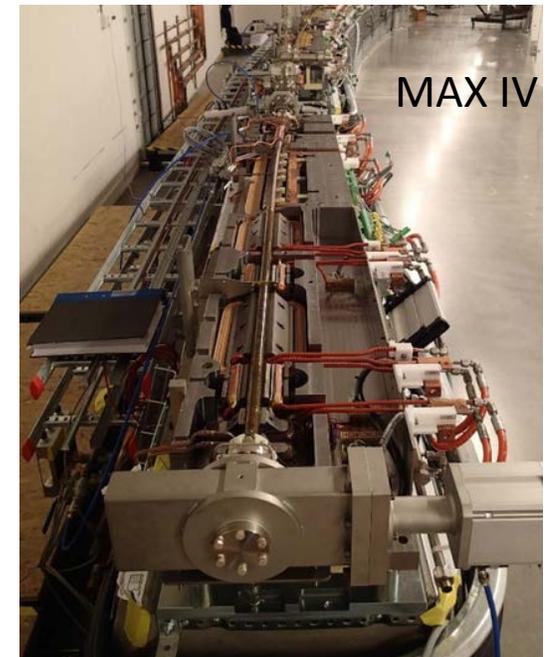


Статус проекта источника СИ четвертого поколения ЦКП «СКИФ»

Е.Б. Левичев

Поколения источников СИ

- **Первое поколение.** Не специализированные накопители или синхротроны. $\epsilon_x \sim 300-500$ нм (ВЭПП-3, ВЭПП-4, BEPC, DAPHNE)
- **Второе поколение.** Специализированные накопители, не сложная оптимизация эмиттанса, излучение из магнитов и СП вигглеров. $\epsilon_x \sim 20-100$ нм (Сибирь-2, CAMD, DELTA, SAGA, ANKA, ...)
- **Третье поколение.** Специализированные накопители, эмиттанс оптимизирован, излучение из ондуляторов. $\epsilon_x \sim 1-10$ нм (ALS, ESRF, Diamond, Alba, ...)
- **Четвертое поколение.** Специализированные; эмиттанс сильно оптимизирован, много новых технологических примочек. $\epsilon_x \sim 500-100 \dots 10$ пм (MAX IV, ESRF-EBD, Sirius, «СКИФ»...).



Краткая хронология ЦКП «СКИФ»

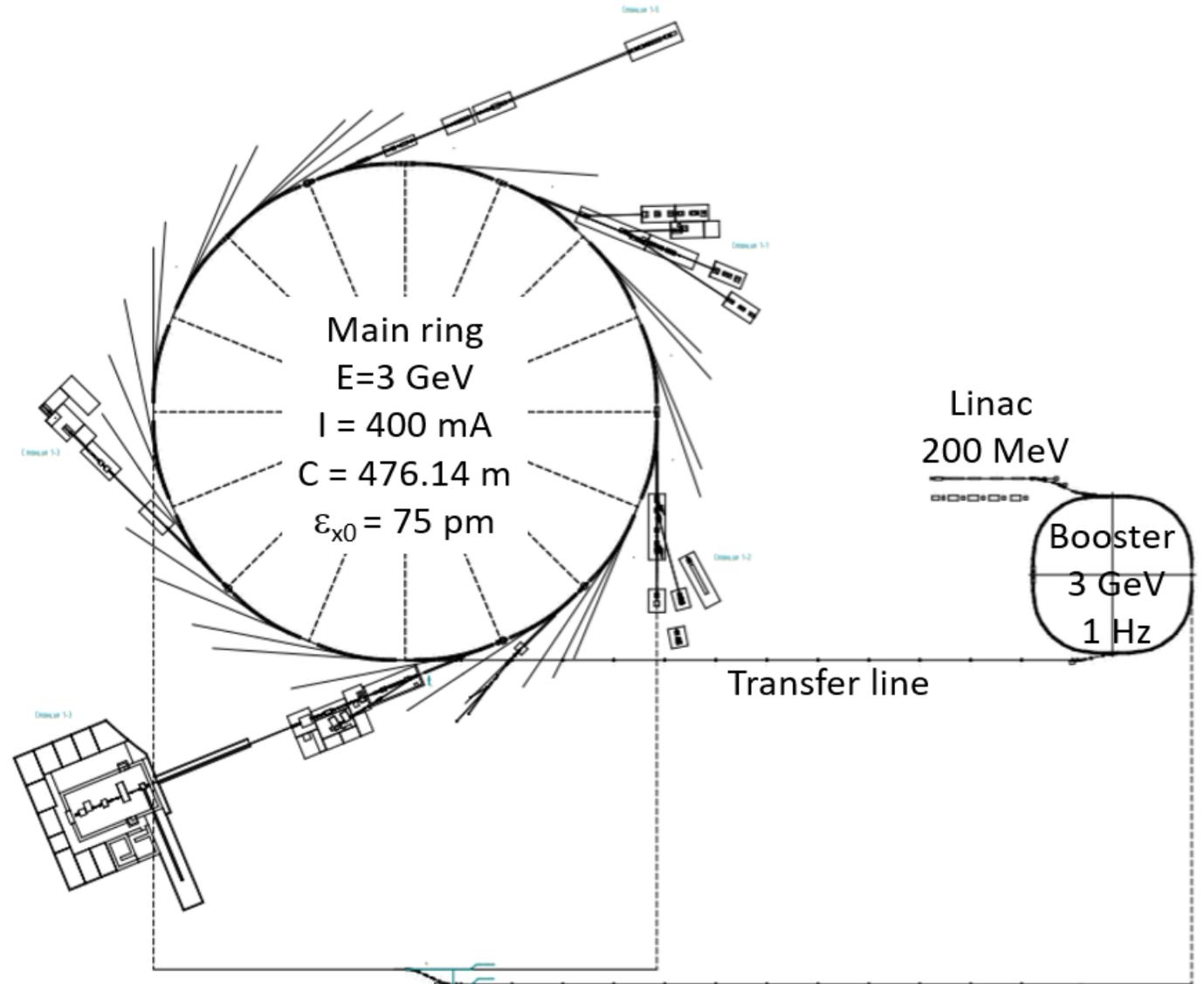
- | | |
|---|------------|
| 1. Совет по науке при Президенте Российской Федерации (г. Новосибирск) | 08.02.2018 |
| 2. Поручение Президента Российской Федерации В.В. Путина №656 | 18.04.2018 |
| 3. Создание Научно-координационного совета ЦКП «СКИФ» | 11.05.2018 |
| 4. Задание на проектирование объекта ЦКП «СКИФ» | 09.01.2019 |
| 5. Передача земельного участка под строительство ЦКП «СКИФ» в ИК СО РАН | 15.04.2019 |
| 6. Указ Президента Российской Федерации В.В. Путина №356 (о ФНТП) | 25.07.2019 |
| 7. Совет ФНТП (утверждение характеристик ЦКП «СКИФ») | 17.10.2019 |
| 8. Постановление Правительства Российской Федерации №1777 (о ФАИП) | 23.12.2019 |
| 9. Распоряжение Правительства РФ №511-р (генпроектировщик) | 20.03.2020 |
| 10. Государственный контракт АО «ЦПТИ» – ФКУ «ДЕЗ СКИТР» (Стадия «П») | 08.04.2020 |
| 11. Постановление Правительства РФ №1187 (о ФАИП с ТО) | 06.08.2020 |
| 12. Функции госзаказчика переданы ИК СО РАН | 29.09.2020 |
| 13. Заключен госконтракт между ИК и ИЯФ (инжекционный комплекс) | 16.11.2020 |
| 14. ЦПТИ предоставил ИК проектно-сметную документацию СКИФ | 29.12.2020 |
| 15. ИК и ИЯФ приступили к проверке проектно-сметной документации | 11.01.2020 |
| 16. | |
| 17. Создание источника синхротронного излучения поколения 4+ ЦКП «СКИФ» | 30.12.2023 |
| 18. Запуск в эксплуатацию исследовательской инфраструктуры | 30.12.2024 |

