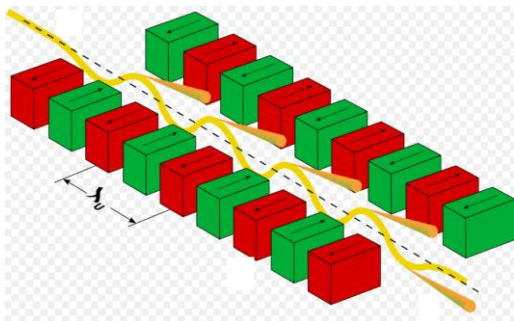
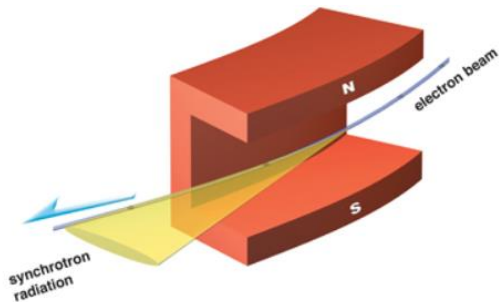




# Про синхротронное излучение



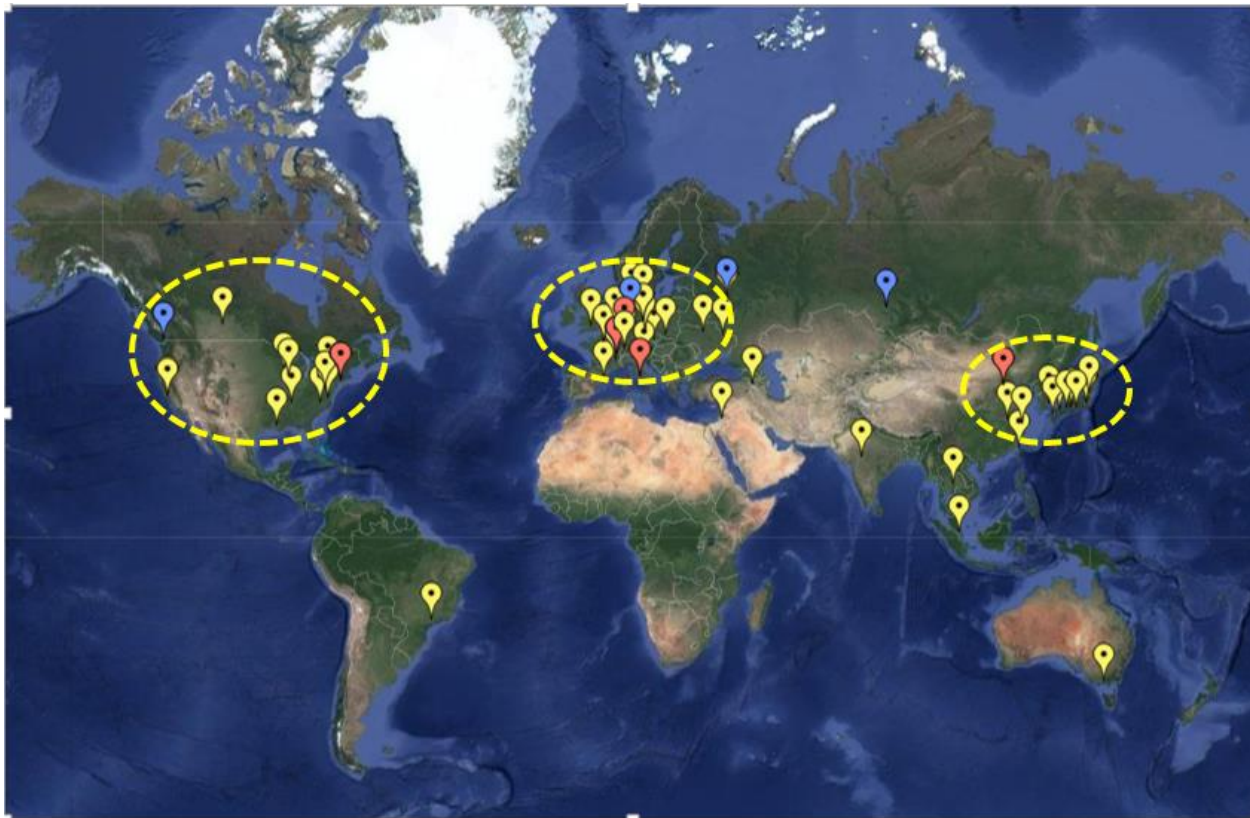
Релятивистские электроны поворачивают в магнитном поле и, испытывая поперечное ускорение, излучают синхротронное излучение по направлению движения.

