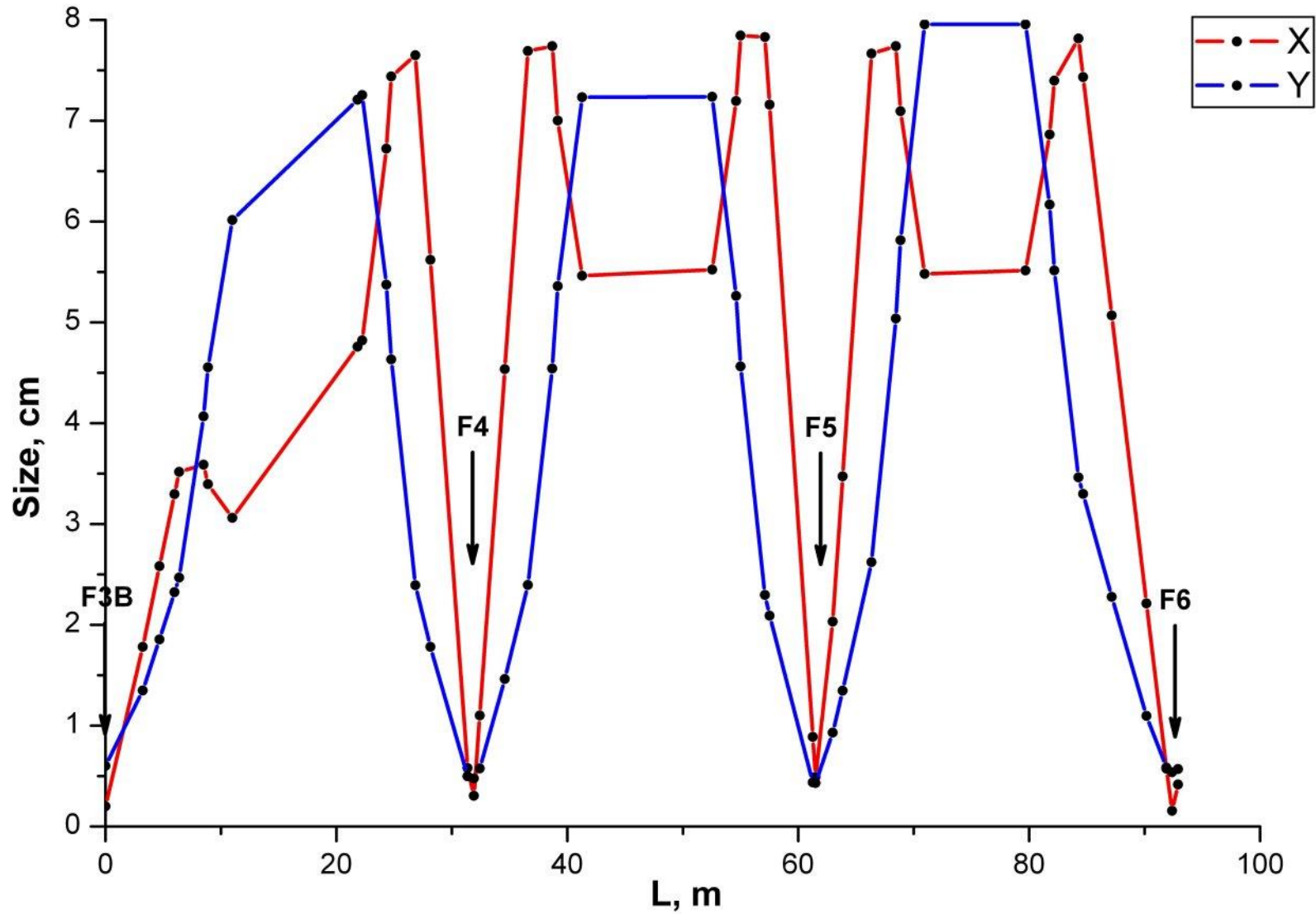


Транспортировка выведенного пучка в корп. 205



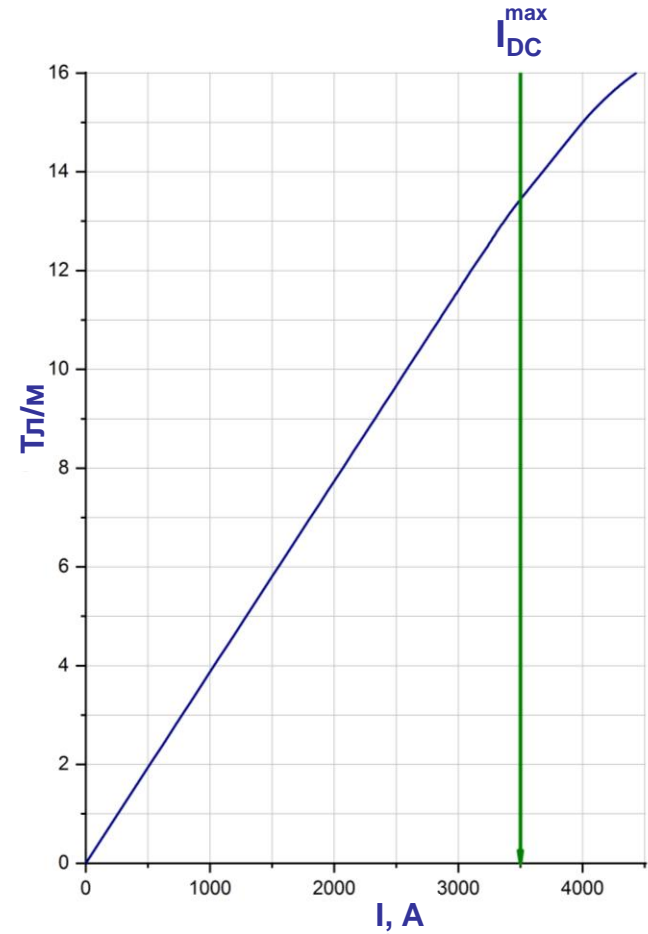
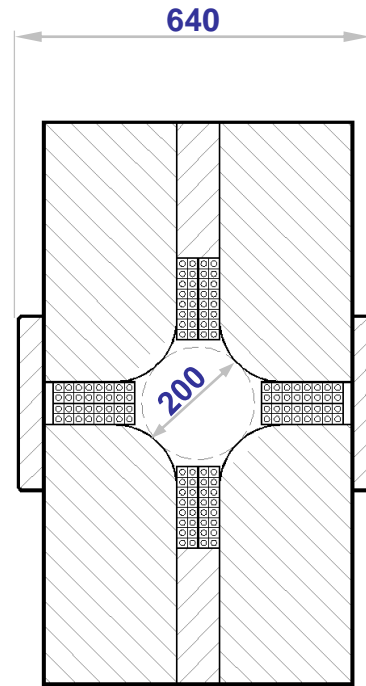
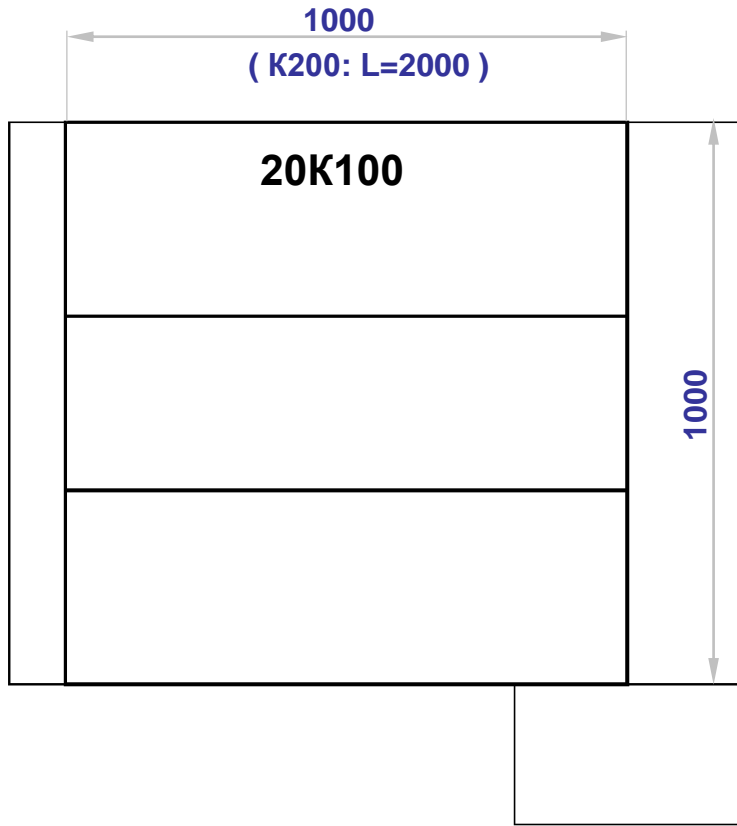
Расчетный вариант огибающей пучка