Место – Наукоград Кольцово

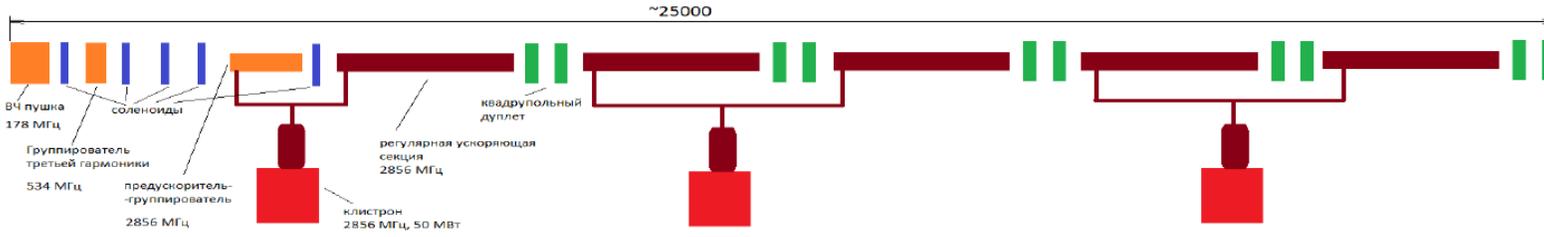


Источник СИ «СКИФ»

- Линейный ускоритель с энергией 200 МэВ.
- Бустерный синхротрон с энергией 3 ГэВ и периметром 158.7 м.
- Электронное накопительное кольцо с энергией 3 ГэВ, 16×6 м промежутков, 476 м периметр, эмиттанс 73.2 пм.
- ≥ 30 каналов вывода СИ.

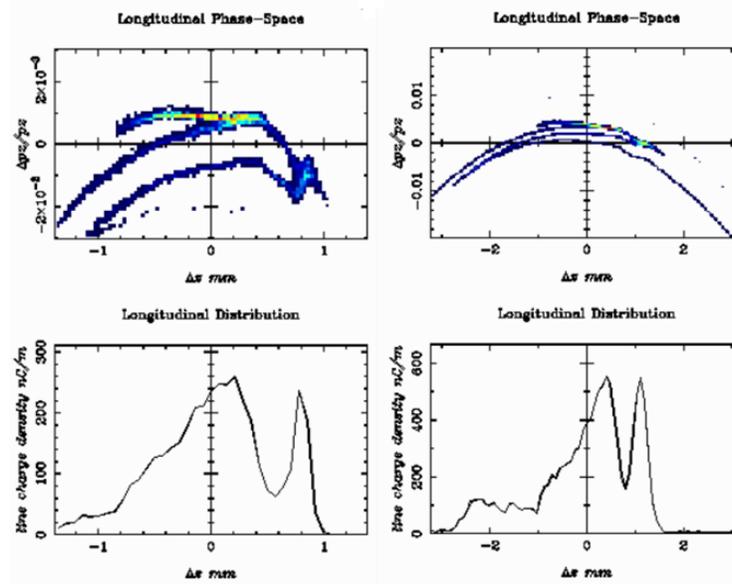


Линейный ускоритель



- Многоструктурный режим (55×0.3 нКл/структур)
- Одноструктурный режим 1 нКл/структур

Энергия электронов	200 МэВ
Максимальная энергия	210 МэВ
Частота выстрелов	1 Гц
Геометр.эмиттанс на 200 МэВ	150 нм
Разброс по энергии на 200 МэВ	$\leq 1\%$ (rms)

