



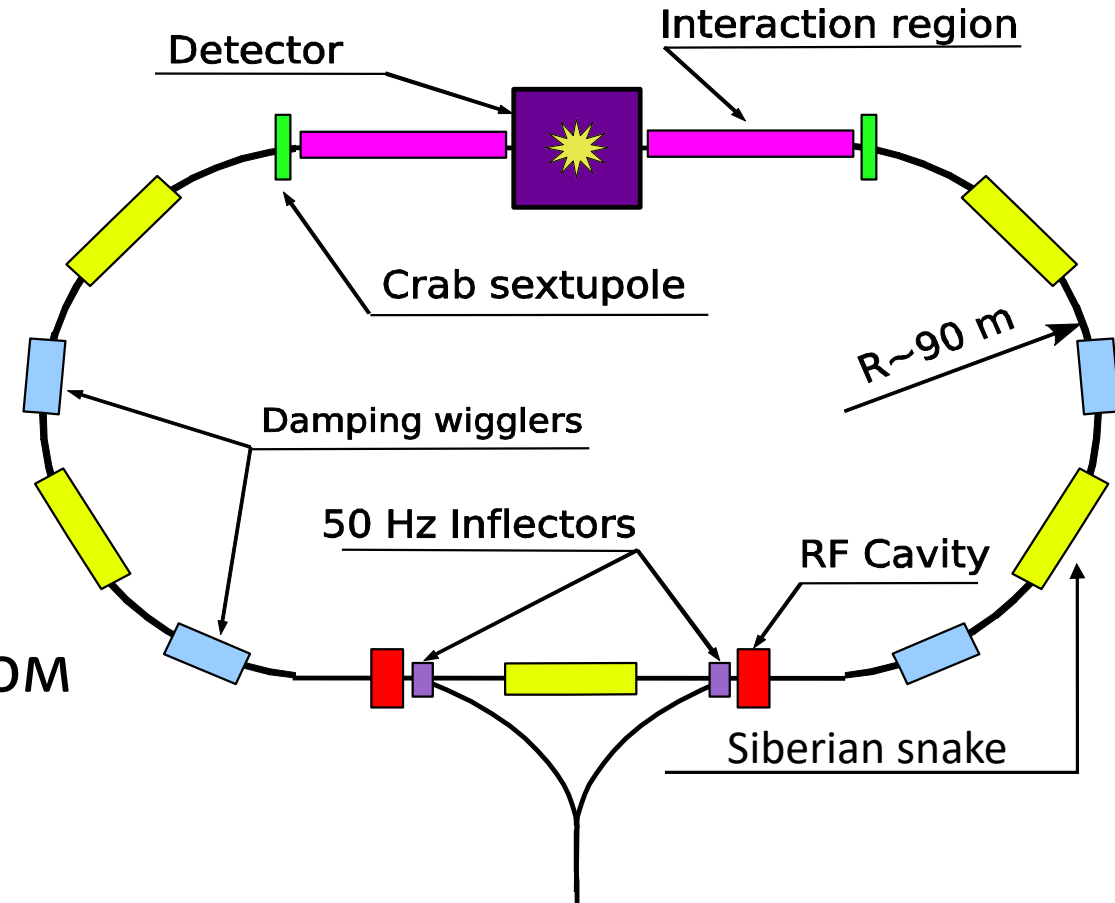
Супер С-Тау фабрика
(накопитель)

А.Богомягков, С.Бугаев,
И.Кооп, А.Краснов,
Е.Левичев, А.Отбоев,
С.Пивоваров, Т.Рыбицкая,
К.Рябченко, С.Синяткин,
А.Старостенко

Супер С-τ фабрика 2011

Основные параметры

- $2E = 2 - 5$ ГэВ
- Крабовая перетяжка
- Пиковая светимость на $10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Продольная поляризация e^- пучка
- Отсутствие поперечной поляризации. Калибровка энергии обратным комптоном ($\sim 3 \times 10^{-5}$)
- Одинаковые энергии e^- и e^+ пучков
- Отсутствие монохроматизации
- Темп производства e^+ больше $1 \times 10^{11} e^+ / \text{s}$



Схема

Легенда:

WG – виглер затухатель

SS – сибирская змейка

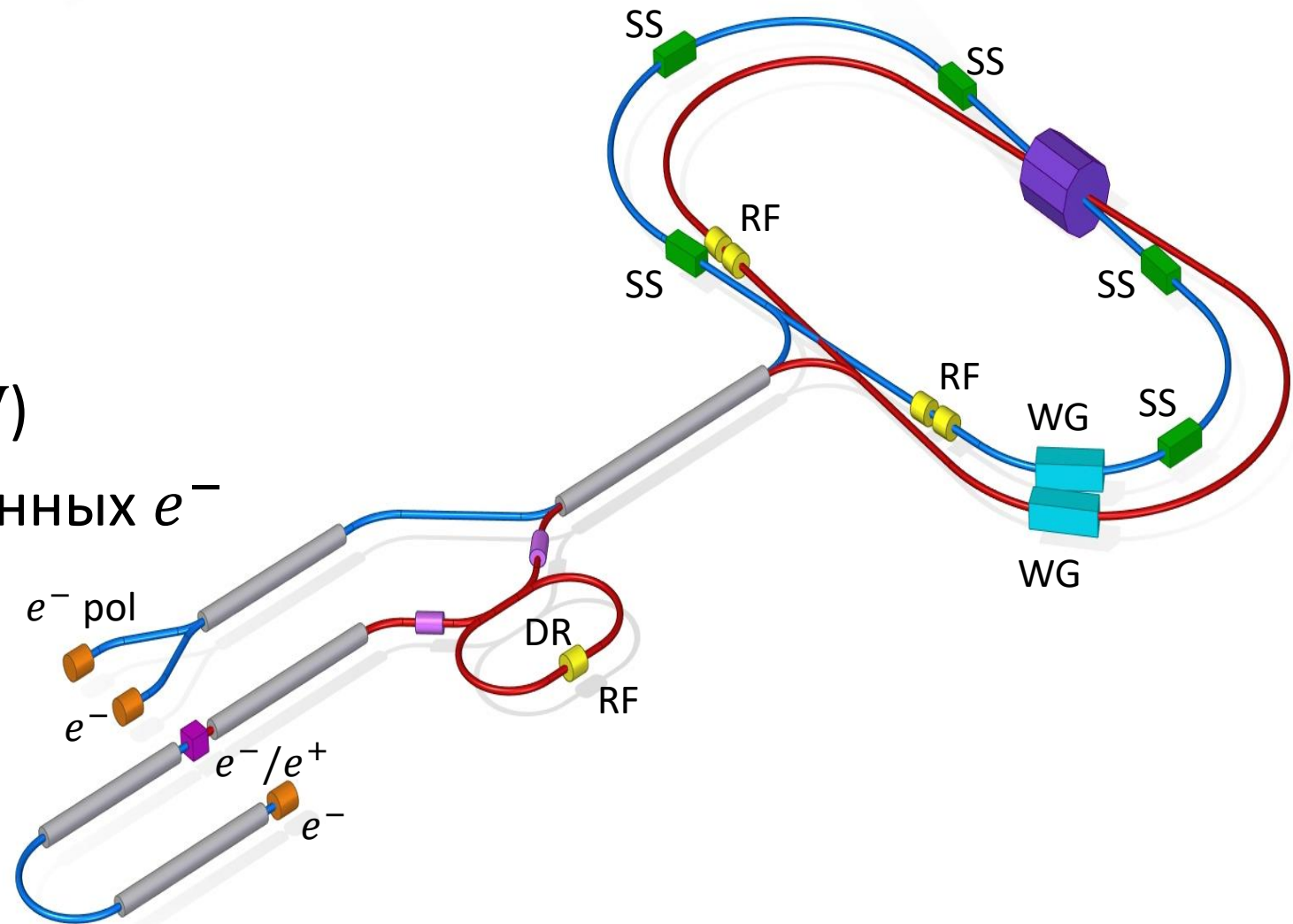
RF – резонатор

DR – damping ring (1 – 1.5 GeV)

e^- pol – источник поляризованных e^-

e^- – источник e^-

e^-/e^+ – конверсионный узел



Параметры Супер С-τ фабрика 2011

Energy	1.0 GeV	1.5 GeV	2.0 GeV	2.5 GeV
Circumference	780 m			
Emittance hor/ver	8 nm/0.04 nm @ 0.5% coupling			
Damping time hor/ver/long	30/30/15 ms			
Bunch length	16 mm	11 mm	10 mm	10 mm
Energy spread	$10.1 \cdot 10^{-4}$	$9.96 \cdot 10^{-4}$	$8.44 \cdot 10^{-4}$	$7.38 \cdot 10^{-4}$
Momentum compaction	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$	$1.06 \cdot 10^{-3}$
Synchrotron tune	0.007	0.010	0.009	0.008
RF frequency	508 MHz			
Harmonic number	1300			
Particles in bunch	$7 \cdot 10^{10}$			
Number of bunches	390 (10% gap)			
Bunch current	4.4 mA			
Total beam current	1.7 A			
Beam-beam parameter	0.15	0.15	0.12	0.095
Luminosity	$0.63 \cdot 10^{35}$	$0.95 \cdot 10^{35}$	$1.00 \cdot 10^{35}$	$1.00 \cdot 10^{35}$

IP: $\beta_y=0.8$ mm, $\beta_x=40$ mm

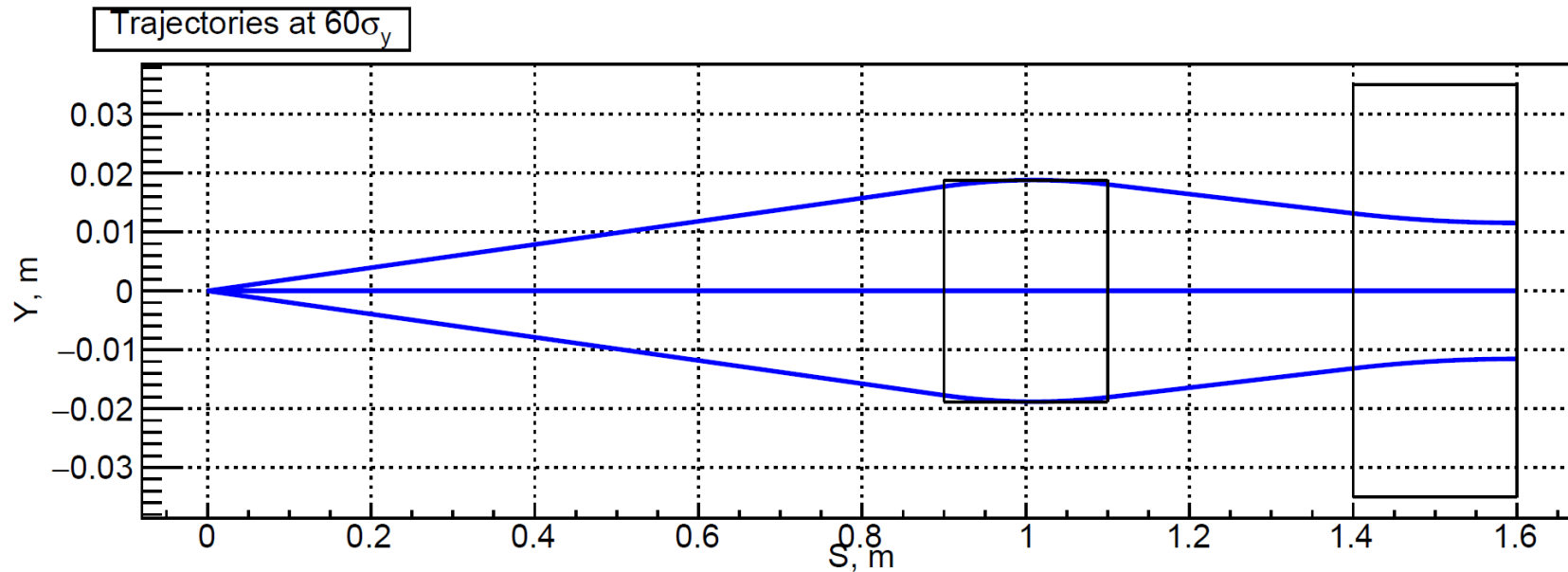
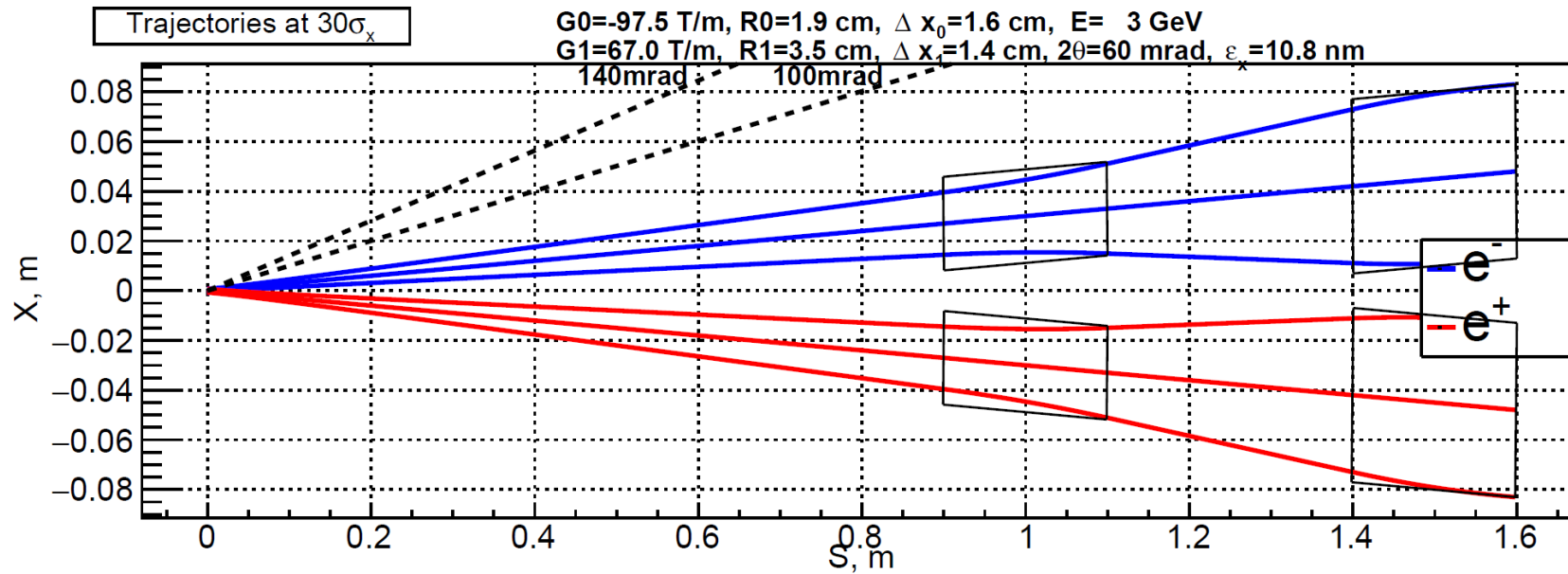
Статус