Канал транспортировки ВП-1



- Элементная база каналов

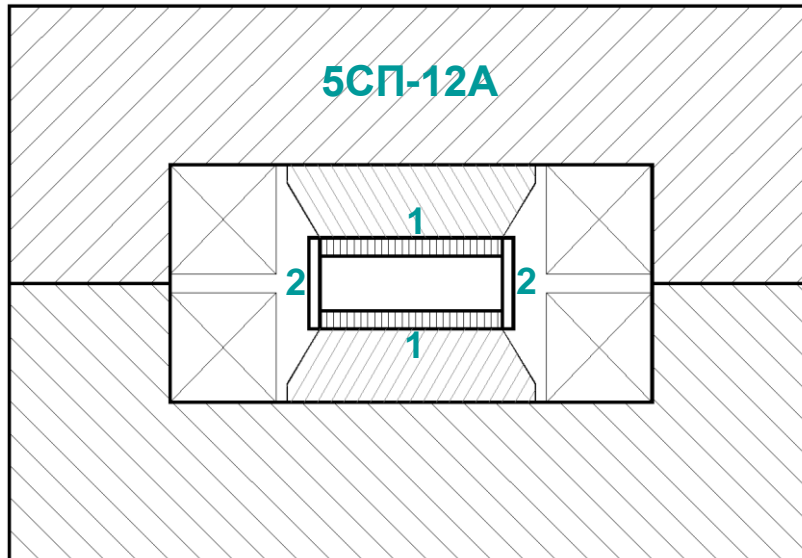
Квадрупольные линзы 20К100 и 20К200



	G, Тл/м	I, А	U, В	L _{эф.} , м	2a, см	w	Кол-во
К100	13	3500	75	1.1	20	4*16	4 + 6
К200			130	2.1			14 + 4

Дипольные поворотные магниты

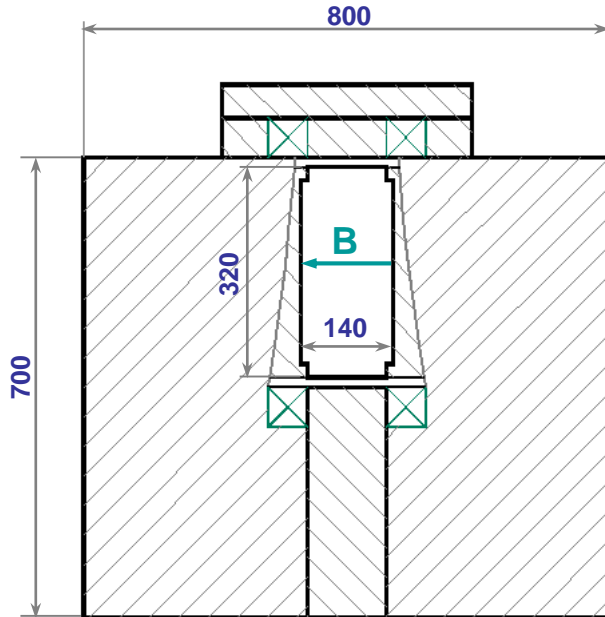
	В, Тл	I, А	d, см	L*b, см ²	Прим.
4СП-12А	1.9	1700	20	300*50	МВ → ВП-1
5СП-12А	2.1	1700	15	300*50	ВП-1
СП-12А	1.65	1700	25	300*50	1В, 3В, 4В (5шт.)
3СП-12	2.15	1100	10	300*50	ВП-1 → 6В
СП-94	1.1	630	20	130*30	ВП-1
СП-94	1.5-1.7	630	13 - 9	130*30	1В, 3В, 4В (3шт.)
2СП-40		1100		150*100	ВП-1 → 3В, 4В



Вакуумный объем:
 полюсные накладки (1)
 нерж. боковины (2)
 (Е.А.Матюшневский, 2000')

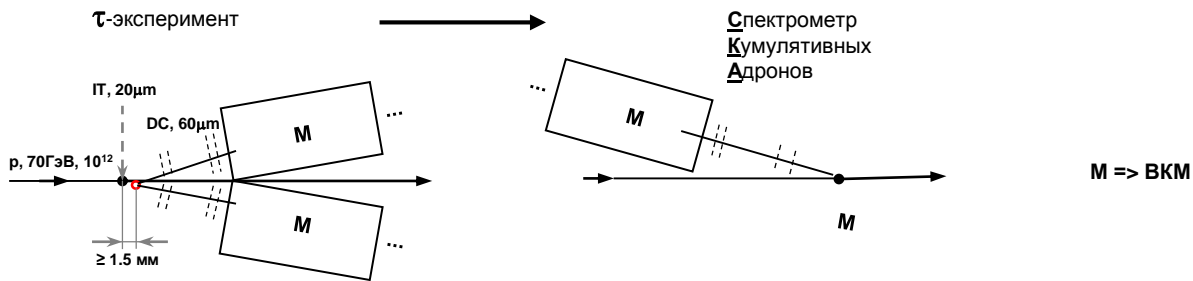
Аналогичный подход реализован
 в магнитах 3СП-12 и 2СП-40
 (С.Ю.Анисимов, А.С.Кубанкин)