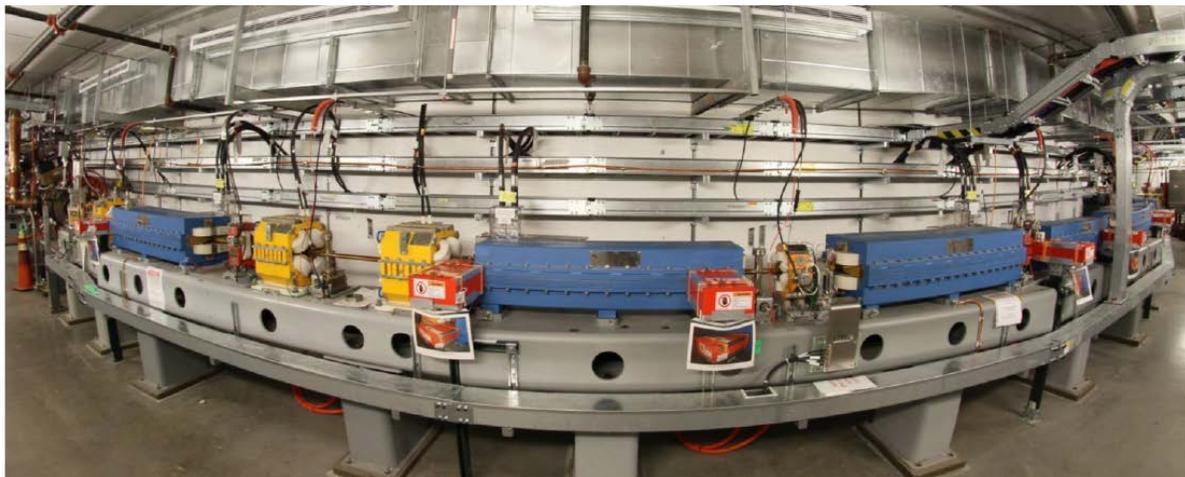


0.3 нКл

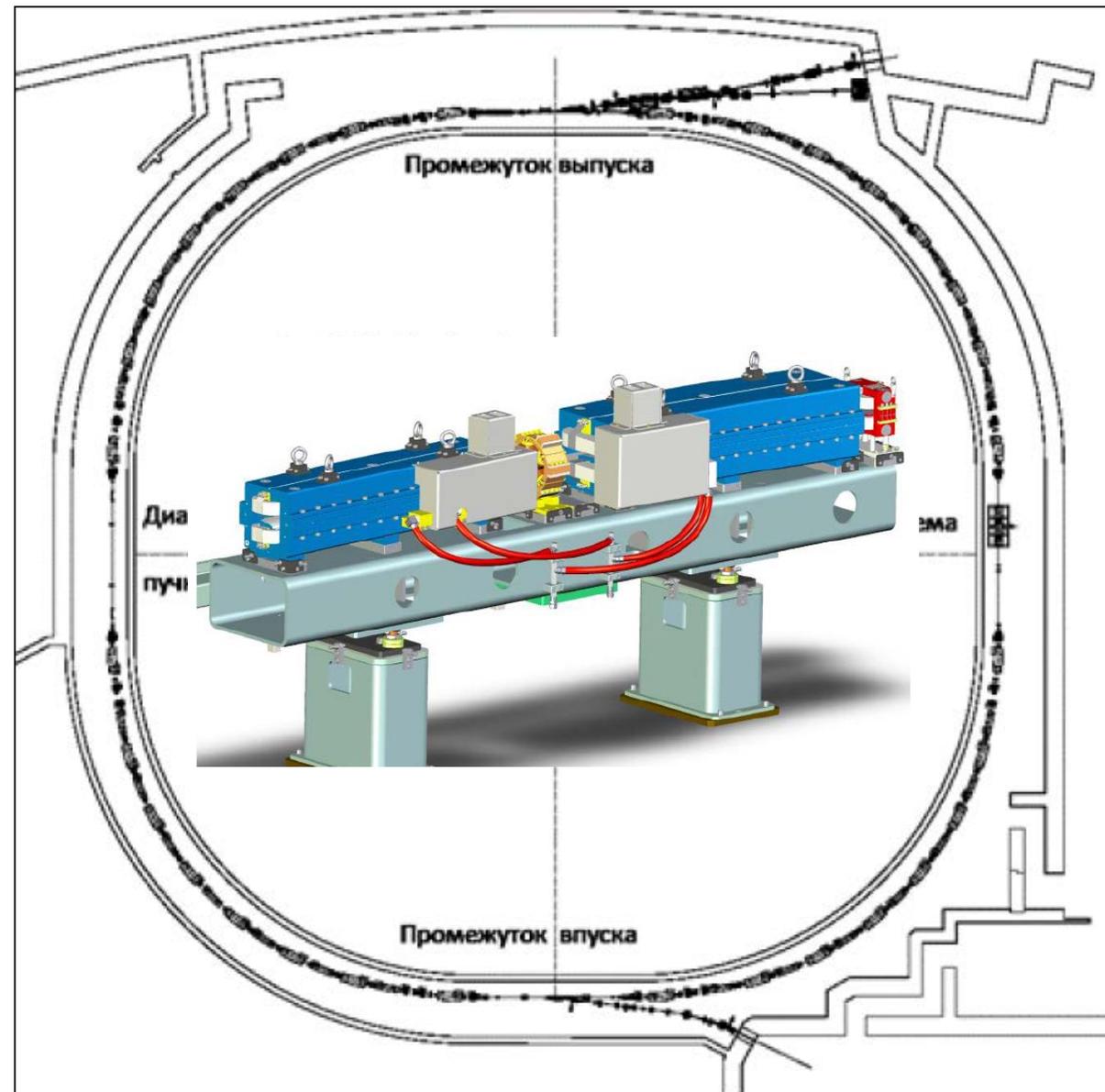
1 нКл



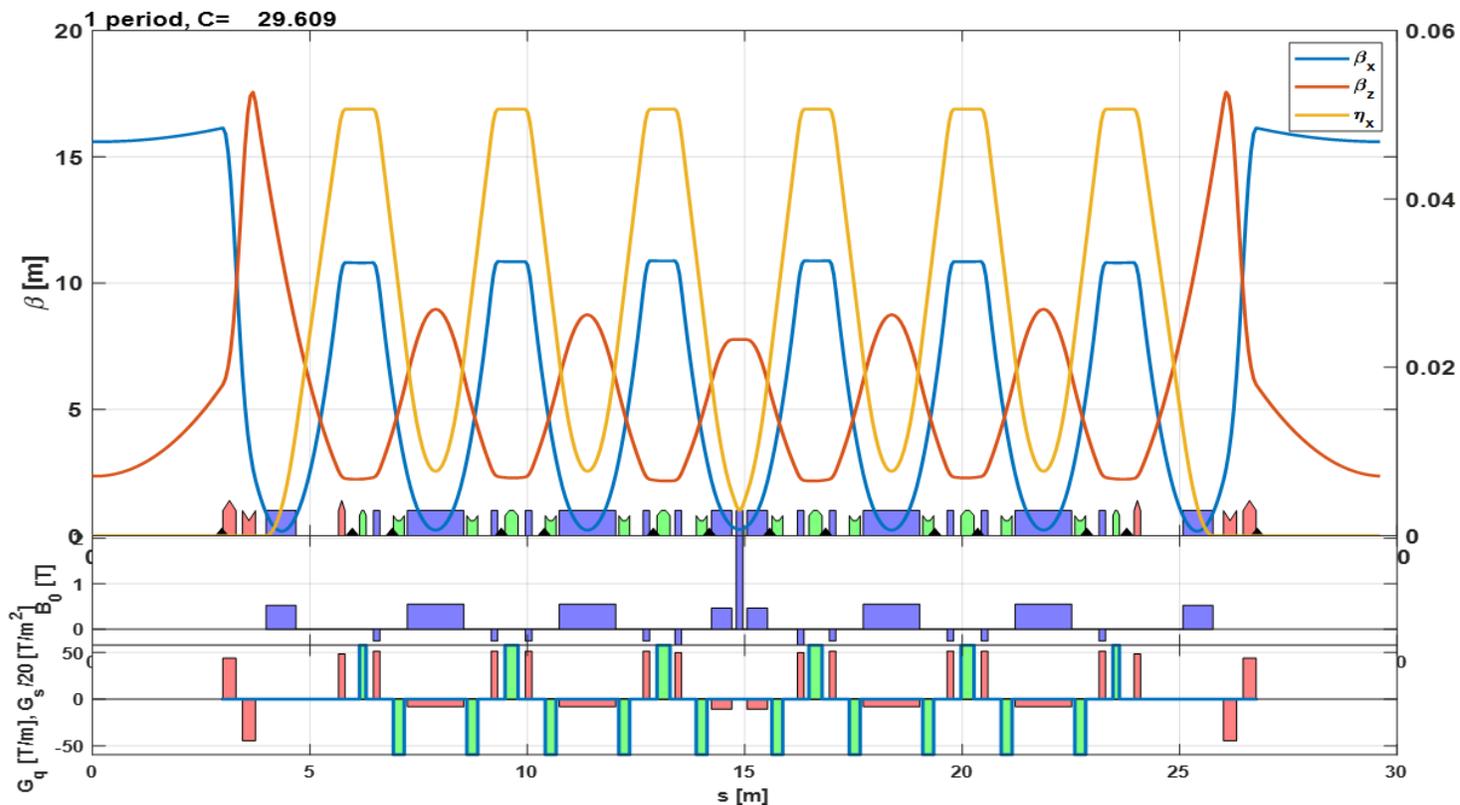
Синхротрон-бустер



Энергия, ГэВ	0.2	3
Длина окружности, м	158.71	
Коэфф.уплотнения орбит $a \times 10^3$	8.81	
Частота ВЧ-системы, МГц	357	
Амплитуда ускор.напряжения, МВ	0.2	1.2
Горизонтальный эмиттанс ϵ_x , нм	0.166	37.4
Разброс энергии $\sigma_E/E \times 10^4$	0.55	8.31
Продольный размер пучка, мм	0.76	19.8
Потери энергии за оборот, U_0 , кэВ	0.0135	685.8
Времена затухания τ_x/τ_s , мс	15.6/7.8 $\times 10^3$	4.62/2.32