- Проект был одобрен правительством РФ как один из шести мега-проектов.
- **Правительство запросило документы для принятия решения к концу 2019.**
- Preliminary Design Report, Conceptual Design Report, Civil Construction Design Report и Дорожная карта готовы.
- Проект поддержан ЕСФА.
- European Commission Expert Group поддержала проект (Russian Mega Science projects – evaluation of the potential for cooperation with Europe Experts meeting in Brussels 19 June 2013).
- Подписаны Меморандумы о взаимопонимании с CERN, KEK, INFN, JINR, John Adams Institute.

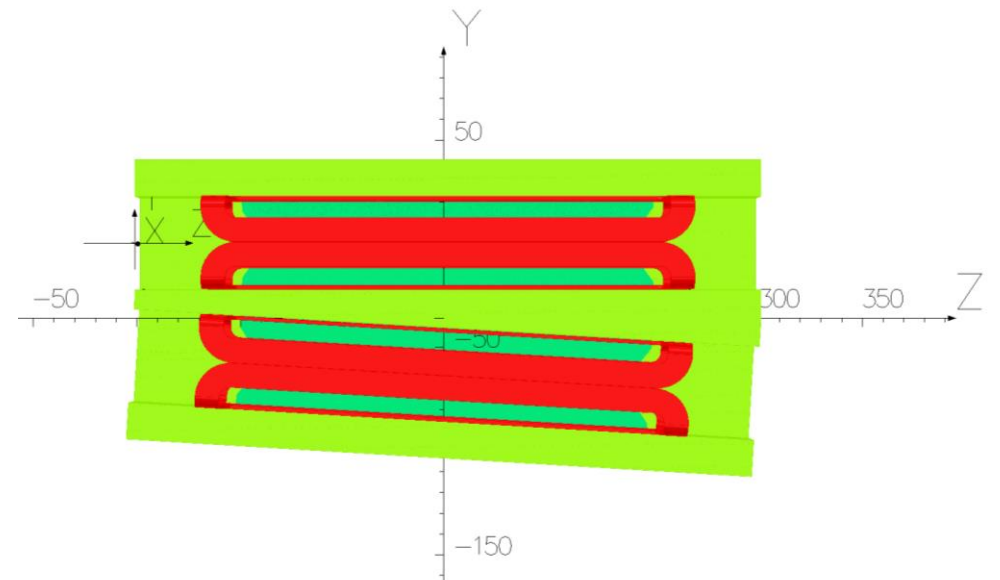
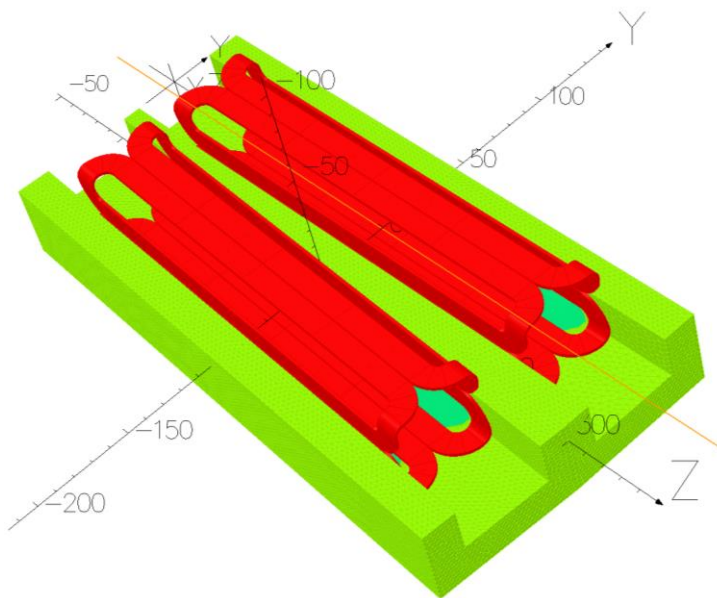
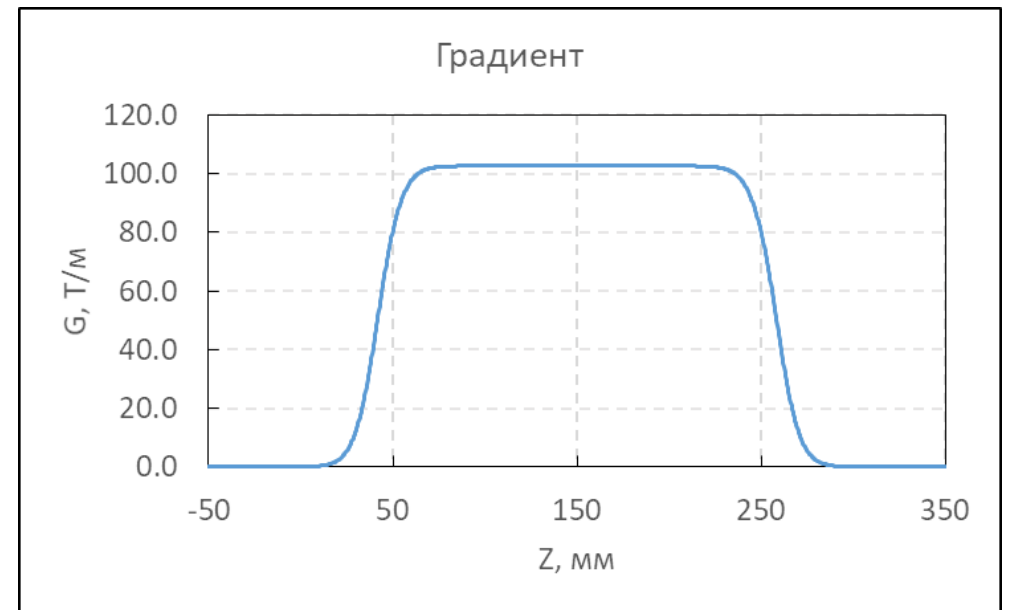
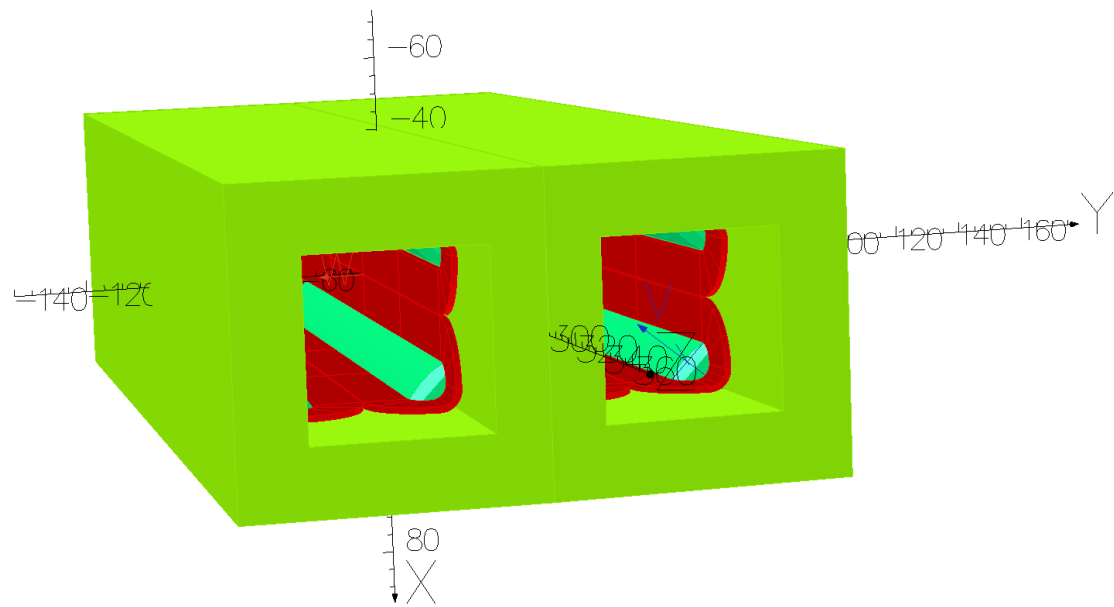
Причины для изменения проекта

- $L^* = 0.6$ м мала, увеличена $L^* = 0.9$ м.
 - Реалистичный дизайн финальных линз, криостата, соленоидов, вакуумной камеры в области MDI.
- $E_{beam} = 2.5$ ГэВ увеличена $E_{beam} = 3$ ГэВ.
- Отсутствуют энергетическая и динамическая апертуры всего кольца с краями линз, кинематикой, крабовыми секступолями.
 - Изменена конфигурация промежутка встречи.
- Периметр 800 м уменьшен до 475 м.
- Уменьшены требования к затухательным виглерам
 - 4 штуки $B_w = 6.5$ Т, $L_w = 6.4$ м на 2 штуки $B_w = 3.5$ Т, $L_w = 1.5$ м.
- Разработаны новые ускорительные технологии для источников СИ: маленький эмиттанс, коррекция хроматизма, оптимизация ДА, эффективная инжекция, коррекция связи и т.д.

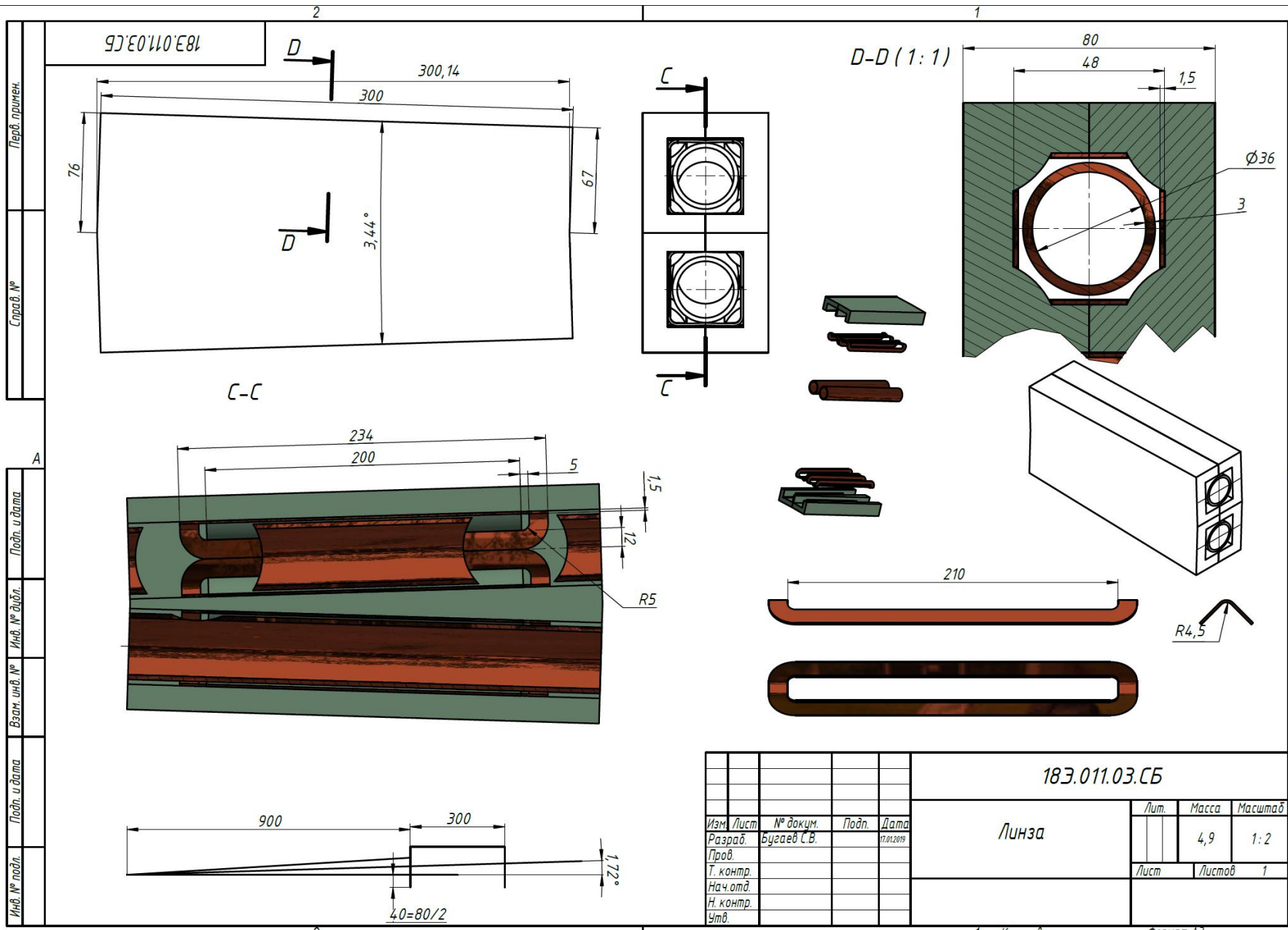
Траектории финального фокуса



Финальный квадруполь (3d расчёты)