Магнит ВКМ

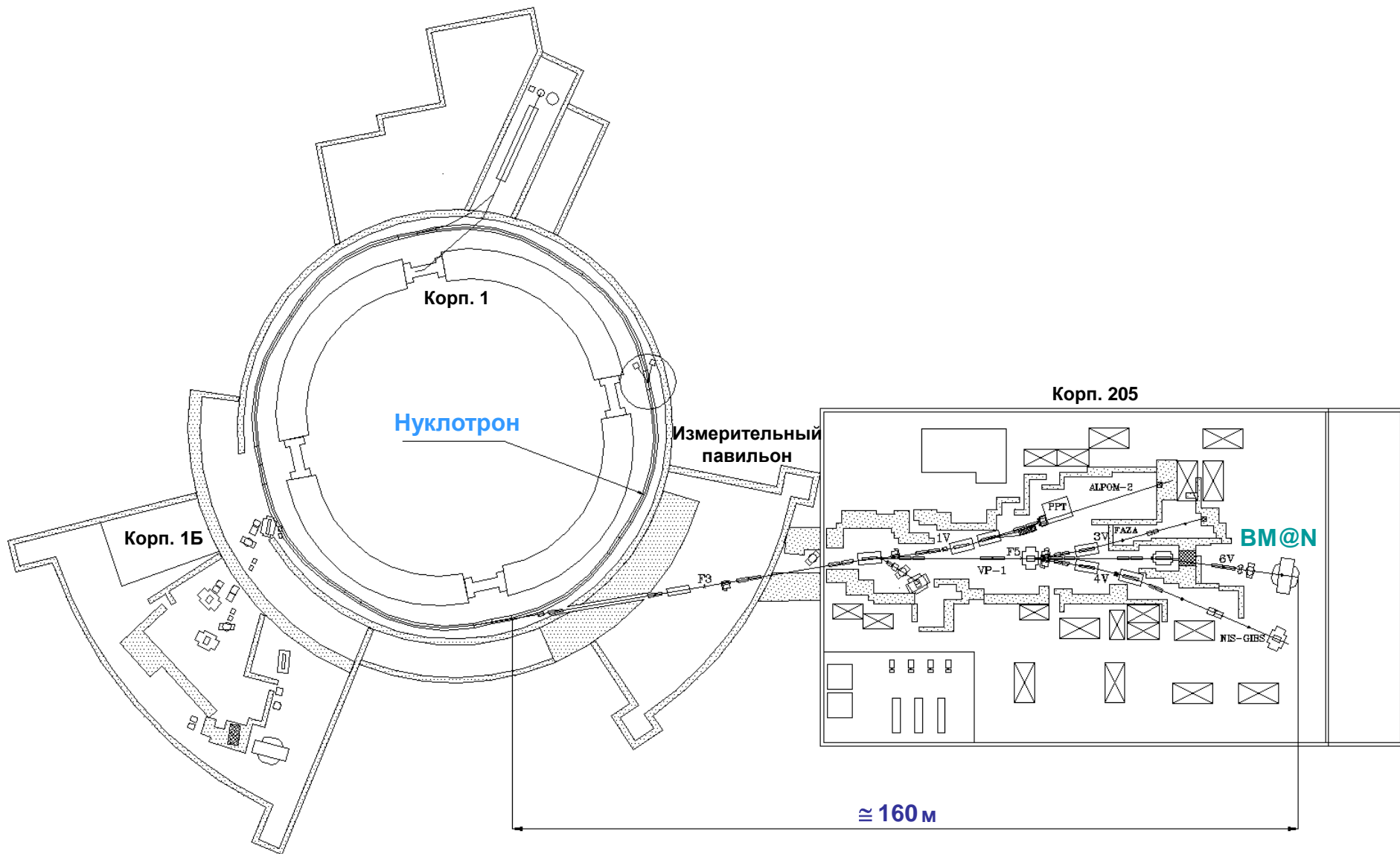


d	14 см
$L_{\text{eff.}}$	≈ 165 см
$B(I^* = 1000 \text{ A})$	0.35 Тл
$B(I = 1750 \text{ A})$	0.60 Тл
Φ_{MB}	≈ 14 мр

* - $I_{\text{DC}}^{\text{MAX}}$?



Эксперимент BARIONIC MATTER @ NUCLOTRON

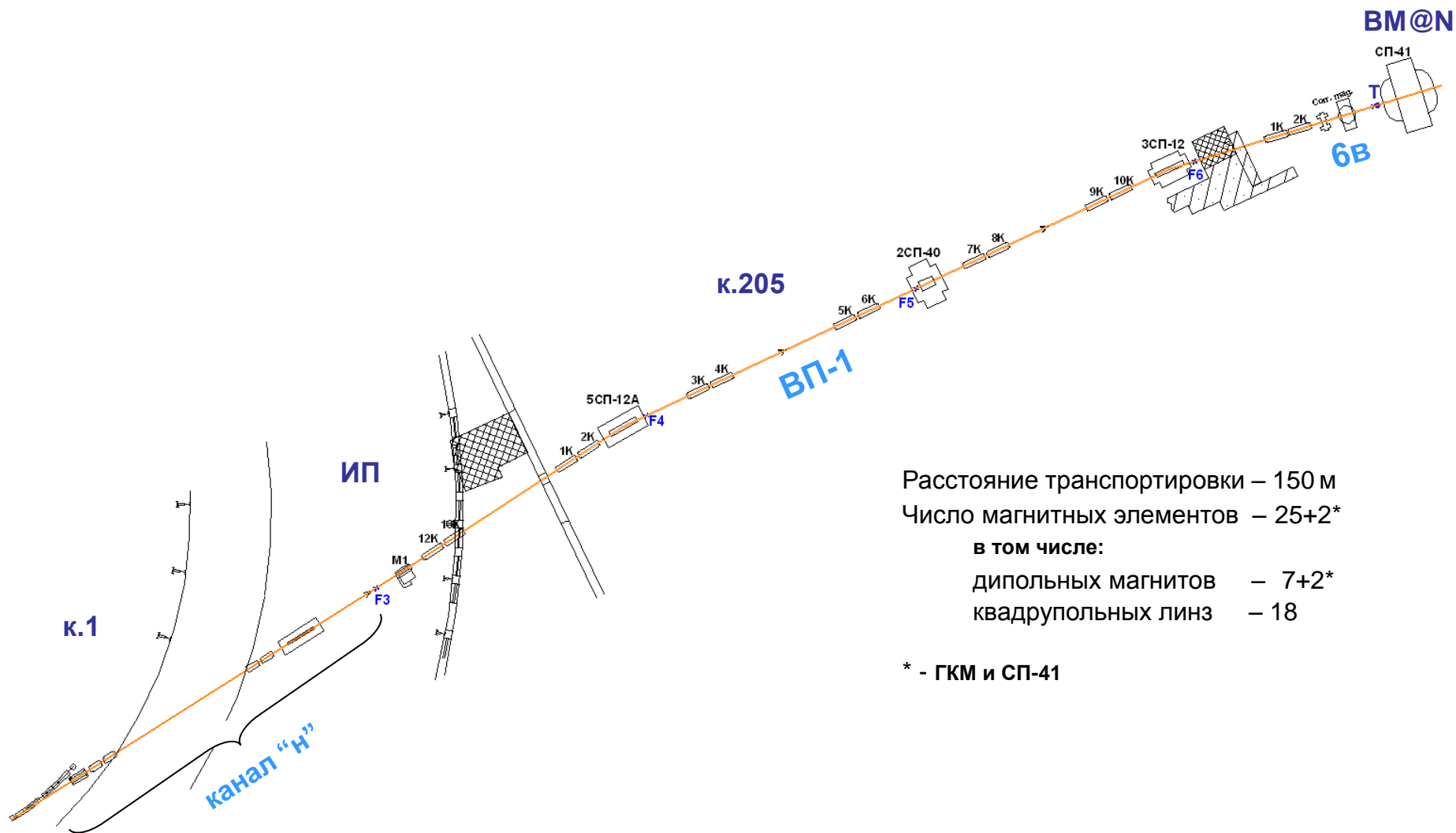


Требования к пучку

- Набор частиц: тяжелые ядра (^{197}Au), протоны, дейтроны, легкие ядра
- Интенсивность: $10^5 - 10^7$ ядер/цикл для ^{197}Au
 $10^7 - 5 \cdot 10^9$ част./цикл для протонов и дейтронов
- Энергия, ГэВ/н

	t_{\min}	t_{\max}
^{197}Au :	3.0 (B = 1.44 Тл)	4.65 (B = 2.08 Тл) 4.4 (B = 2.00 Тл)
ядра с $Z/A = 1/2$:	3.0 (B = 1.16 Тл)	6.00 (B = 2.08 Тл) 5.7 (B = 2.00 Тл)
- Размеры пучка: $\Delta x \cdot \Delta y = 5 \cdot 5 \text{ мм}^2$ (FWHM)
- Beam duty factor: $\geq 50\%$
- Пространственная стабильность пучка: $\pm 1 \text{ мм}$
- Неравномерность растяжки (колебания мгновенной интенсивности): $\leq 20\%$