Накопитель: оптика и параметры

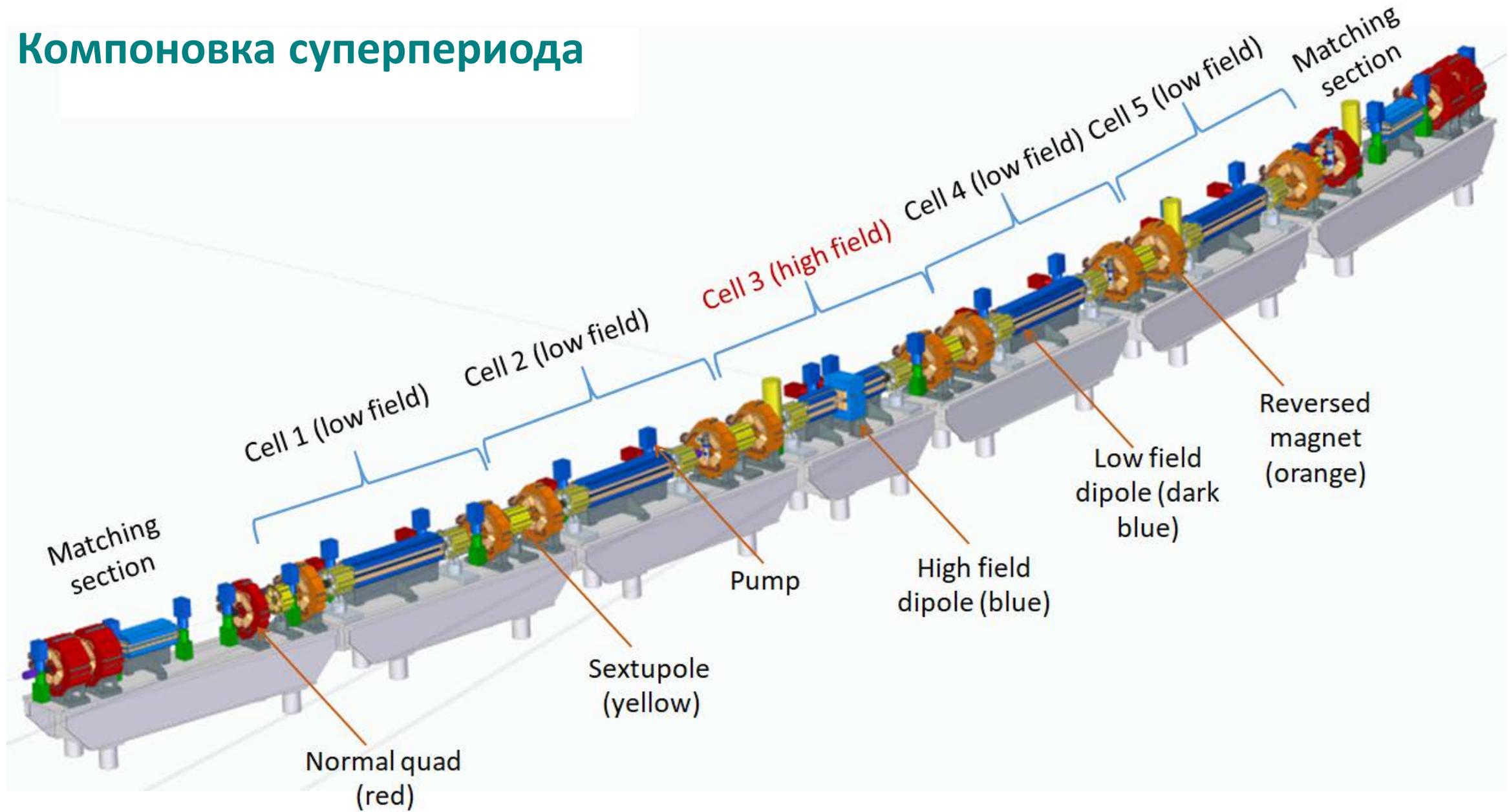


- Поле в регулярных магнитах 0.55 T
- Поле в центральном магните 2.05 T

Энергия пучка, ГэВ	3
Симметрия	16
Периметр, м	476.14
Горизонтальный эмиттанс, пм	73.2
Энергетический разброс	$1 \cdot 10^{-3}$
Потери на оборот, кэВ	536
Коэффициент уплотнения орбит	$7.64 \cdot 10^{-5}$
Натуральный хроматизм, (x/y)	-149/-55
Гармоника ВЧ-резонатора	567
Частота ВЧ, МГц	357
Напряжение ВЧ, МВ	0.77 ^{*)}
Энергетический акцептанс	2.6 %
Длина сгустка, мм	5.3
Радиационные числа, (x/e)	1.94/1.06
Время затухания, (x/e), мс	9.2/16.7

^{*)} Без вигглеров и ондуляторов

Компоновка суперпериода



Источники излучения

№	Станция, энергетический диапазон	Устр.	B (Т)	λ_w (мм)	N_{per}	P_{SR} (кВт)
1-1	«Микрофокус» (5-47 кэВ)	SCU	1.2	15.6	128	7.2
1-2	Структурная диагностика (5-40 кэВ)	SCU	1.2	15.6	128	7.2
1-3	Быстропротек. процессы (15-100 кэВ)	SCW	4	33.7	60	75
1-4	XAFS и магнит. дихроизм (2.5-35 кэВ)	SCU	1.2	15.6	128	7.2
1-5	Диагн. высокой энергии (25-200 кэВ)	SCW	4	33.7	60	75
1-6	Электронная структура (0.01-2 кэВ)	EMU	0.5	100/200	20/10	1.8