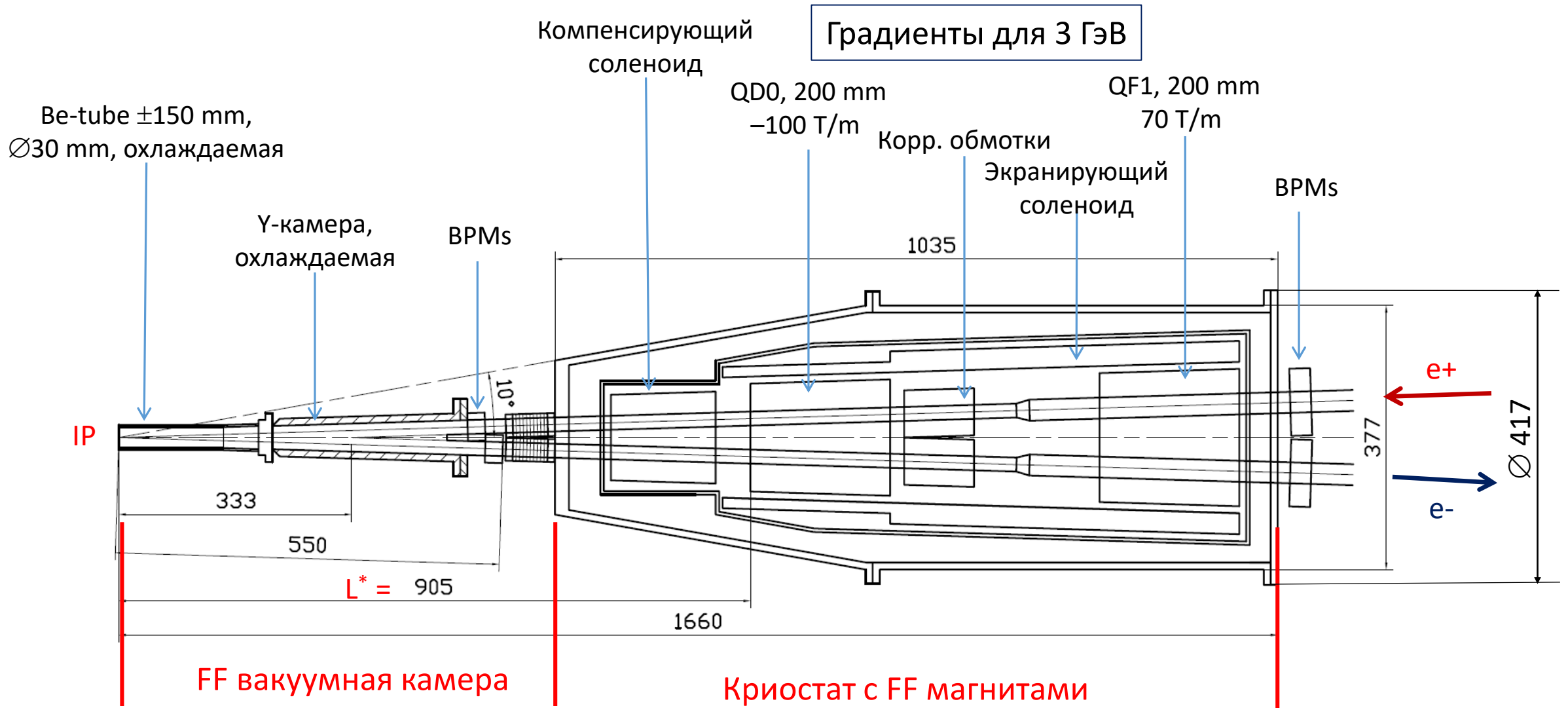


Финальный квадруполь

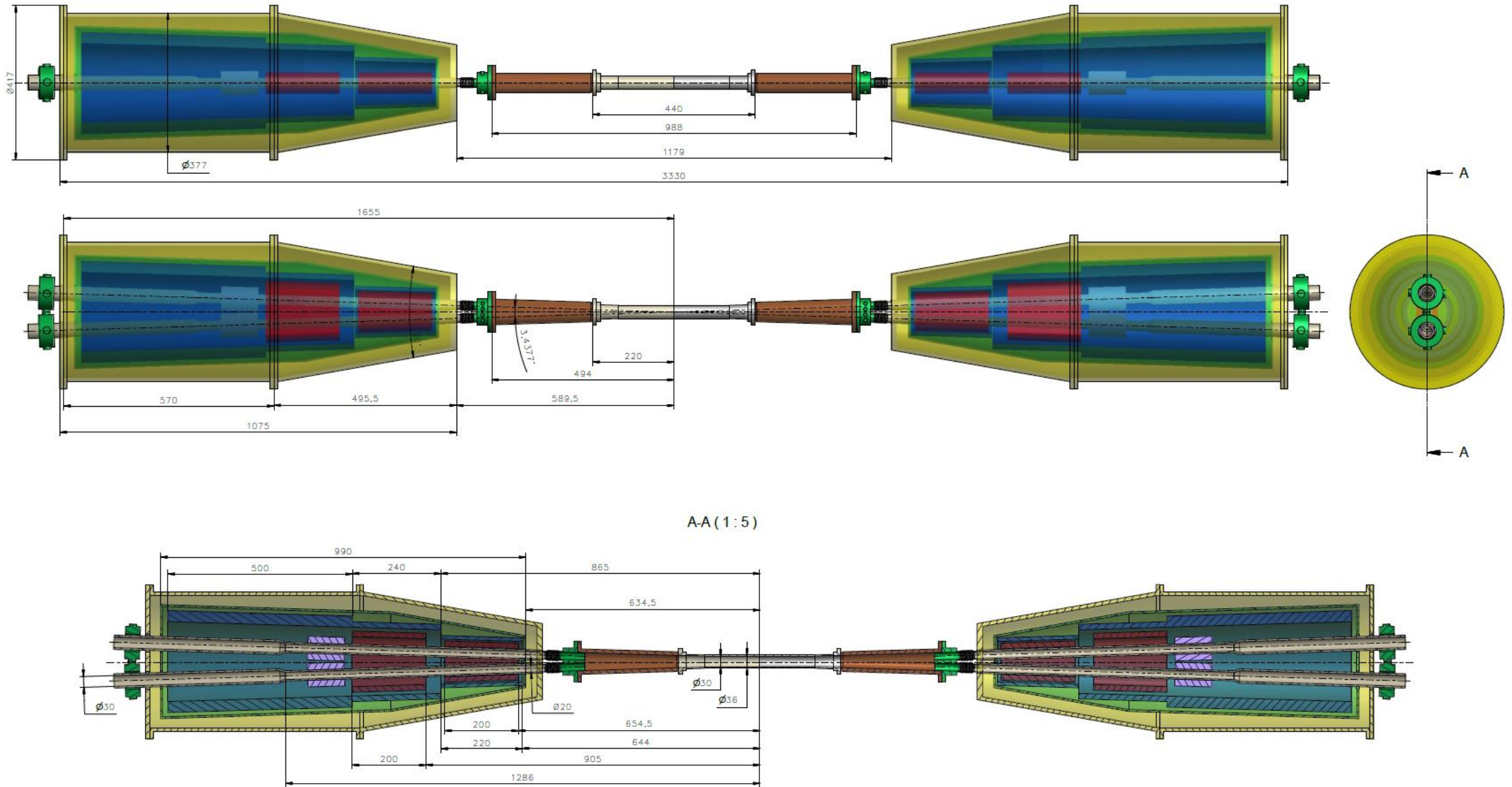


Делается полноценный прототип. Задача изготовить и провести магнитные измерения

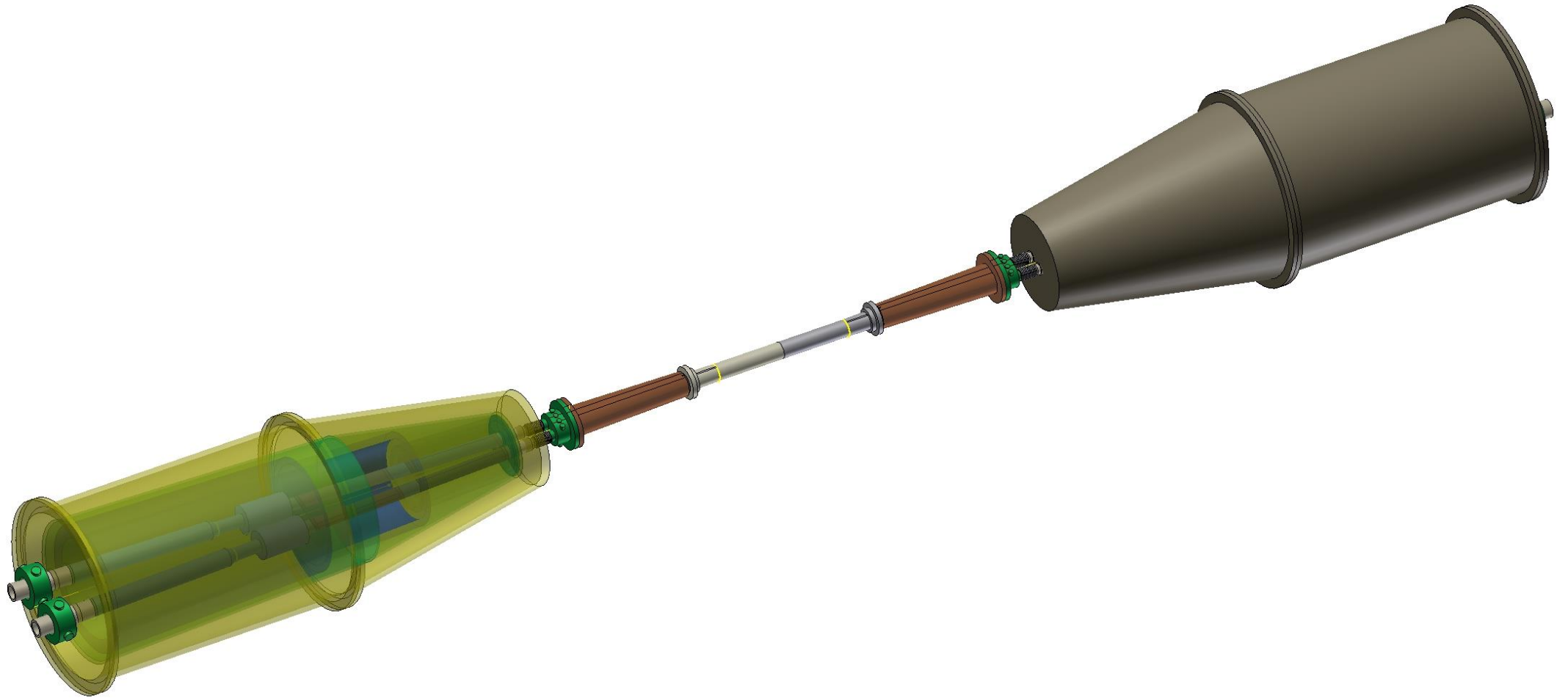
Machine-detector interface



Machine-detector interface

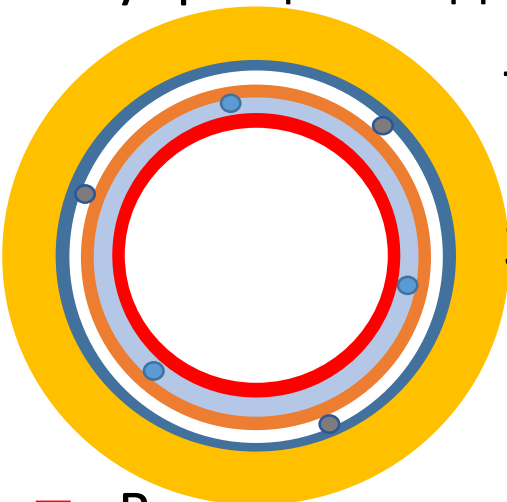


Machine-detector interface



Вакуумная камера внутри криостата

По аналогии с BELLE II имеем комнатную температуру в пучковой камере внутри криогенных магнитных элементов. Это позволяет минимизировать количество сильфонных узлов, высокочастотных контактов, исключает холодно-теплые переходы и упрощает задачу снятия тепловой нагрузки с камеры пучка.