Схема канала транспортировки выведенного пучка к BM@N



Расстояние транспортировки – 150 м

Число магнитных элементов – 25+2*

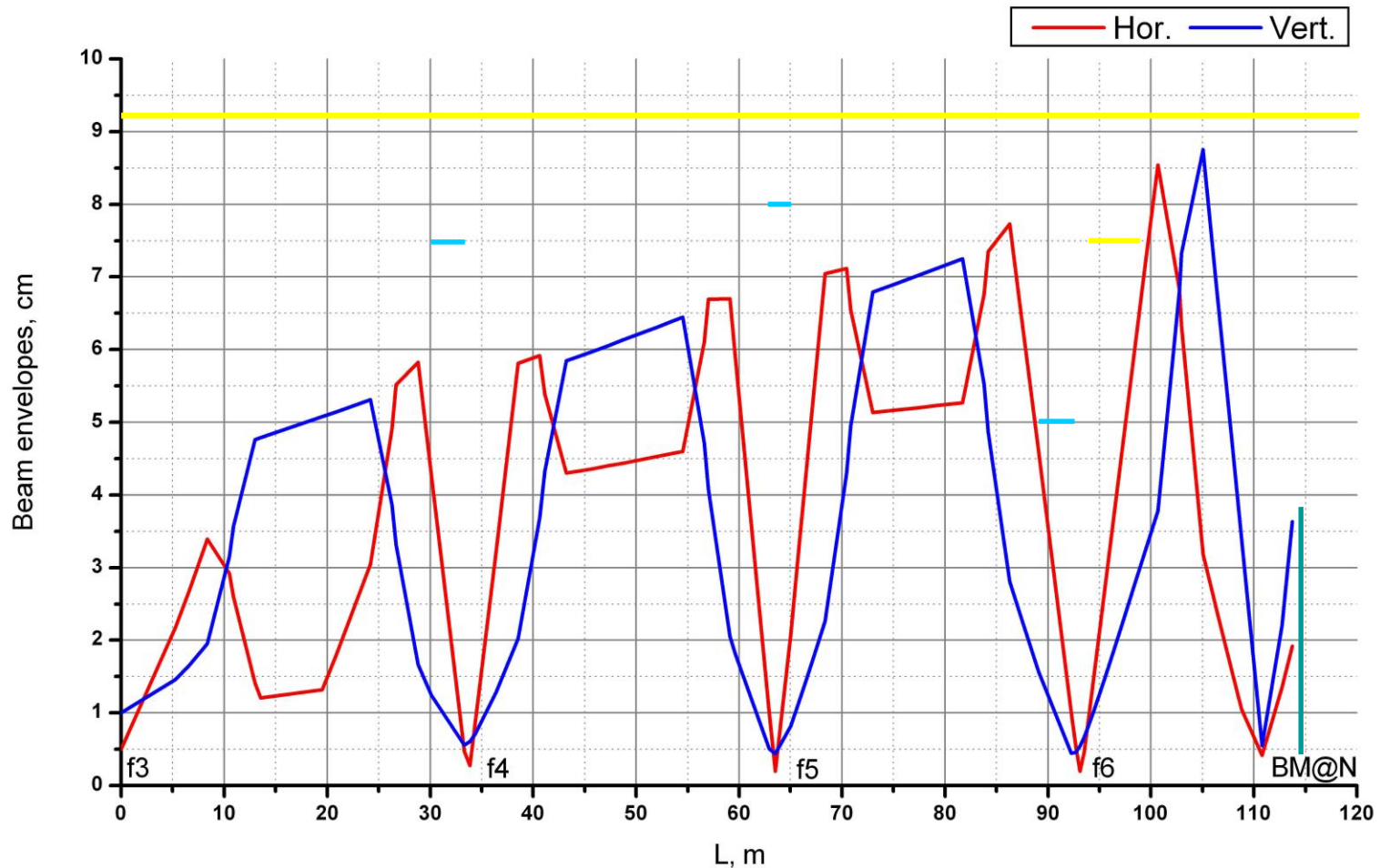
в том числе:

дипольных магнитов – 7+2*

квадрупольных линз – 18

* - ГКМ и СП-41

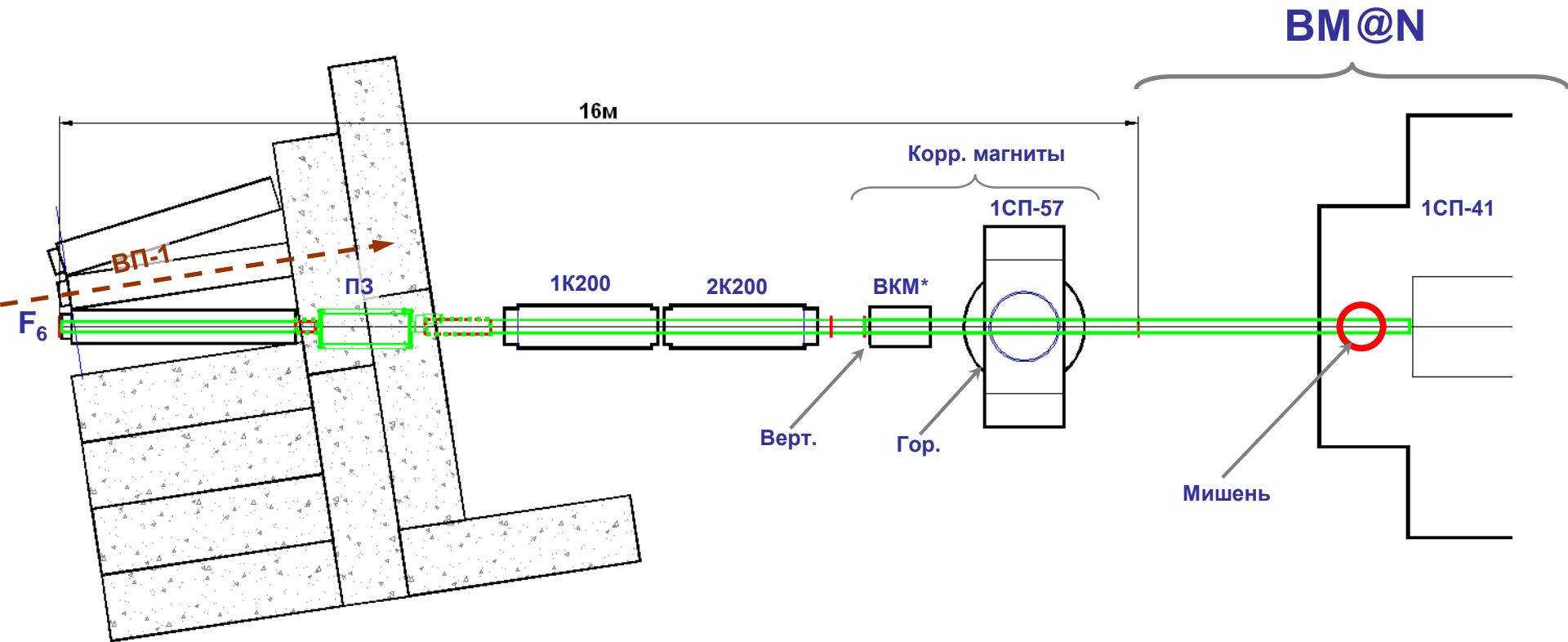
Рассчитанный вариант транспортировки выведенного пучка от F₃ к BM@N*. Огибающие пучка.