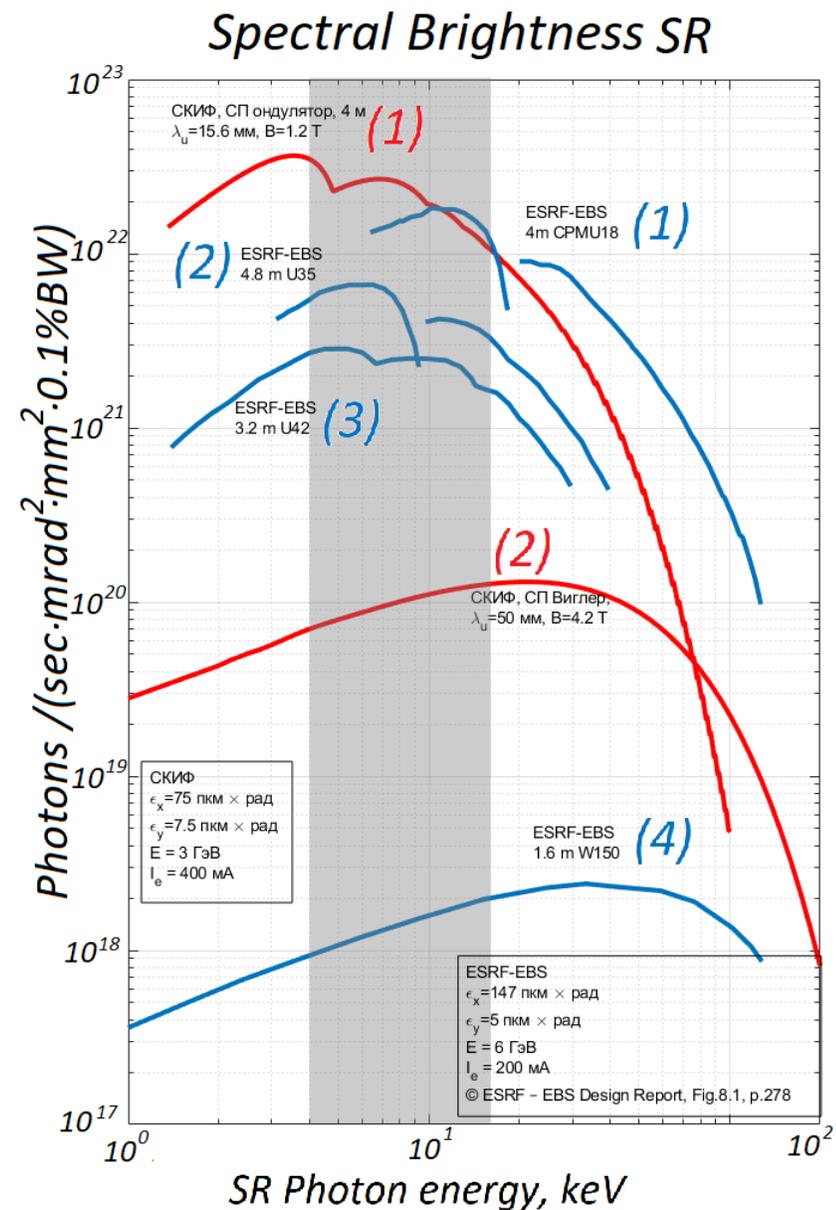


49-pole 4.2 Tesla, $\lambda=48$ mm superconducting wiggler for Diamond Light source. 2009



27-pole 4.2 Tesla, $\lambda=48$ mm superconducting wiggler for Canadian Light source. 2007