Тепловая нагрузка на камеру из-за наличия зеркального тока и высокочастотного электромагнитного излучения составляет 100 W/m. Задача: Минимизировать технологические зазоры в многослойной камере, не превышая допустимый уровень теплопритока на криогенную систему

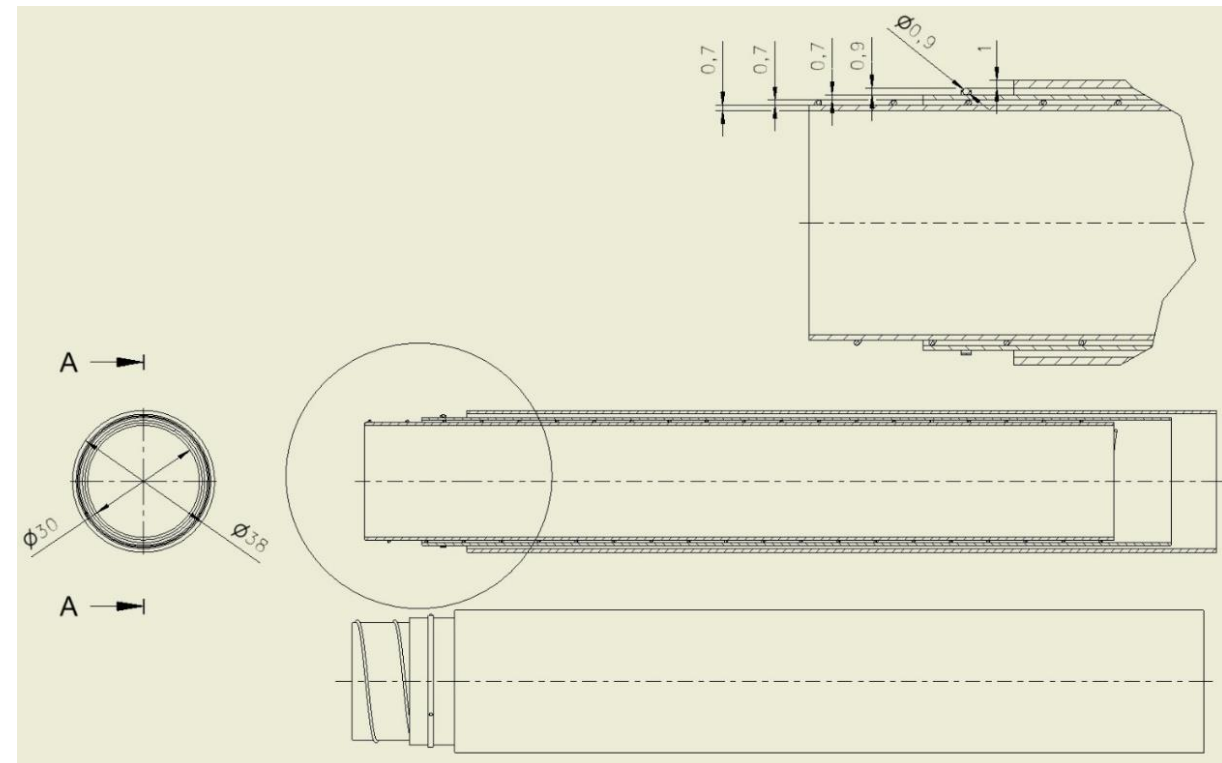
- Внутренняя камера толщиной 0.7 mm с медным покрытием, $T=300\text{K}$
- Зазор 0.7 mm с потоком воды для снятия тепловой нагрузки от НОМ & IC
- Труба толщиной 0.7 mm с зеркальным покрытием Cu или Au, $T=300\text{K}$
- Вакуумный зазор 0.9 mm с дистанцирующими теплоизоляторами
- Внешняя труба толщиной 1 mm, с внутренним покрытием Cu, $T=4.2\text{K}$
- Сверхпроводящая катушка

Пример: Если внутренний $\varnothing=30\text{ mm}$, то наружный $\varnothing=38\text{ mm}$

Конструкция трехслойной камеры пучка

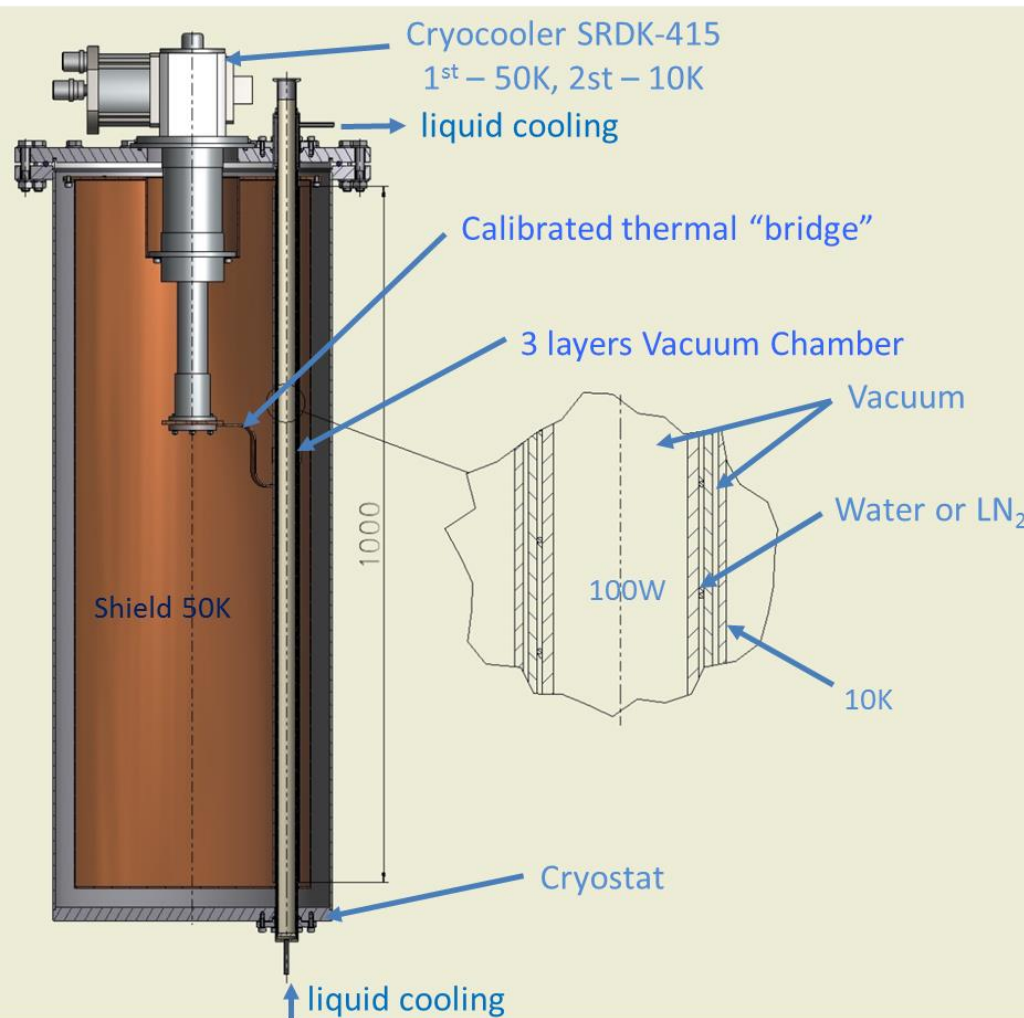


Заказ на трехслойную камеру и измерительный криостат находится в производстве ИЯФ



Прототип вакуумной камеры

Стенд для измерения теплопритока в трехслойной вакуумной камере



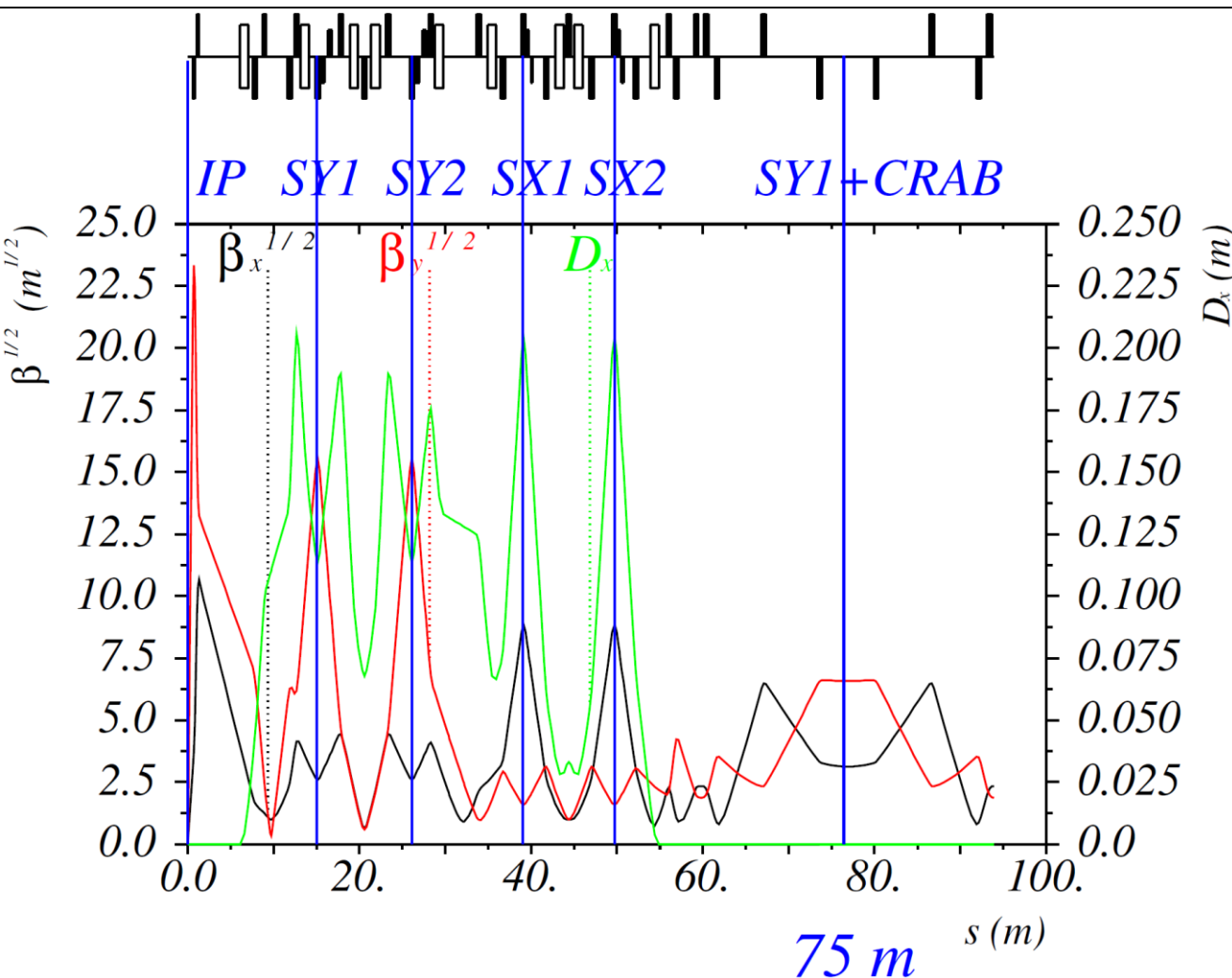
Тепловая нагрузка на криогенную систему будет определяться двумя способами: по изменению температуры жидкого теплоносителя и по разности температур на тепловом мосте между крио-куллером и вакуумной камерой.