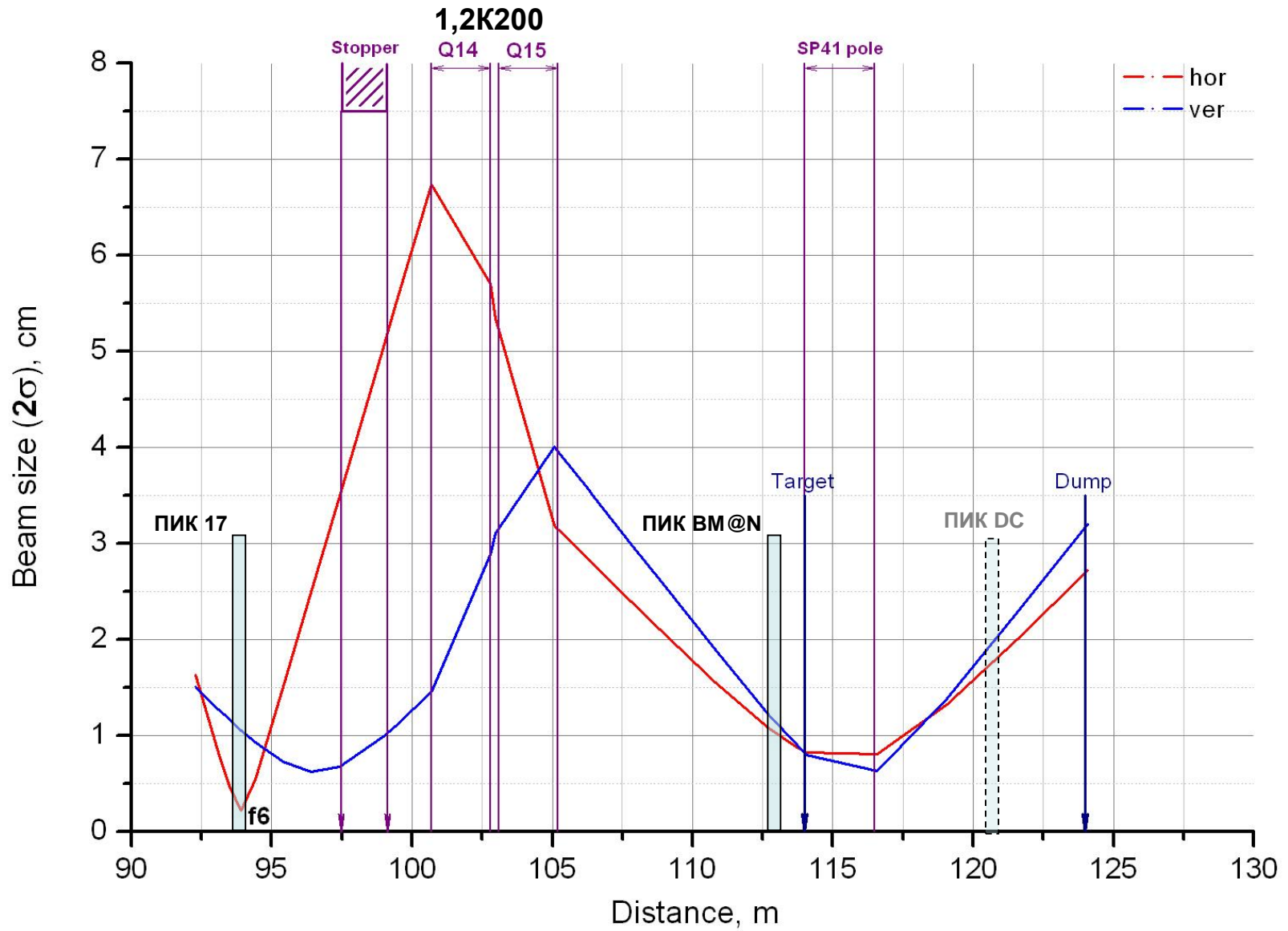
* $\epsilon_x = \epsilon_y = 20\pi$ мм мр

- - апертурные ограничения в обеих плоскостях
- - апертурные ограничения в вертикальной плоскости
- - граница полюса СП-41

Канал 6В



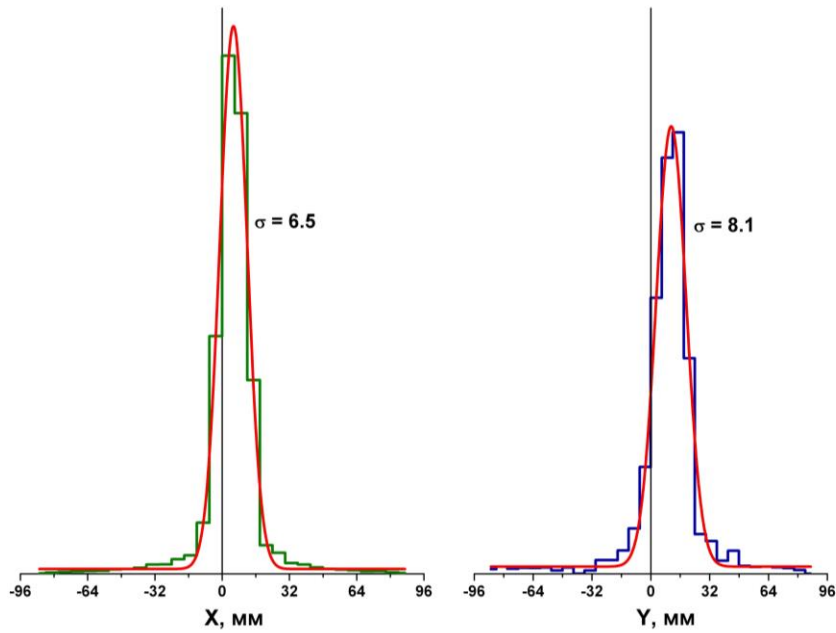
Конечный участок канала транспортировки пучка к ВМ@N



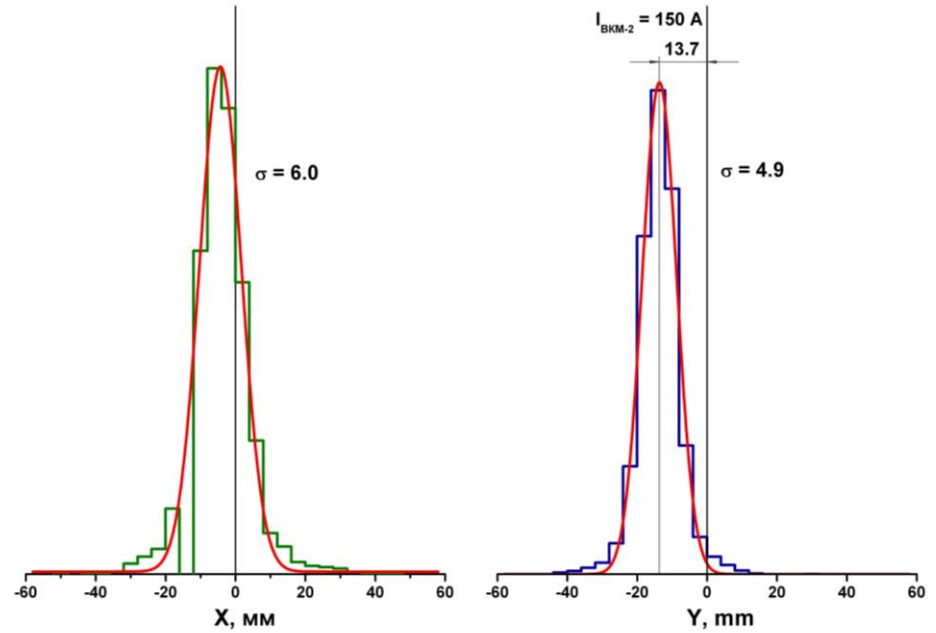
Транспортировка выведенного пучка на ВМ@N