Подробности в докладе В. Шкарубы



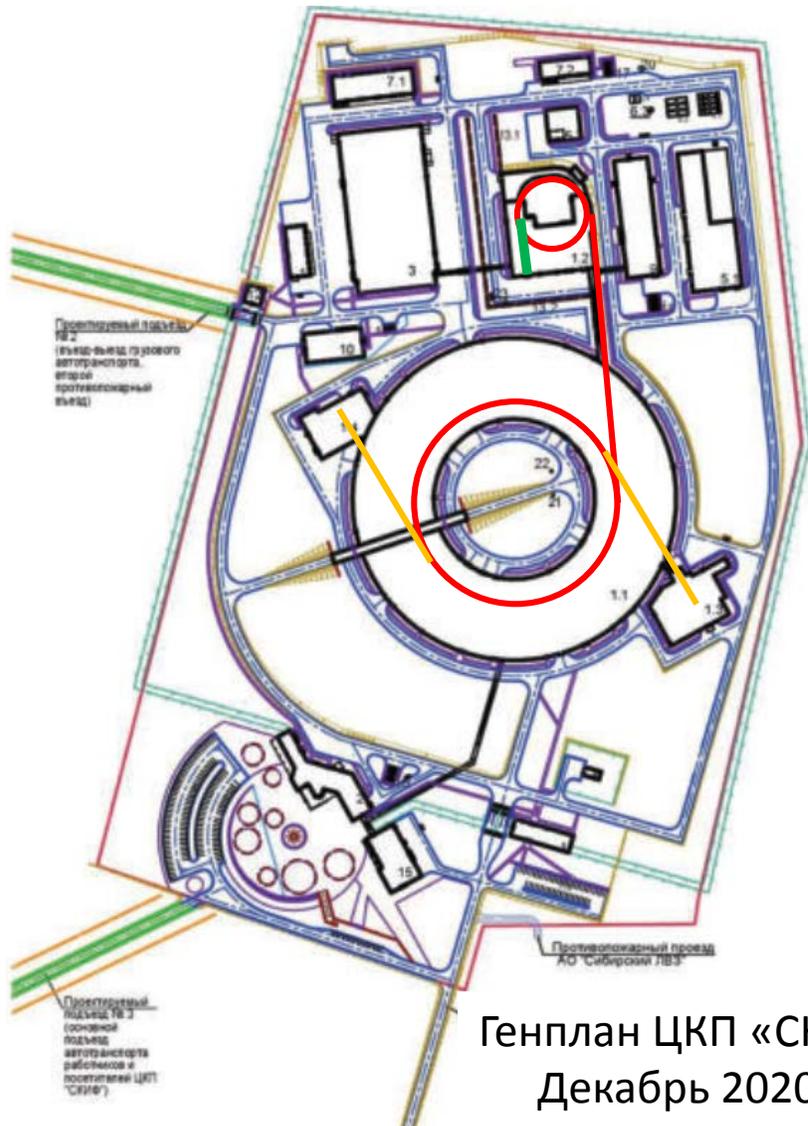
Шесть первых станций

- 1) **«Микрофокус» (14.4-35 кэВ)** – исследование биомакромолекул, магнитных материалов и вещества, в т.ч. в экстремальных условиях, неразрушающая томография микро- и наносистем;
- 2) **«Структурная диагностика» (5-35 кэВ)** – широкий спектр исследовательских и технологических задач, решаемых методами рентгеновской дифракции;
- 3) **«Быстропротекающие процессы» (15-100 кэВ)** – исследования с высоким временным разрешением при высоких температурах и давлениях, изучение воздействия ударных, детонационных волн, лазерного излучения и т.п.;
- 4) **«XAFS-спектроскопия и магнитный дихроизм» (2.5-35 кэВ)** – исследование локальной пространственной, электронной и магнитной структуры кристаллических и аморфных материалов, молекулярных кристаллов, жидкостей и газов, а также тяжелых элементов (с содержанием до 0.001%) в биологической матрице;
- 5) **«Диагностика в высокоэнергетическом рентгеновском диапазоне» (30-150 кэВ)** – высококонтрастные изображения с малым пространственным разрешением в жестком рентгеновском диапазоне для медицины, материаловедения, археологии и палеонтологии;