Сборка измерительного стенда намечена на март – апрель 2019 года

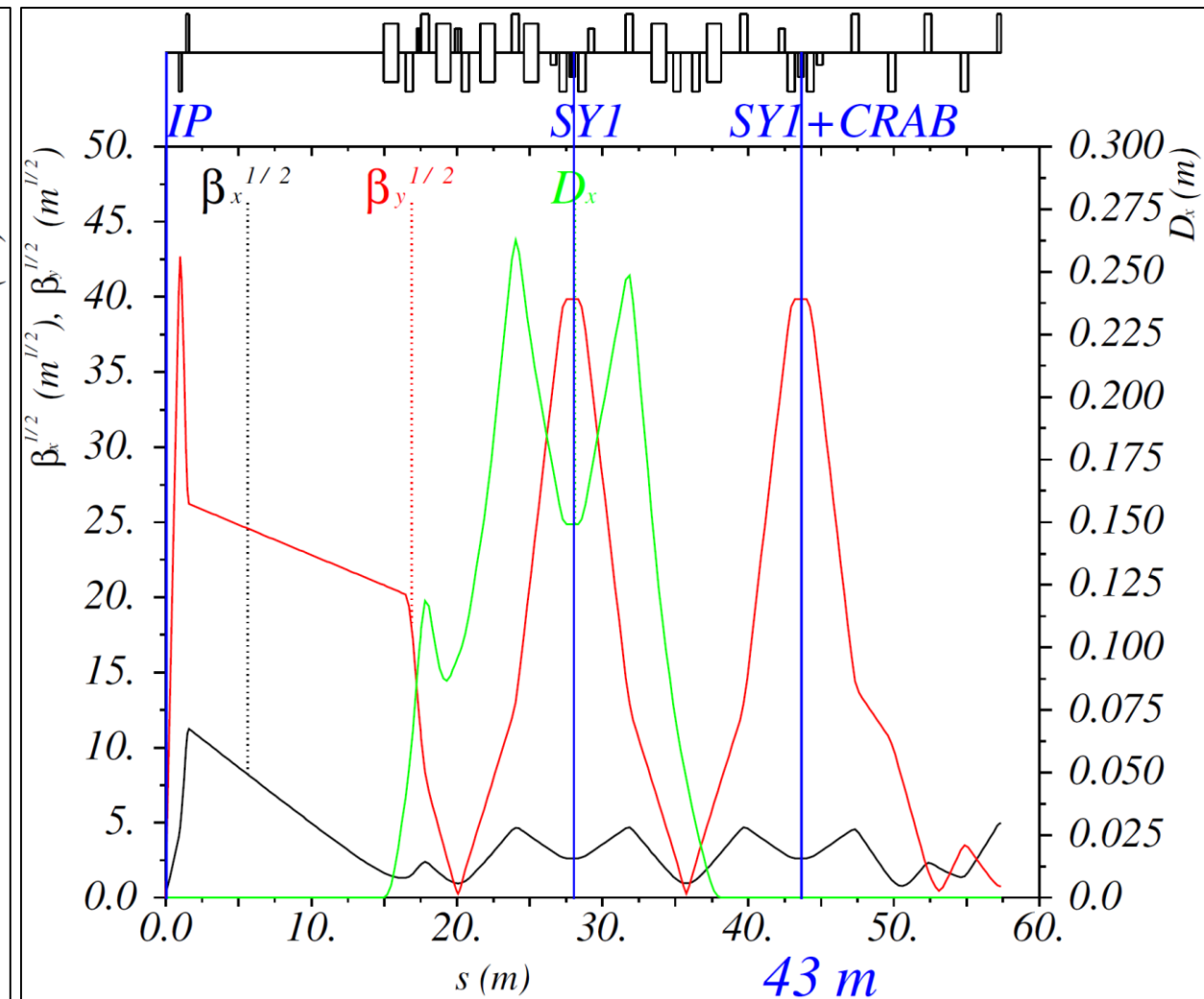


Промежуток встречи

Стандартная схема (2011)

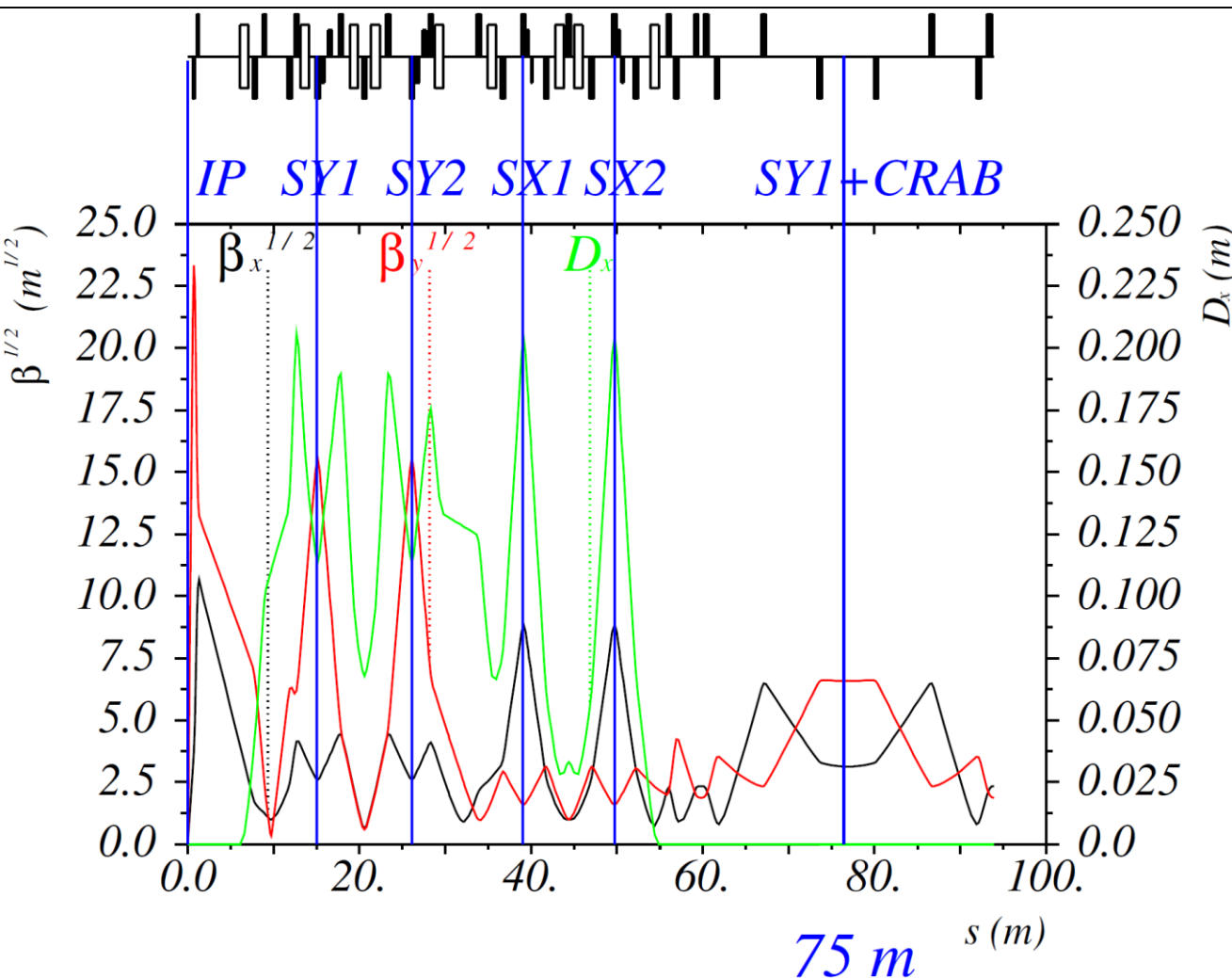


K.Oide's for FCC-ee (12.2018)

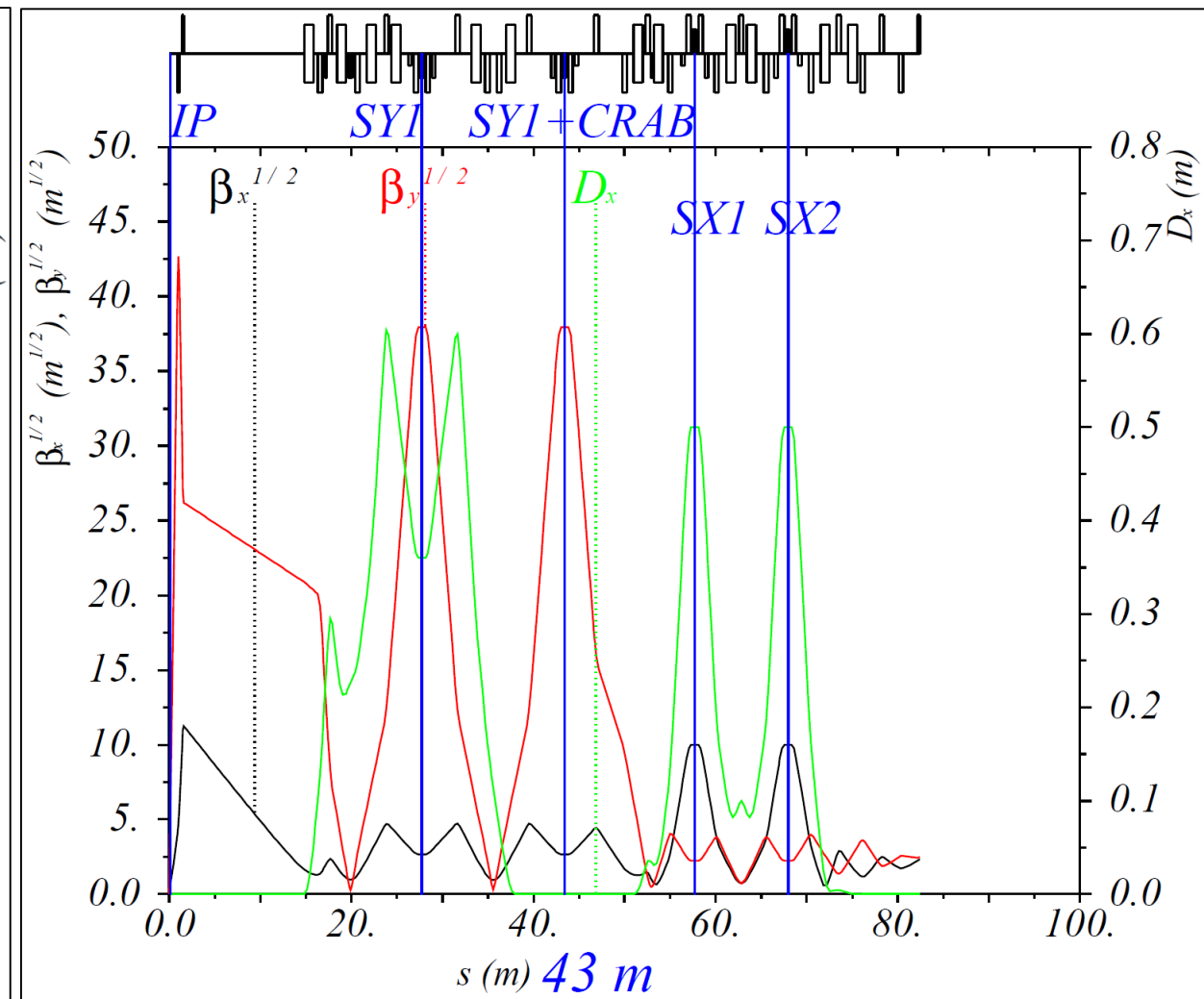


Промежуток встречи

Стандартная схема (2011)