- Узконаправленность (угловой конус от 1 электрона  $\sim 1/\gamma \approx 1/6000 = 0.2$  мрад).
- Широкий спектральный диапазон (от света до жесткого рентгена).
- Короткие импульсы излучения (нано- фемто-секунды)
- Огромный поток ( $\sim 10^{12}$  фотонов/с)
- Яркость = поток/эмиттанс<sup>2</sup> = поток/ $[(\Delta\theta_y \times \Delta Y)(\Delta\theta_x \times \Delta X)]$ .

Эмиттанс =  $\varepsilon_y = \Delta\theta_y \times \Delta Y$  (метр×радиан) – одна из основных характеристик источника СИ.

Обладая уникальными характеристиками, синхротронное излучение широко используется для исследований в самых различных областях науки и техники: биологии, химии, физике, материаловедении, катализе, геологии и т.д.

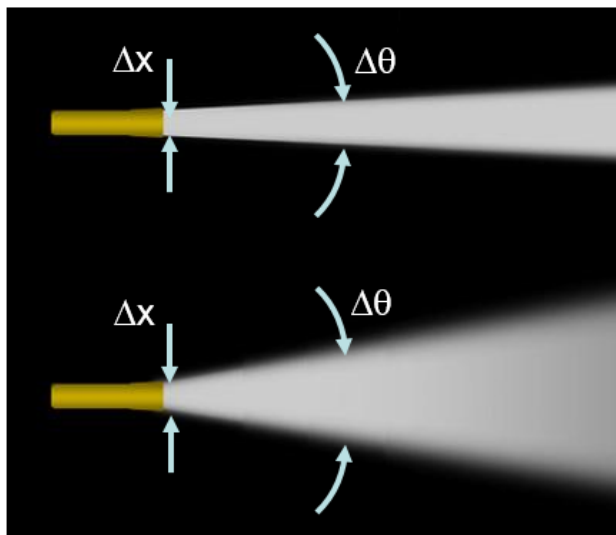
# Источники СИ в мире



## Поколения источников СИ:

1. Не спец. (коллайдеры или синхротроны).  $\epsilon_x \sim 300-500$  нм (ВЭПП-3, ВЭПП-4, BEPC, DAPHNE)
2. Спец. накопители, несложная оптимизация эмиттанта.  $\epsilon_x \sim 20-100$  нм (Сибирь-2, CAMD, DELTA, SAGA, ANKA, ...)
3. Спец. накопители, эмиттанс оптимизирован, излучение из ондуляторов.  $\epsilon_x \sim 1-10$  нм (ALS, ESRF, Diamond, Alba, ...)
4. Специализированные; эмиттанс сильно оптимизирован, много новых технологических примочек.  $\epsilon_x \sim 500-100 \dots 10$  пм (NSLS-II, MAX IV, ESRF-EBD, «СКИФ»...).

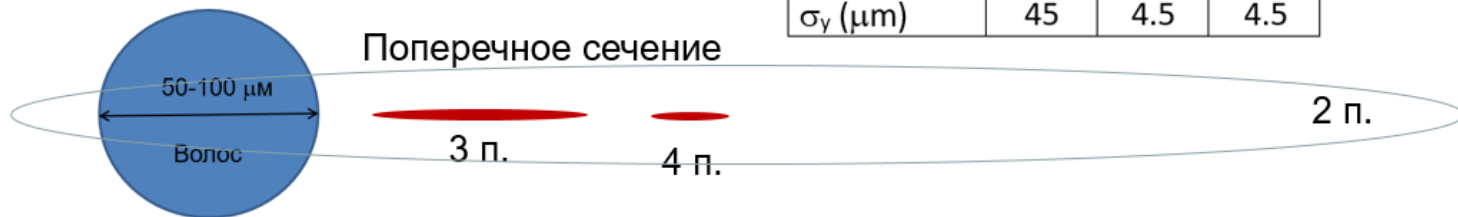
# Про яркость СИ



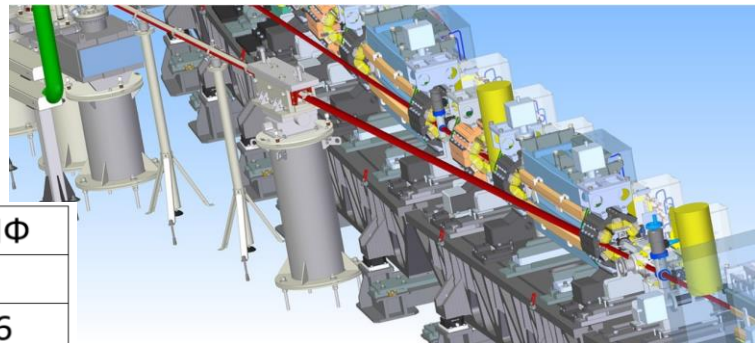
Яркость (в некотором спектральном диапазоне) – число фотонов, излучаемых в единицу времени с единицы площади источника в единицу телесного угла (плотность потока фотонов в фазовом объеме источника):

$$B(\lambda) \propto \frac{\dot{N}(\lambda)}{(\Delta x \Delta \theta_x)(\Delta y \Delta \theta_y)} \propto \frac{\dot{N}(\lambda)}{\varepsilon_x \varepsilon_y}$$