- 6) **«Электронная структура» (0.02-1.9 кэВ)** – исследование электронных свойств и химического состава поверхности широкого класса функциональных материалов (катализаторы, полупроводниковые структуры, углеродные материалы, многослойные покрытия, тонкие плёнки и другие).

Проектирование

- 08.04.2020 заключен государственный контракт на выполнение проектных и изыскательских работ по объекту ЦКП «СКИФ» между ФКУ «ДЕЗ СКИТР» и АО «ЦПТИ», проектировщик получил от застройщика ИК СО РАН полный комплект исходных данных для проектирования, начато проектирование.
- 29.09.2020 Дополнительным соглашением в государственный контракт внесено изменение в части замены стороны государственного заказчика – ФКУ «ДЕЗ СКИТР» на Институт катализа СО РАН.
- 29.12.2020 в рамках выполнения государственного контракта на выполнение проектных и изыскательских работ по объекту ЦКП «СКИФ» представило в ИК СО РАН электронную и печатную версии проектной документации.
- 11.01.2020 Институтом катализа СО РАН начата проверка проектной документации объекта ЦКП «СКИФ».

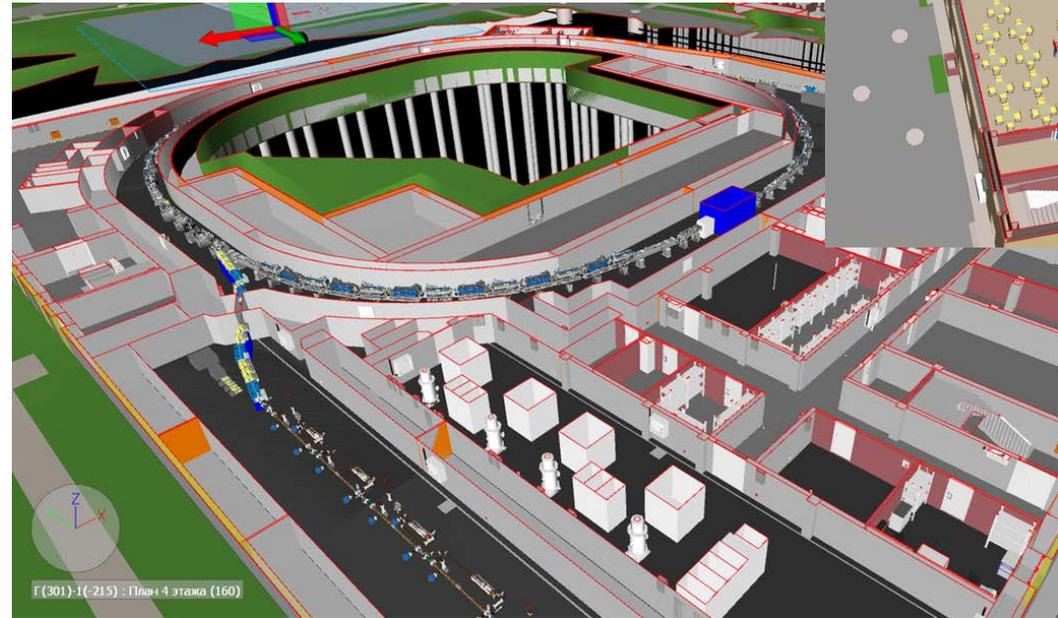
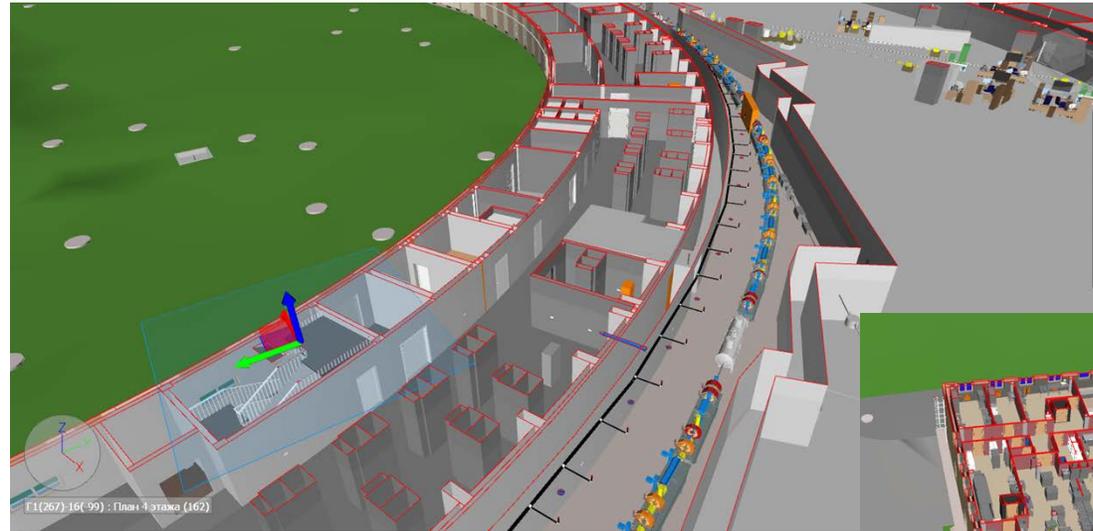
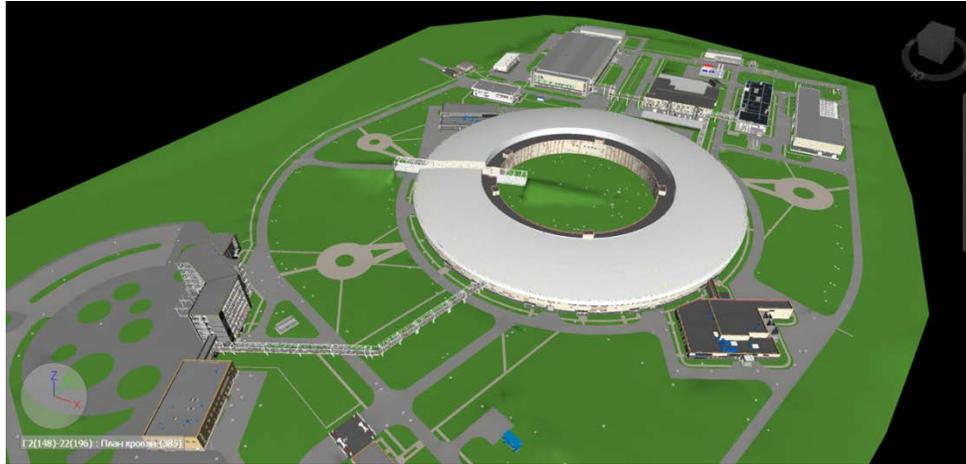
Архитектура