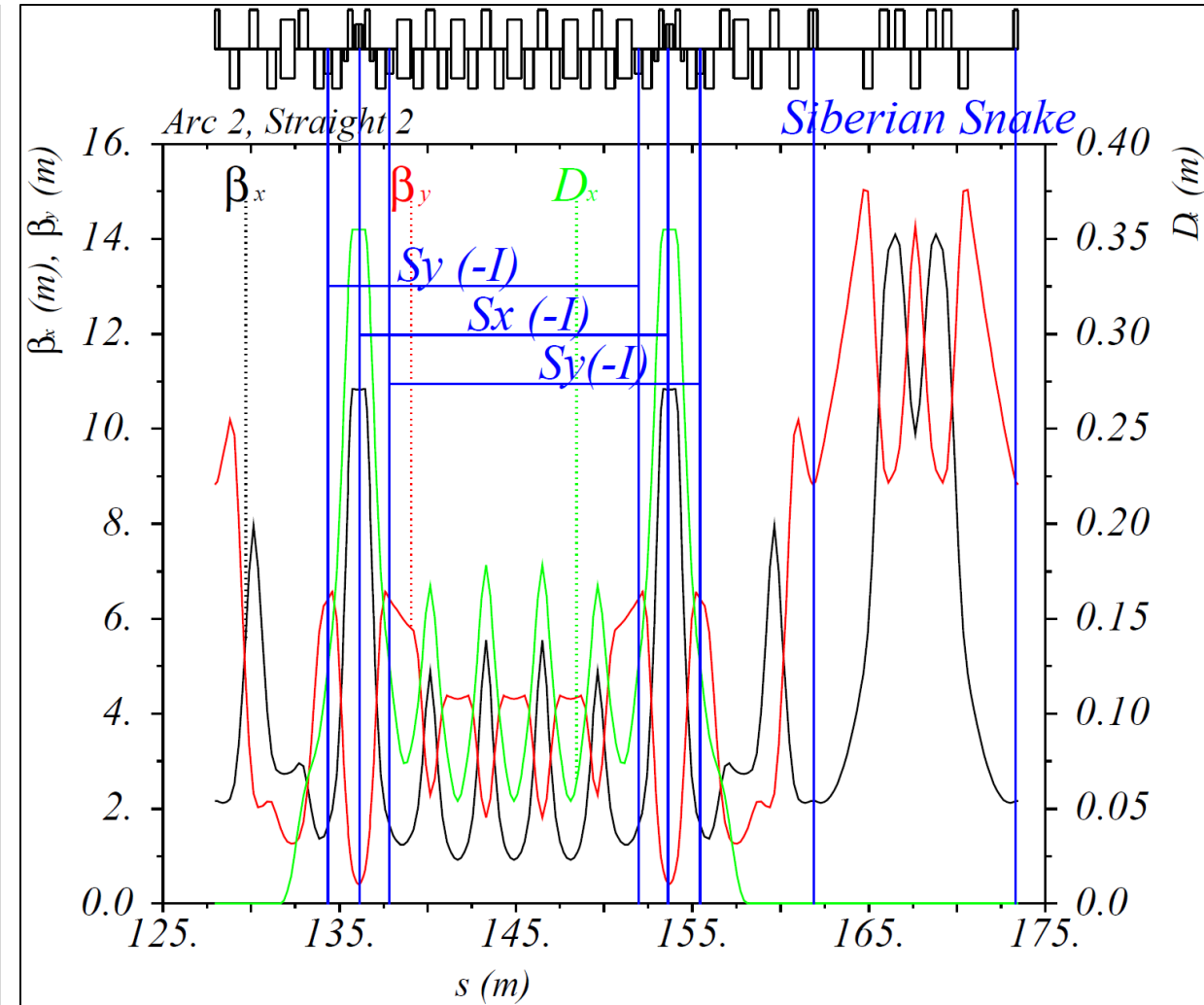
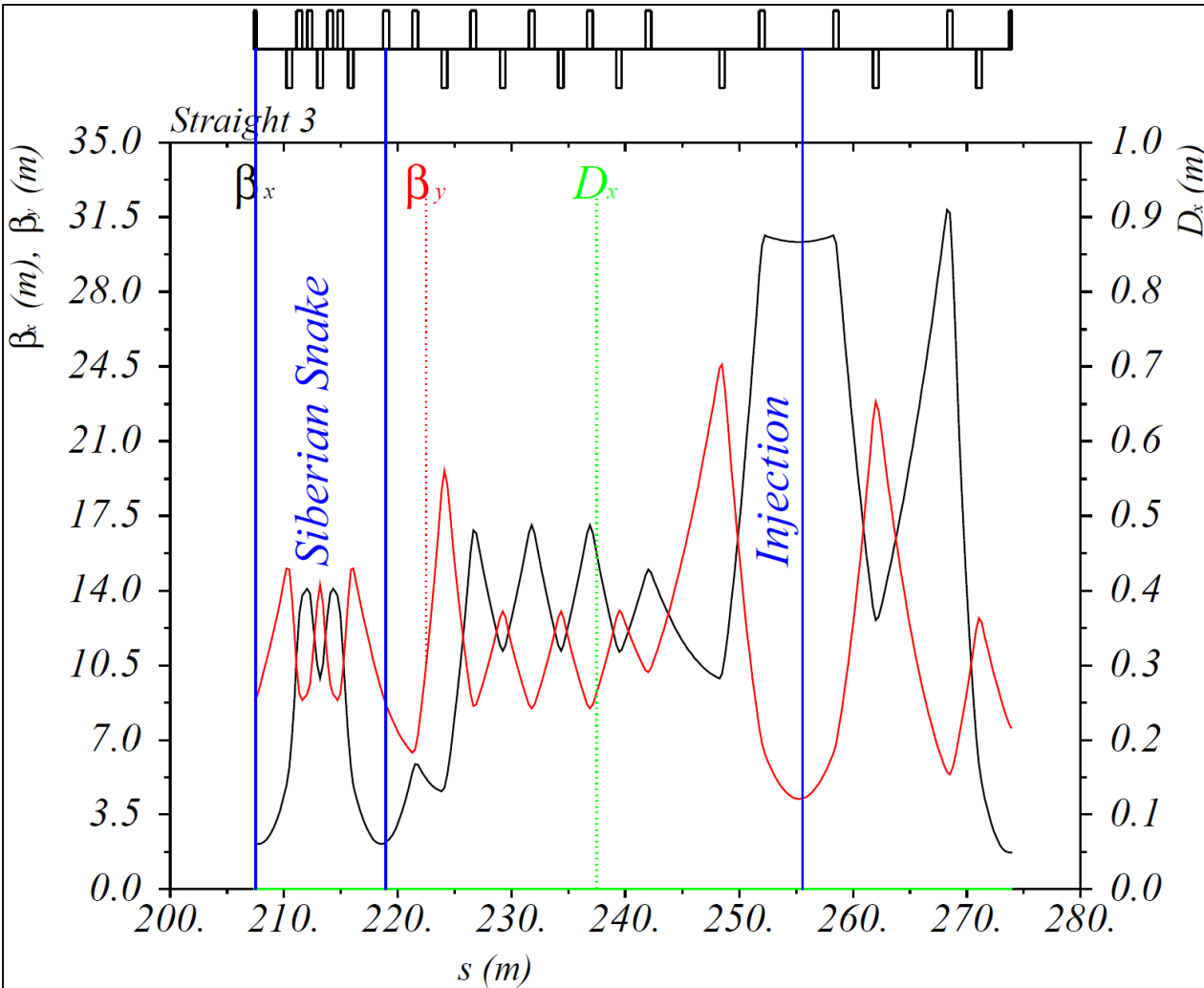
Совмещённая схема (новая)



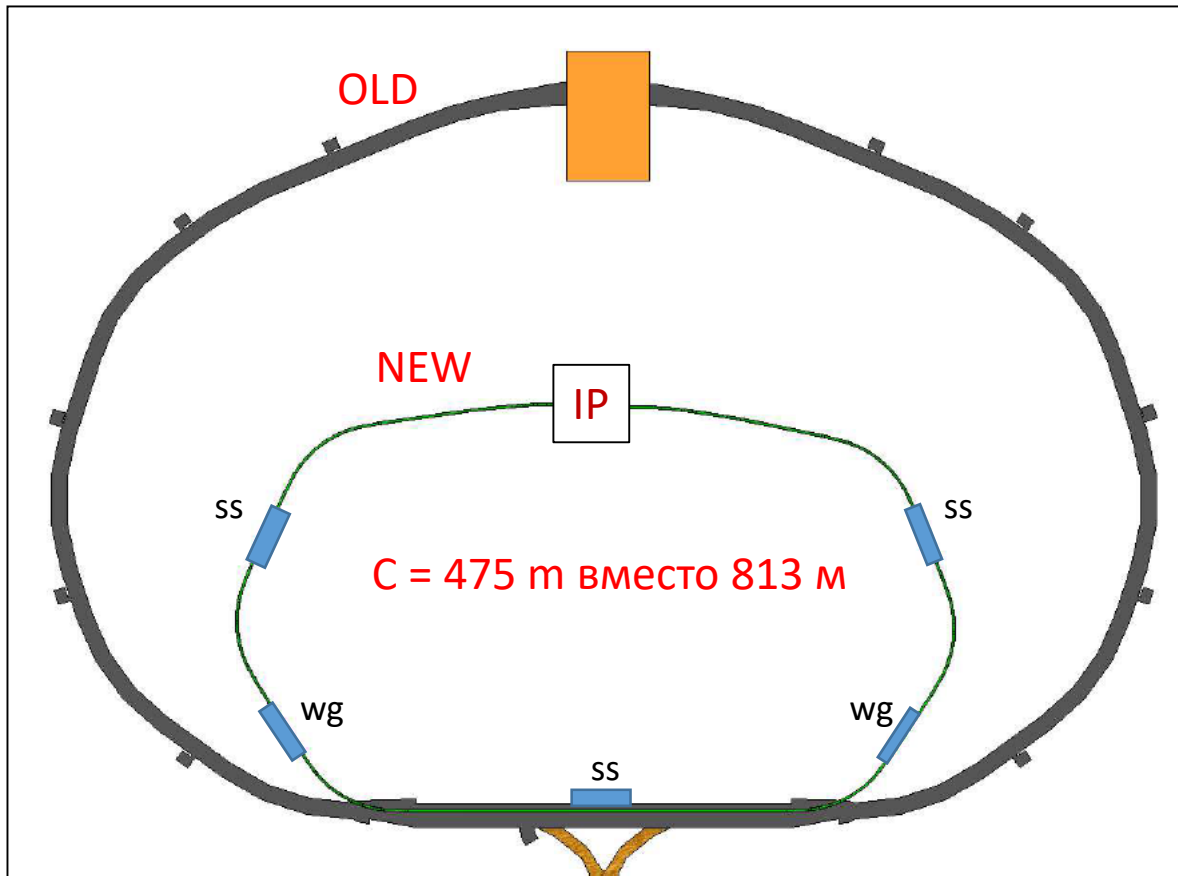
Технический проем и арка

Технический проем

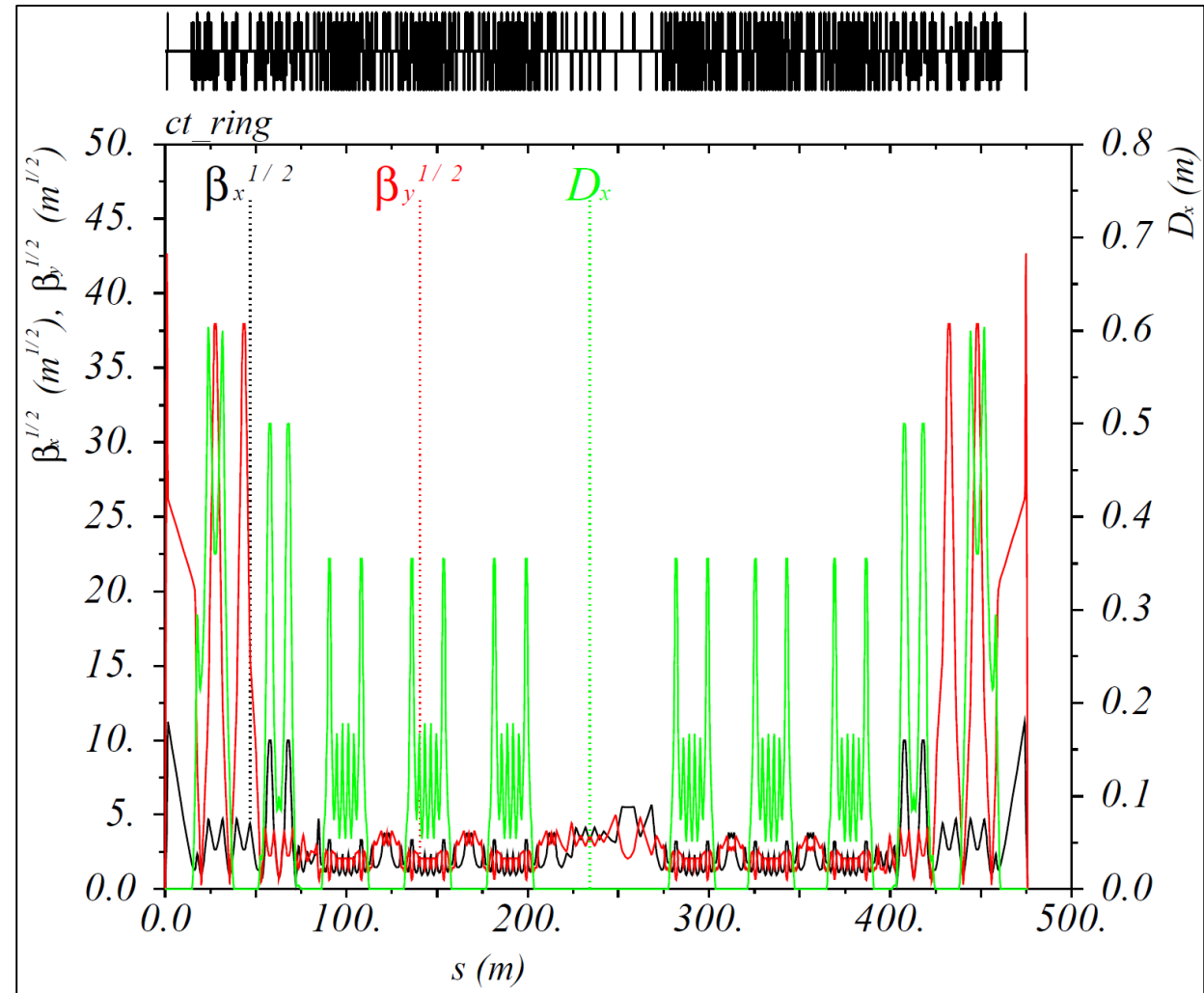
3 НМВА cells (Раймонди для СТАу)