Профили пучка углерода при $t = 3.5$ ГэВ/н. Сеанс №51, 14/03/15, 21:55

ПИК 17 (F6)



ПИК ВМ@N



Сюжеты вне презентации:

- ❑ Поляризованные/неполяризованные нейтроны – нейтронный канал
- ❑ Пучки вторичных поляризованных протонов
- ❑ Пучки легких нестабильных ядер для исследований методом ядерных фотоэмульсий

Czech. J. Phys., Vol.51, A345

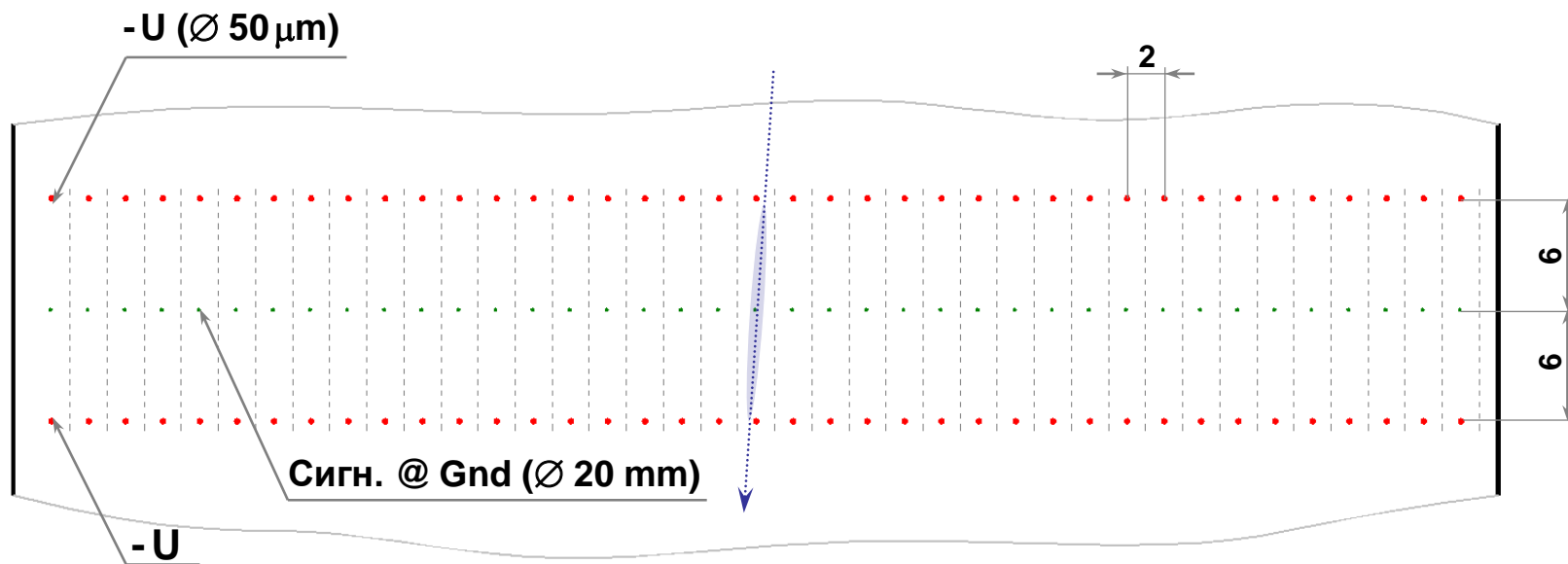
Czech. J. Phys., Vol.52, C695

EPJ ST **162**, 267-274 (2008)

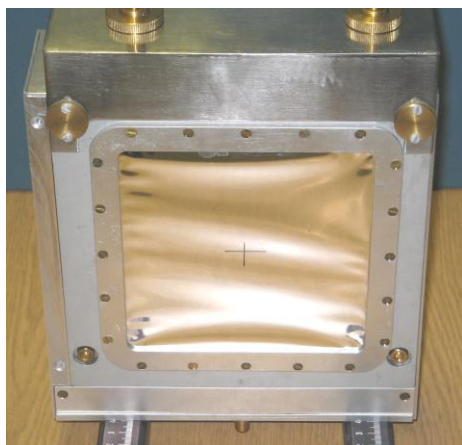
□ Диагностика пучка

Проволочная Ионизационная Камера

(MWPC – multiwire proportional chamber, ПК – пропорциональная камера)



ПИК



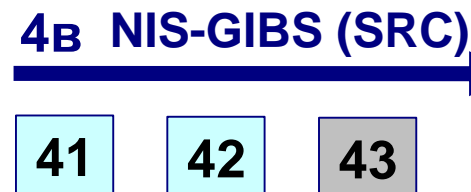
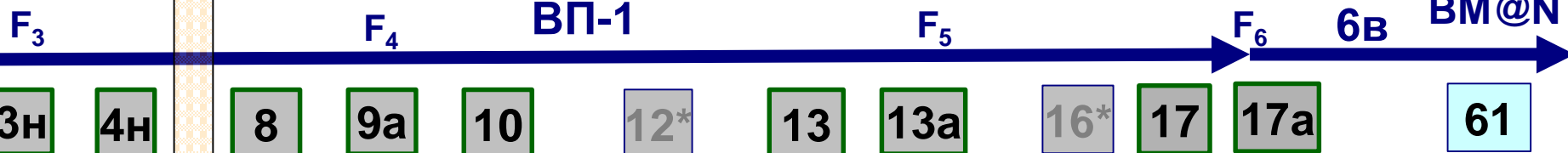
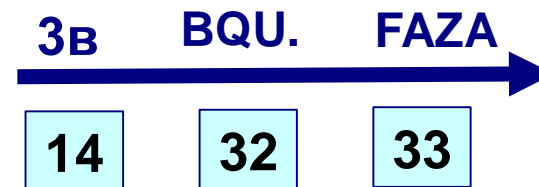
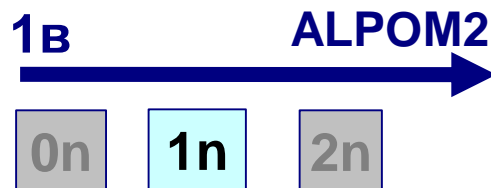
Блок из двух плоскостей.

- 30X + 30Y каналов
- газовый объем: Ar + CO₂ (3:1)
- в/в питание. 0 – 5кВ
- шаг регистрации 2, 4, 6 мм.