Генплан ЦКП «СКИФ»
Декабрь 2020 г.



3D проект



Подготовка к строительству

- Проведены работы по инженерным изысканиям на площадке строительства. Согласован генеральный план размещения зданий и сооружений ЦКП «СКИФ».
- Согласно генплана, площадь участка увеличена путем объединения двух смежных земельных участков.
- Ресурсоснабжающими организациями НСО выданы технические условия на присоединение запрашиваемого объема ресурсов. Идет работа по определению точек подключения, ответственных, способа и порядка финансирования и т.д.
- Для координации работ в НСО создан Штаб во главе с первым заместителем Председателя Правительства НСО В.М.Знатковым.
- Ведется работа по определению Генподрядчика (предположительно, АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2» («Росатом»)). Начало стройки ожидается в конце апреля 2021 г.

ЦКП «СКИФ»: 2020 vs 2023



© Пилот-дронист М.Кузин

Изготовление ускорительного комплекса в ИЯФ

- 16.11.2020 между ИК и ИЯФ заключен контракт на выполнение работ по изготовлению, сборке, поставке и пусконаладке оборудования ускорительного комплекса ЦКП «СКИФ» (3.62 млрд.руб.) – начато изготовление инжекционного комплекса.
- Второй контракт (8.93 млрд.руб.) на изготовление оставшейся части оборудования УК будет заключен весной (~май) 2021 года. **Подробности в докладе Д.Е.Беркаева.**
- Изготовление линака, бустера и канала между ними в процессе. **Подробности в докладе А.Г.Стешова.**
- Расчеты, разработка, проектирование и конструирование накопительного кольца находятся в разных фазах готовности.
- Разработка экспериментальных станций ведется институтами СО РАН (ИК, ИЯФ и т.д.). Изготовление, предположительно, будет осуществляться под руководством КТИ Научного приборостроения СО РАН.

Организационные работы/разное

- Для координации проекта в ИК СО РАН создан «Проектный офис ЦКП СКИФ» (штат на январь 2020 г. ~100).
- Для эффективного выполнения работ по научно-методическому контролю за реализацией ЦКП «СКИФ» и последующей эксплуатации создается филиал ИК в Наугограде Кольцово.
- Начаты переговоры с руководством НСО и Кольцово для создания вокруг СКИФа комфортной среды для научных исследований (жилья для молодых сотрудников, конгресс-центра, гостиницы и т.д.).
- В рамках международной конференции SFR-2020, проходившей в ИЯФ в июле 2020 г., проведено обсуждение технических аспектов создания ускорительного комплекса и экспериментальных станций ЦКП «СКИФ» с участием международных специалистов (прото-SAC и MAC). Встречи экспертов в области экспериментов и станций стали регулярными.
- Ведется работа по формированию команды ЦКП «СКИФ». Летом 2021 года планируется стартовать стипендиальные программы в НГУ и НГТУ.

Заключение

- ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН является одним из основных инициаторов, разработчиков, производителей и центров подготовки кадров уникального источника СИ 4-го поколения СКИФ в Новосибирске.
- СКИФ, с его рекордными параметрами, может и должен придать новый импульс исследовательским работам в области физики, химии, катализа, материаловедения, биологии, геологии, вирусологии и т.д. в СО РАН и в РФ в целом.
- СКИФ, с его исследовательским потенциалом и возможностями «карьерного» роста, может и должен стать центром подготовки научных кадров (опираясь на ВУЗы Сибири), центром «притяжения» молодых ученых, генерации и реализации новых идей в широком спектре экспериментальных направлений.
- **Несмотря на неизбежные сложности, проект в целом развивается успешно.**



*Излучаем свет, генерируем
идеи и успех!*