Новое компактное кольцо

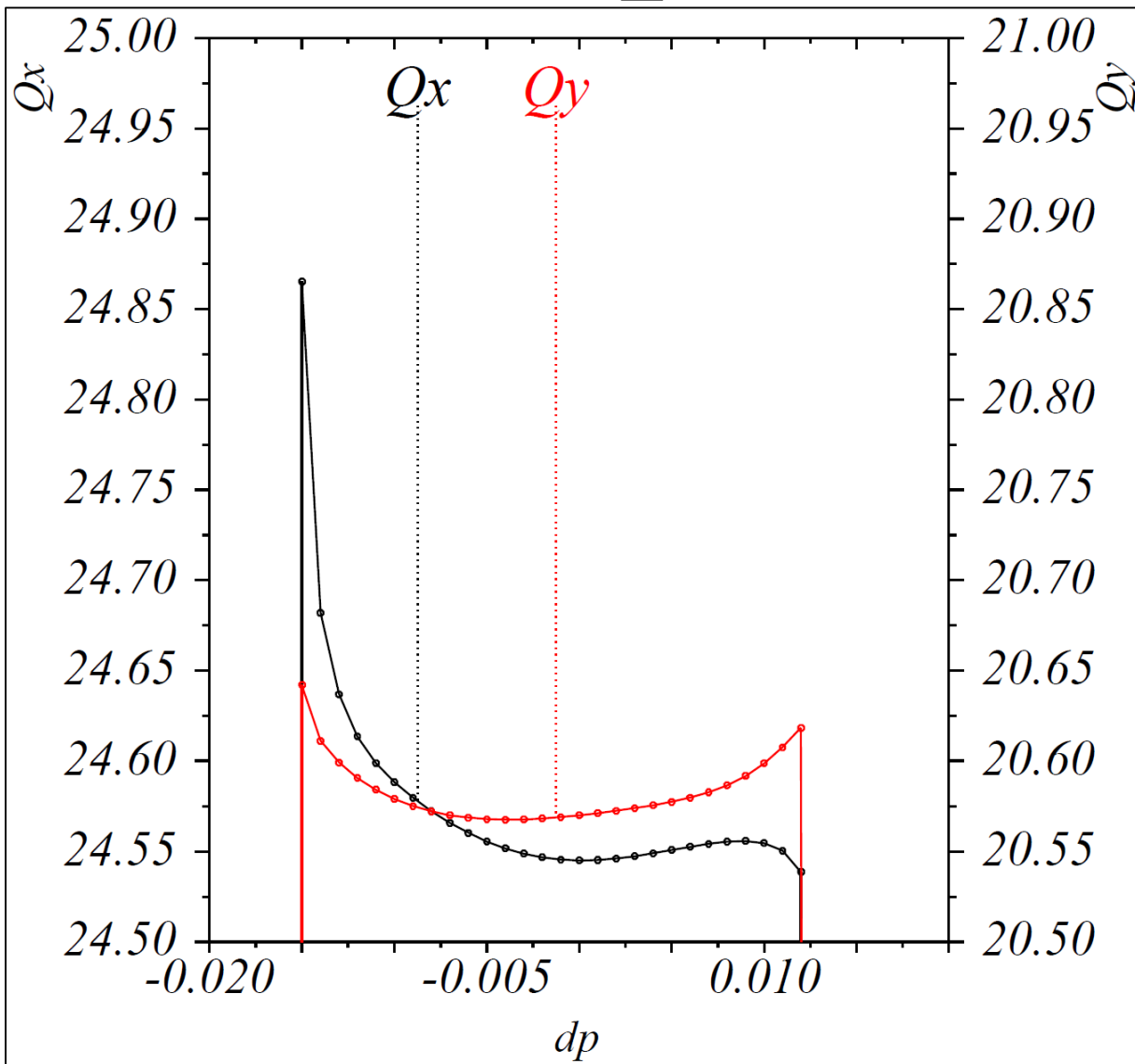


6 кратная симметрия кольца

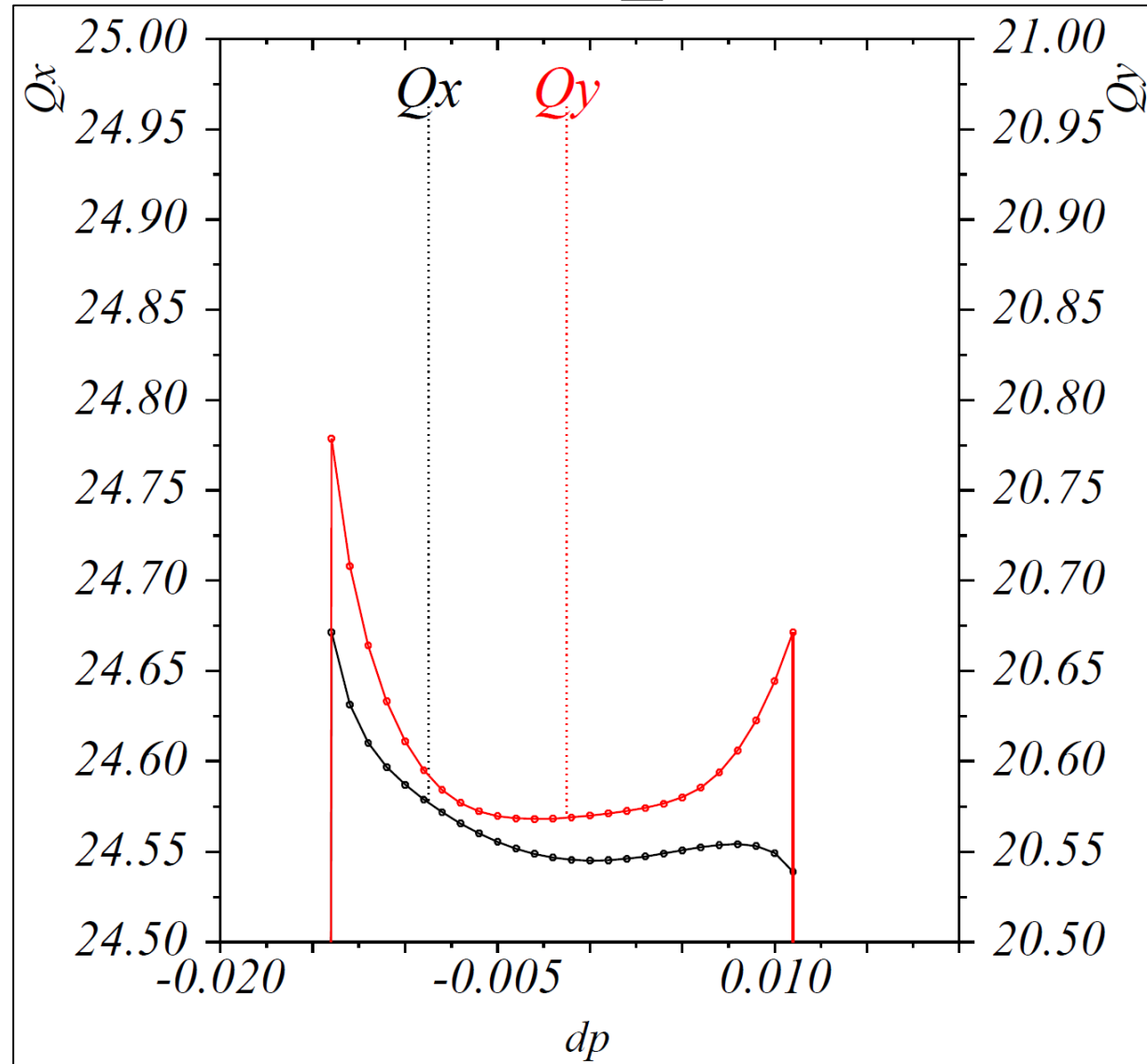


Энергетическая апертура

CRAB OFF $\pm 1.3\%$



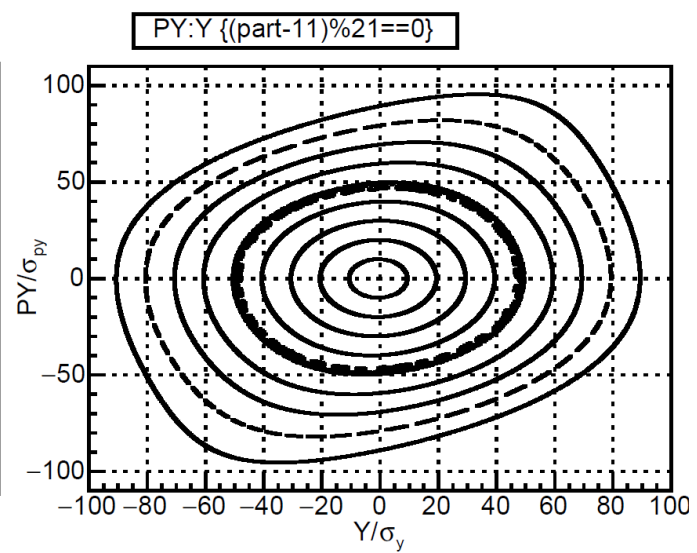
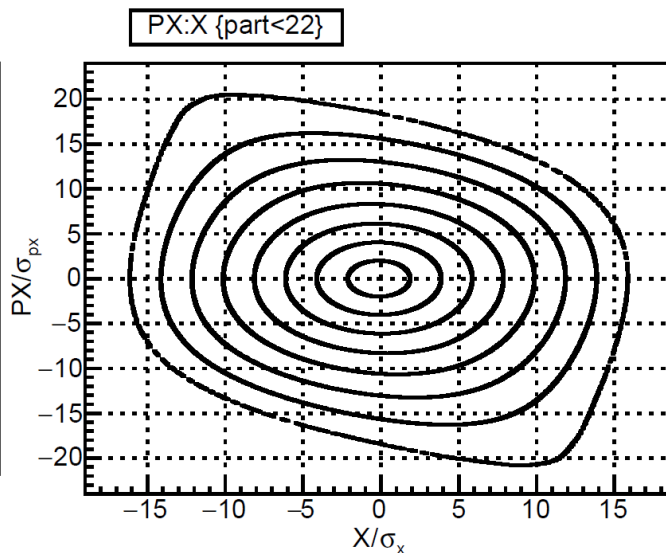
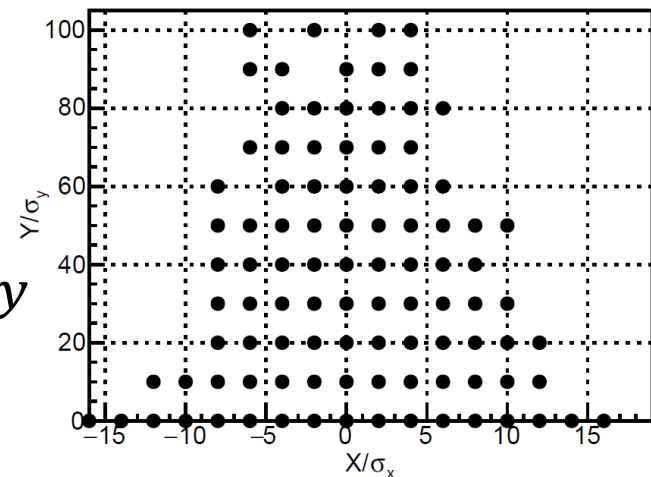
CRAB ON $\pm 1.2\%$



Динамическая апертура

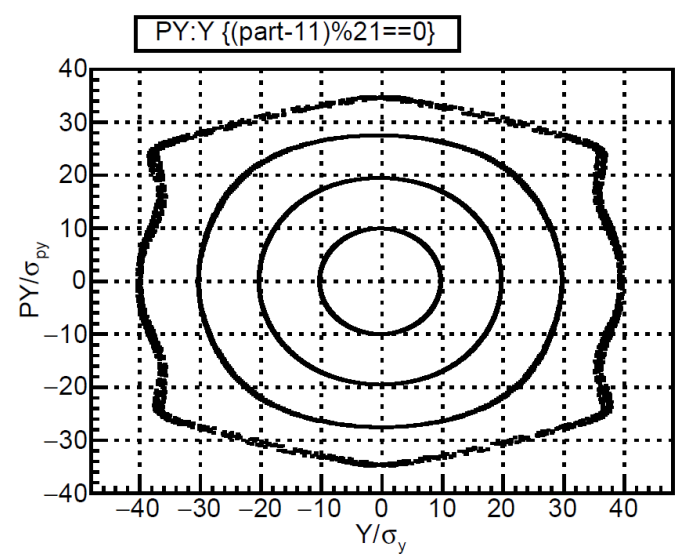
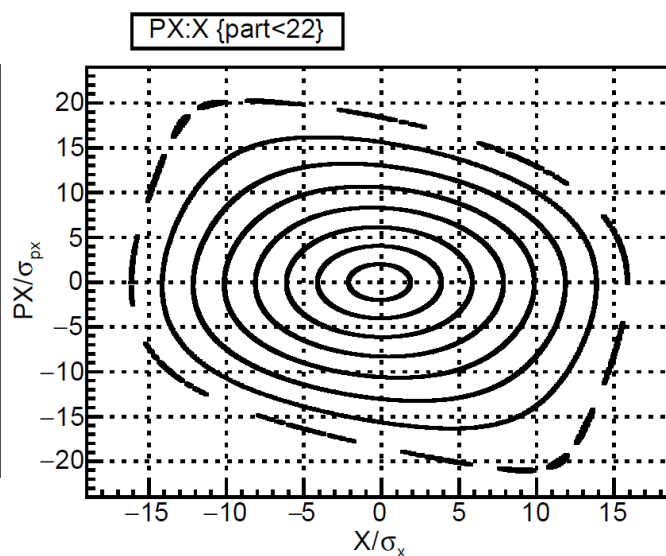
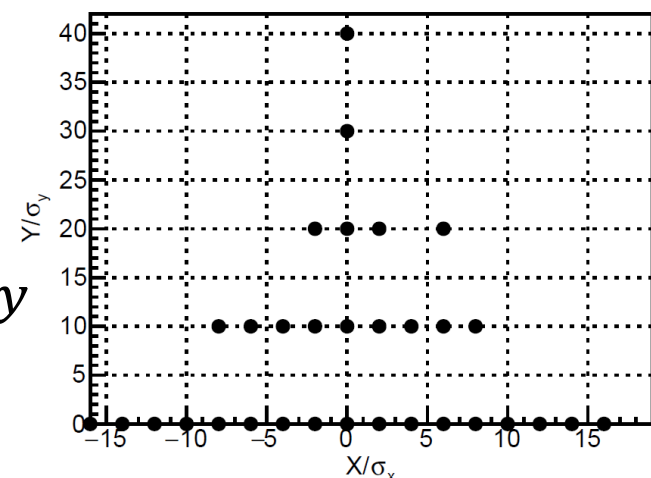
CRAB OF
 $\pm 16 \sigma_x, \pm 90 \sigma_y$