Система профилометров ПИК на каналах в корп. 205

ИП

к.205



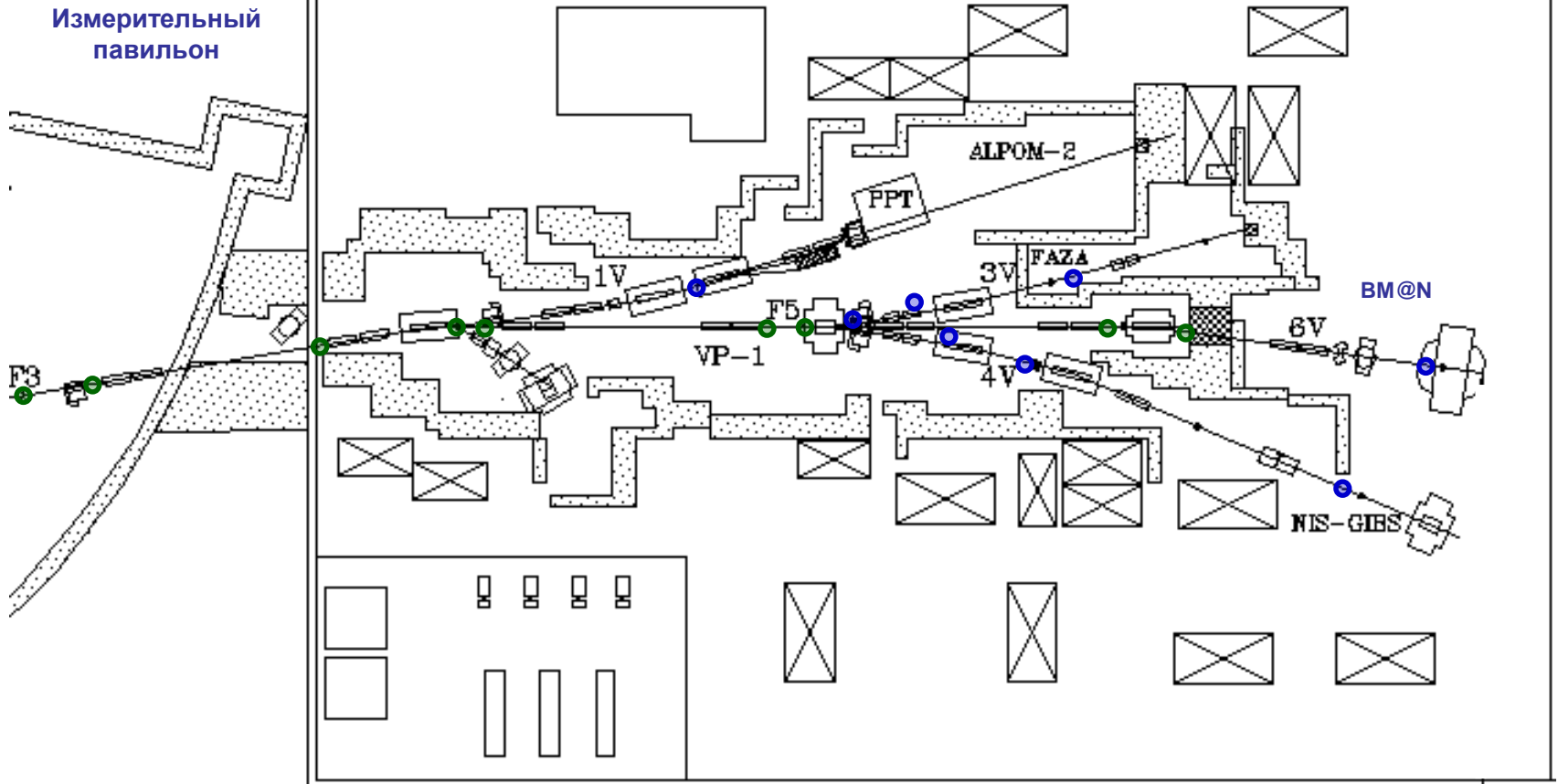
- в боксах (С.Ю.Анисимов,
А.С.Кубанкин)