$\sigma_x=2.3e-005$ m, $\sigma_y=1.6e-007$ m, $\sigma_e=9.7e-004$



CRAB ON
 $\pm 16 \sigma_x, \pm 40 \sigma_y$

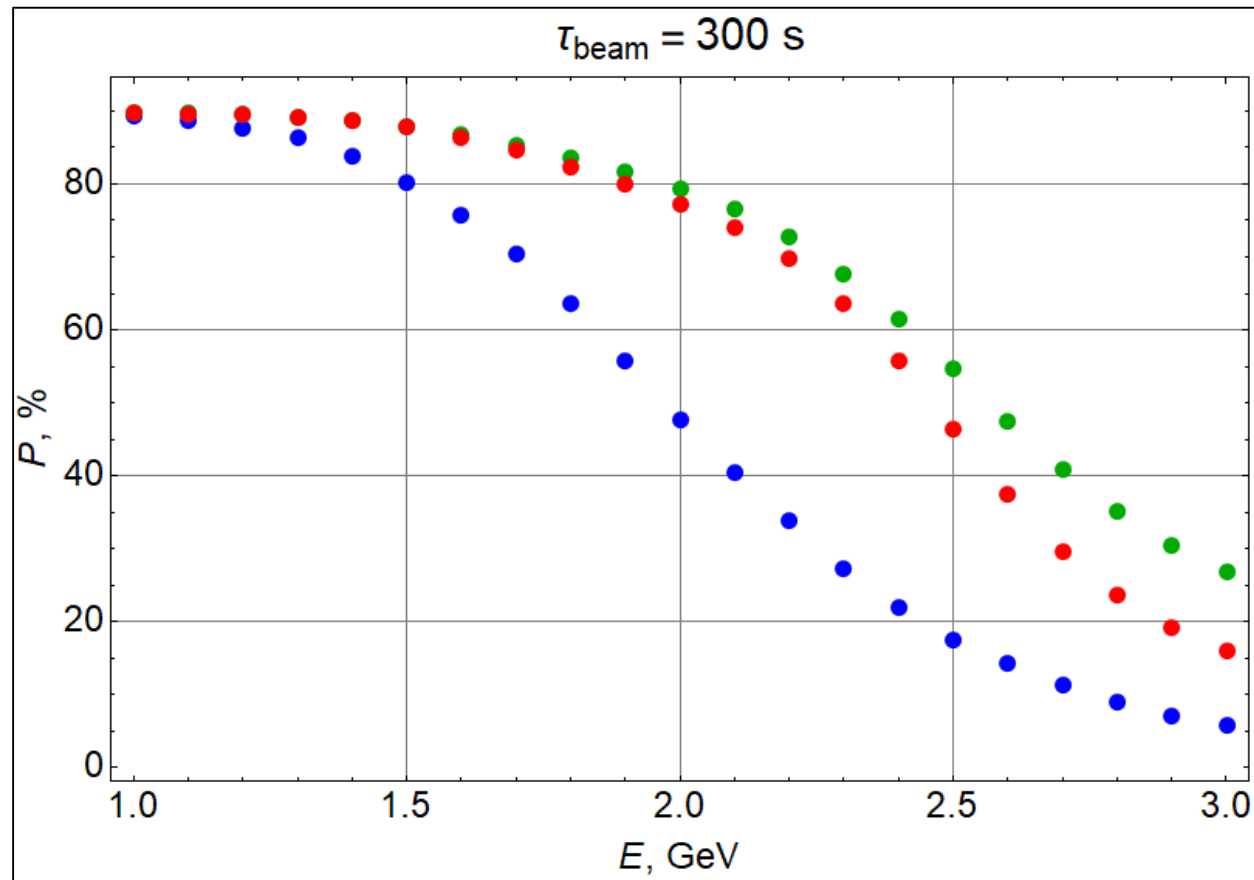
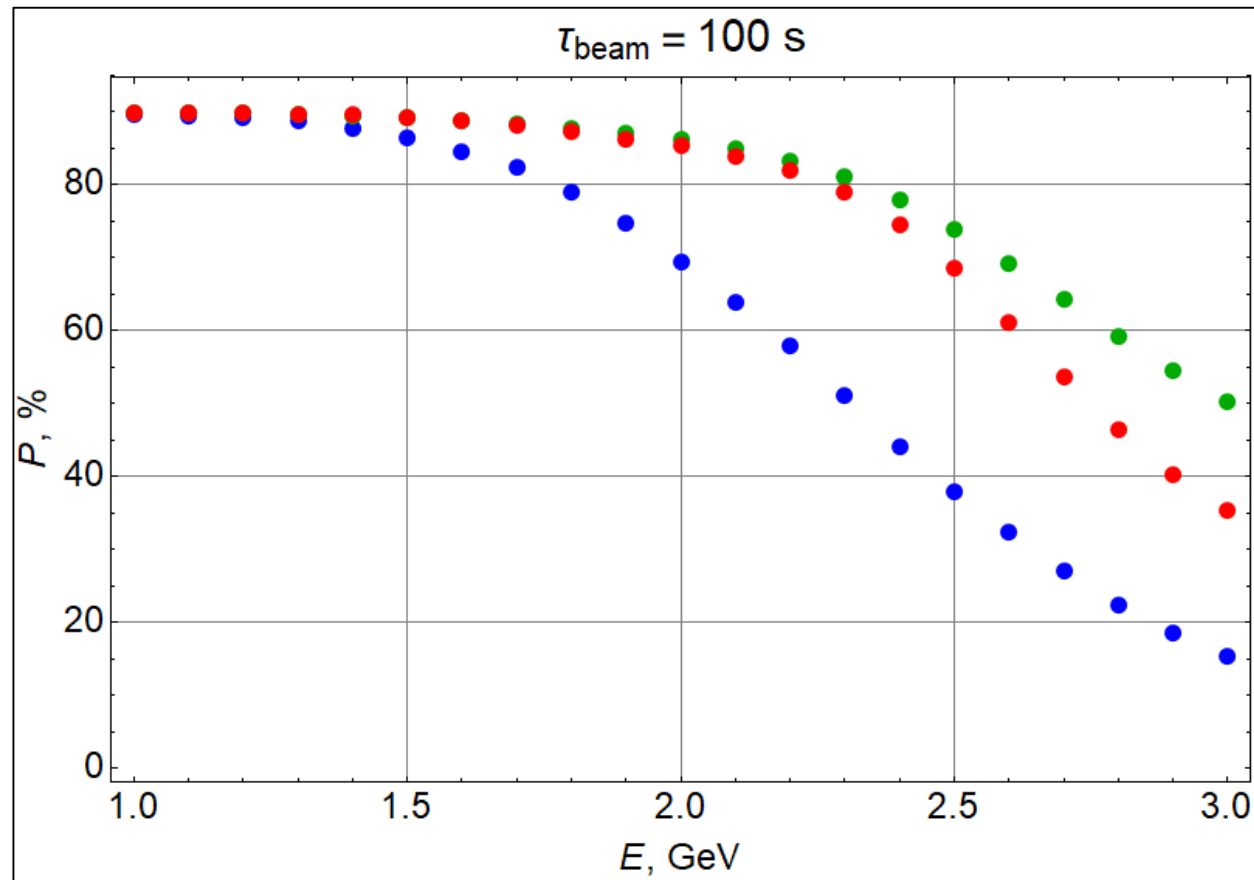
$\sigma_x=2.3e-005$ m, $\sigma_y=1.6e-007$ m, $\sigma_e=9.7e-004$



K2_LY1 = -16.54508083; K2_RY1 = -17.08507277;

K2_LY3 = -11.67819319; K2_RY3 = -21.95196041;

Продольная поляризация (число змеек)



● 1 змейка ● 3 змейки ● 5 змеек

Параметры 3 ГэВ

	Max	Relax		Max	Relax
Π [м]	475.768		σ_δ [10^{-4}]	9.8	
2θ [мрад]	60		α	9.6×10^{-4}	
N_{part} [10^{10}]	13	7	q	555	
N_{bunch}	150	280	f_{RF} [МГц]	349.7	
I [A]	2		V_{RF} [МВ]	2	
β_x^*/β_y^* [см]	5/0.05		σ_s [мм]	10	
ε_x [нм]	11		ν_s	0.007	
$\varepsilon_y/\varepsilon_x$ [%]	0.5		ξ_x/ξ_y	0.005/0.1	0.003/0.05
\mathcal{L} [10^{35} см $^{-2}$ с $^{-1}$]	1.9	1	φ	12.9	
τ_L [с]	653	1200			

Параметры 2 ГэВ

Π [м]	475.768	σ_δ [10^{-4}]	7.7 (6.6)
2θ [мрад]	60	α	9.6×10^{-4}
N_{part} [10^{10}]	5.2	q	555
N_{bunch}	420	f_{RF} [МГц]	349.7
I [A]	2.2	V_{RF} [МВ]	0.7
β_x^*/β_y^* [см]	5/0.05	σ_s [мм]	10 (9)
ε_x [нм]	6.5 (4.8)	ν_s	0.005
$\varepsilon_y/\varepsilon_x$ [%]	0.5	ξ_x/ξ_y	0.003/0.074
\mathcal{L} [10^{35} см $^{-2}$ с $^{-1}$]	1	φ	17
τ_L [с]	1200		

Параметры 1 ГэВ

	Max	Relax		Max	Relax
Π [м]	475.768		σ_δ [10^{-4}]	14 (3)	12 (3)
2θ [мрад]	60		α	9.6×10^{-4}	
N_{part} [10^{10}]	5.5	2.1	q	555	
N_{bunch}	400	500	f_{RF} [МГц]	349.7	
I [A]	2.2	1	V_{RF} [МВ]	1	
β_x^*/β_y^* [см]	5/0.05		σ_s [мм]	11 (2.5)	9 (2.5)
ε_x [нм]	20 (1.2)	15 (1.2)	ν_s	0.009	
$\varepsilon_y/\varepsilon_x$ [%]	0.5		ξ_x/ξ_y	0.005/0.08	0.003/0.04
\mathcal{L} [10^{35} см $^{-2}$ с $^{-1}$]	0.5	0.14	φ	10	
τ_L [с]	2500	4600	$\tau_{Touschek}$ [с]	420	920

Время жизни по Тушеку на 1 ГэВ

Е [ГэВ]	1		
$N_{part} [10^{10}]$	5.5		
Энергетическая апертура [%]	1	1.3	1.5
Время жизни [с]	420	780	1100

Может ли С-Тау достичь высокой светимости

Beam Current Records at Factories

M.Zobov IPAC10

Parameters	PEP-II		KEKB		DAΦNE	
	LER	HER	LER	HER	e+	e-
Circumference, m	2200	2200	3016	3016	97.69	97.69
Energy, GeV	3.1	9.0	3.5	8.0	0.51	0.51
Damping time, turns	8.000	5.000	4.000	4.000	110.000	110.000
Beam Currents, A	3.21	2.07	1.70*	1.25*	1.40	2.45

Maximum positron
beam current

Maximum currents
with SC cavities

* 2.00 A and 1.40 A
without crab cavities

Maximum electron
beam current

$\mathcal{L}=10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ на 2-3 ГэВ

- высокие токи 2 А
- малая бета (SuperKEKB)
- крабовая перетяжка (DAΦNE)
- настройка ε_x , оптики, связи, хроматизма

$\mathcal{L}=10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ на 1 ГэВ

- Трудности с IBS и Тушек

Заключение

- Проект изменён, чтобы получить реалистичный дизайн финального фокуса (квадрупольи, вакуумная камера, криостаты), увеличить энергию, получить энергетическую и динамическую апертуру, сократить размер и стоимость.
- Линейная структура и параметры обеспечивают желаемые светимости и поляризацию.
- Впервые получены энергетическая ($\pm 1.2\%$) и динамическая апертуры ($\pm 16 \sigma_x, \pm 90 \sigma_y$) ($\pm 16 \sigma_x, \pm 40 \sigma_y$ с CRAB секступолем) достаточны, чтобы продолжать настраивать.
- Строится коллайдер с большим током (2 А), низкой энергией (400 МэВ) чтобы изучать связанное состояние ($\mu^+ \mu^-$) и научиться работать с большим током пучка.

Требуется

- Оптимизация нелинейной оптики.
- Более детальное проектирование места встречи.
- Проектирование инжекционного комплекса.
- В конце 2019 проект должен быть представлен правительству.
- Международное сотрудничество это необходимое условие правительства.