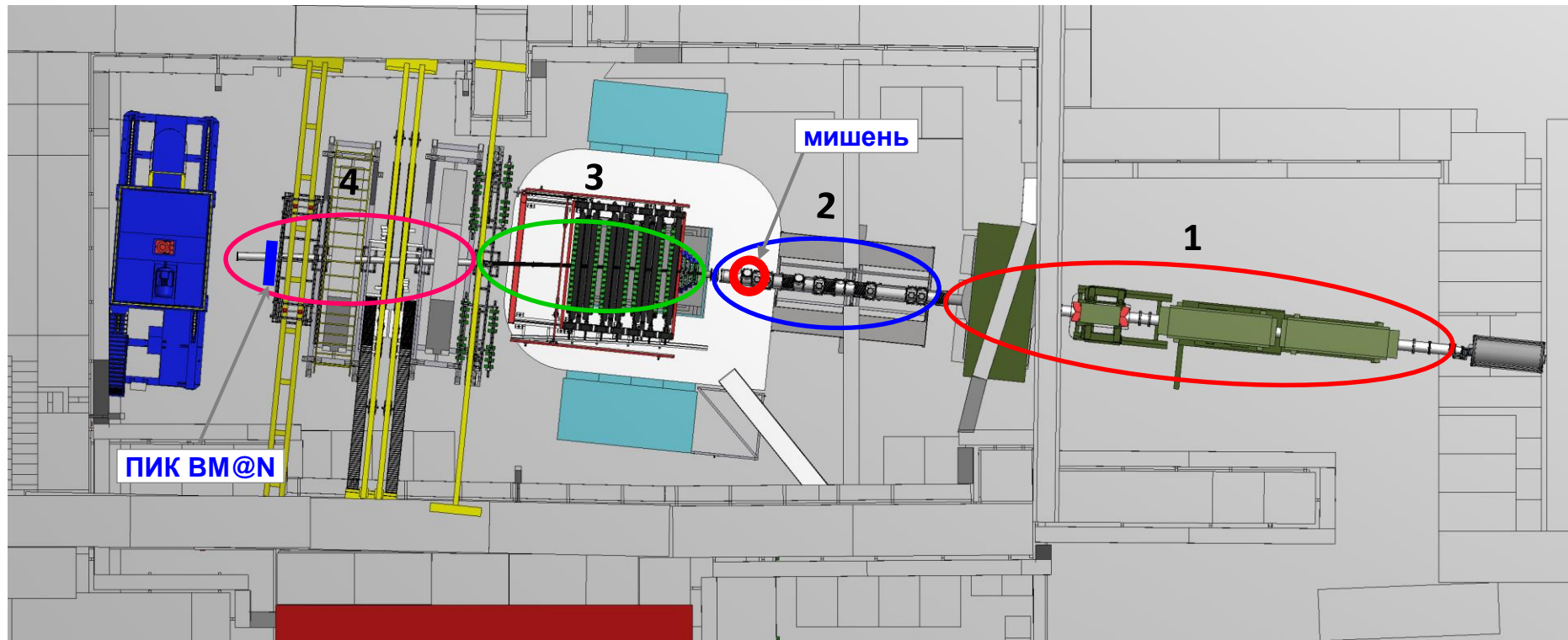
- на воздухе

Размещение профилометров

Корп. 205



4 segments of vacuum beam pipe on experimental hall of BM@N*

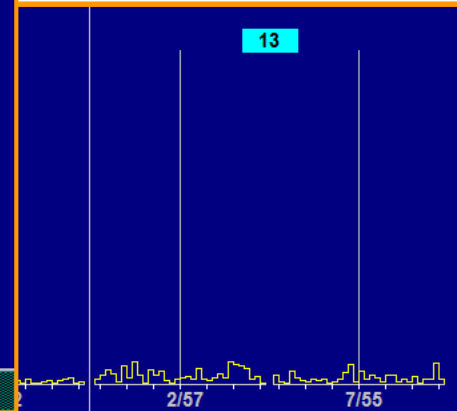
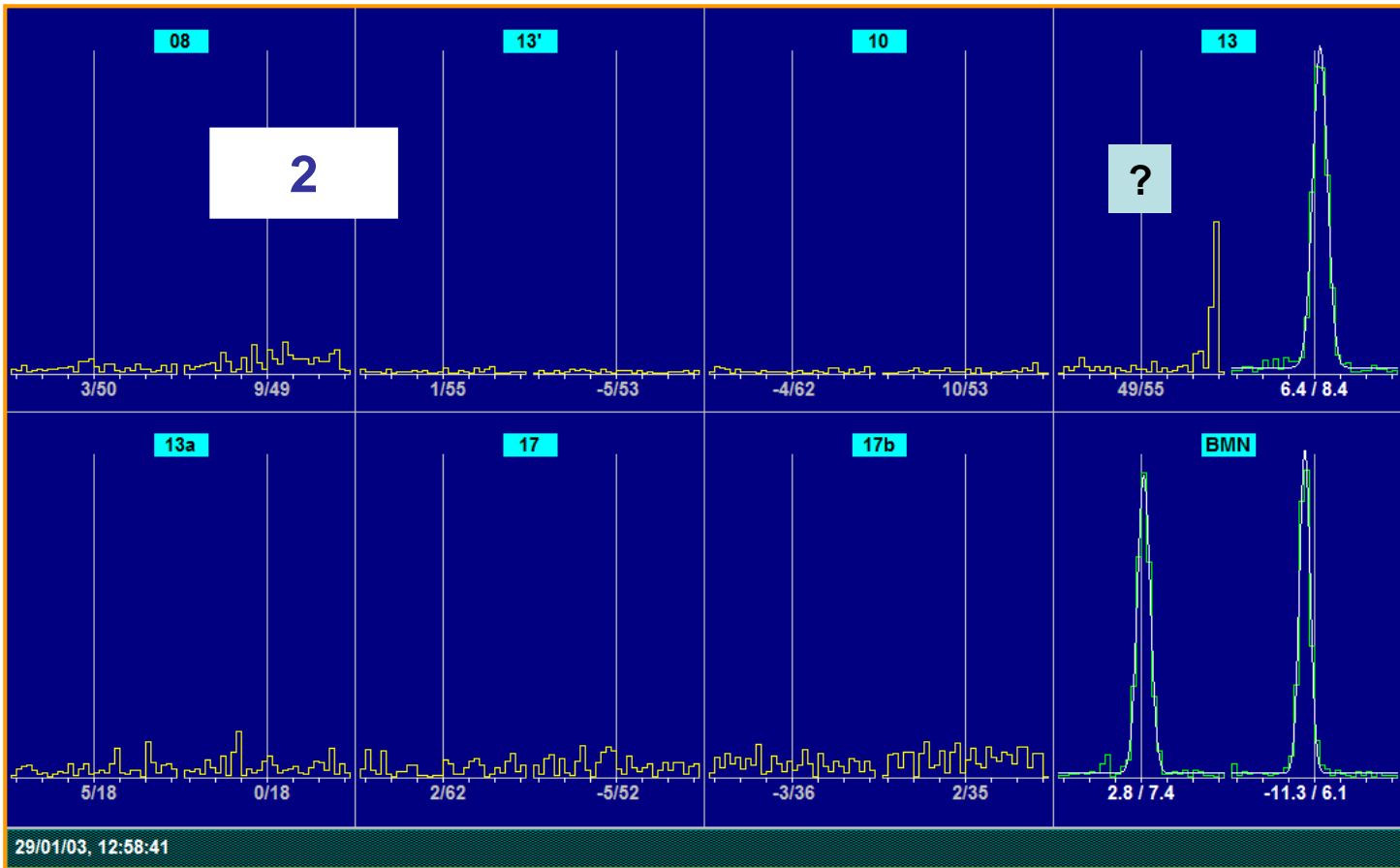


1. Сегмент ионопровода из нержавеющей стали.
2. Ионопровод из нержавеющей стали + 4 сегмента из алюминия
3. Ионопровод из углепластика
4. Ионопровод из алюминия

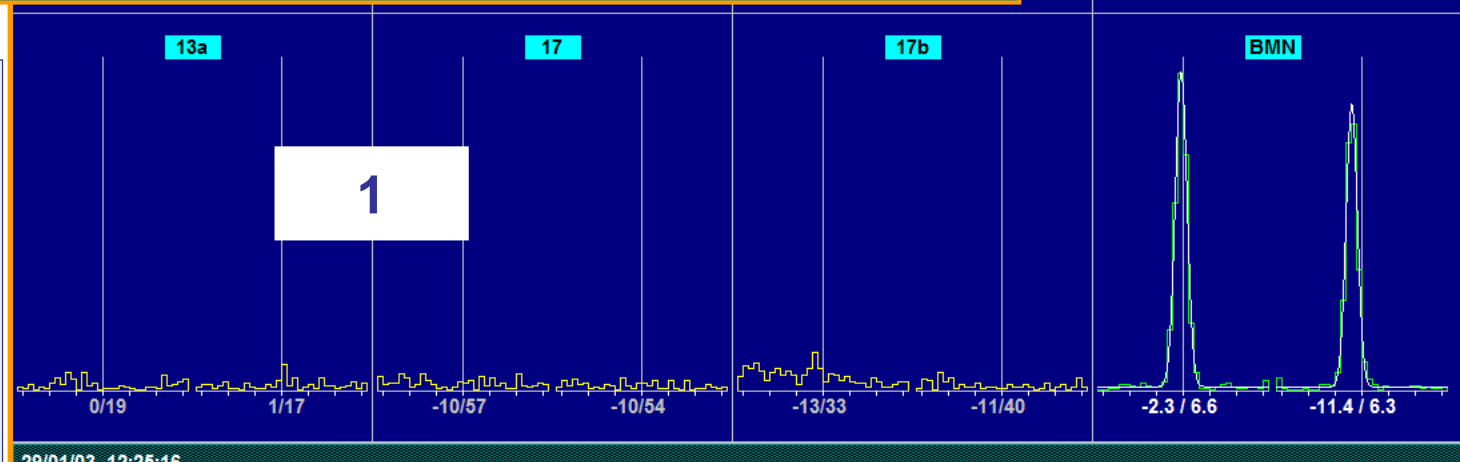


Экраны DAQ системы профилометров в корп. 205

Сеанс BM@N, 29.01.23
 Нуклотрон: В = 16230
 вывод $^{124}\text{Xe}_{54}$
 $t = 3.8 \text{ ГэВ/н}$

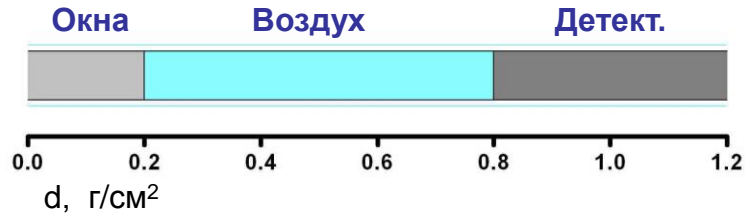


1: Только ПИК BM@N,
 $\sigma_x = 6.6 \text{ мм}$
 2: ПИК BM@N + ПИК13
 $\sigma_x = 7.4 \text{ мм}$
+12% !



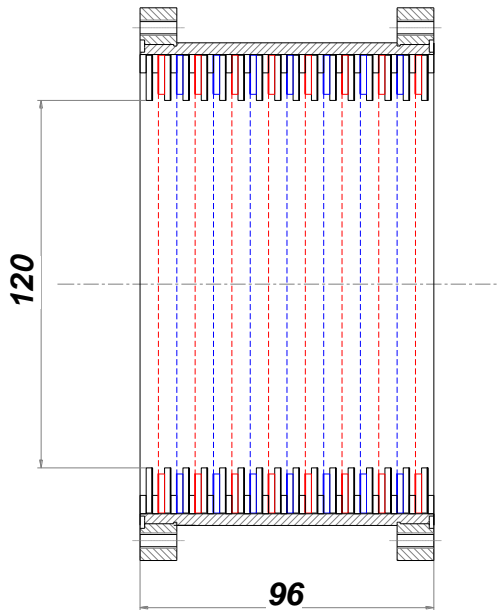
Ионизационная камера с проволочными электродами

Нач. участок канала МВ, кол-во вещества:



(+ ПИК-2н !)

Компоновка ИК



- в/в электроды
- сигнальные электроды
- тонкие окна

ОИЯИ Р9-2010-68

Relative intensity of extracted beam
(Deuterons, $t = 1 \text{ GeV/n}$, $I_{\text{extr.}} \approx 2 \cdot 10^9$, 01.12.09)