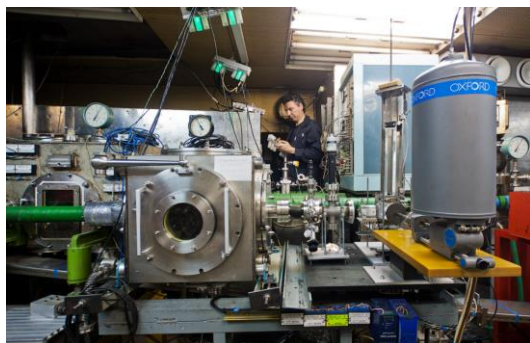
Поколение ИСИ	2	3	4
$\varepsilon_x$ (nm)	100	1	0.1
$\varepsilon_y$ (nm)	1	0.01	0.01
$\sigma_x$ ( $\mu\text{m}$ )	1000	100	32
$\sigma_y$ ( $\mu\text{m}$ )	45	4.5	4.5



# Сравнение источников СИ



	СЦСИ (ВЗ/В4)	КИСИ	BESSY-II	Diamond	СКИФ
Е (ГэВ)	2/5.5	2.5	1.7	3	3
П (м)	74/366	121	240	561	476
$\epsilon_x$ (нм)	300/30	90	4	3	0.075
Год	~1970/79	~1990	1998	2007	2024
Покол.	1	2	3	3	4
Станций	19	16	46	34	>30
Страна	РФ	РФ	Ger	UK	РФ



# Российские публикации (/год) по СИ

Источник	Страна	Станций <sup>*)</sup>	Статей
КИСИ	РФ	16	470
СЦСИ	РФ	19	204
Bessy II	Germany	46	128
ESRF	France	50	83
Elettra	Italy	27	31
Petra III	Germany	23	24
ALS	USA	47	17
MAX IV	Sweden	17	9
...			

Около 400 статей в год публиковалось российскими исследователями по результатам работ на зарубежных источниках СИ

<sup>\*)</sup> «Станции» – приборы, которые ставить на и снимать с каналов вывода СИ. Самих каналов меньше.

Статистика за 2017-2020 гг.


# Примеры работ

MINI REVIEW article

Front. Chem., 12 August 2020  
Sec. Inorganic Chemistry  
<https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00630>

This article is part of the Research Topic  
Celebrating the International Year of the Periodic Table: Beyond  
Mendeleev 150  
[View all 15 Articles >](#)

## Speciation of Uranium and Plutonium From Nuclear Legacy Sites to the Environment: A Mini Review

 Anna Yu. Romanchuk, Irina E. Vlasova and Stepan N. Kalmykov\*

Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Окружающая среда

The row of 15 chemical elements from Ac to Lr with atomic numbers from 89 to 103

eLIBRARY ID: 46129851

EDN: CAUGWU 

DOI: 10.21103/DBM.11.Suppl\_1.P1

### ABSTRACT P-1: ANALYSIS OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS VIRUS SINGLE-PARTICLE IMAGING ON X-RAY FREE-ELECTRON LASER

ARMEEV GRIGORIY A.<sup>1</sup>, SHAYTAN ALEXEY K.<sup>1</sup>, VOROVICH MIKHAIL F.<sup>2</sup>, EGOROV ALEXEY M.<sup>2</sup>,  
ISHMUKHAMETOV AYDAR A.<sup>2</sup>, KIRPICHNIKOV MIKHAIL P.<sup>1</sup>, SHAITAN KONSTANTIN V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> FSASI "Chumakov FSC R&D IBP RAS" (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia

Тип: статья в журнале - материалы конференции Язык: английский

Том: 11 Номер: S Год: 2021 Страницы: 11

ЖУРНАЛ:

Вирусы

RETURN TO ISSUE | < PREV FUNCTIONAL NANOSTRUC... NEXT >

## Enhanced Sorption of Radionuclides by Defect-Rich Graphene Oxide

Nicolas Boulanger, Anastasiia S. Kuzenkova, Artem Iakunkov, Anna Yu. Romanchuk, Alexander L. Trigub, Alexander V. Egorov, Lucia Amidani, Marius Retegan, Kristina O. Kvashnina, Stepan N. Kalmykov\*, and Alexandr V. Talyzin\*

✓ Cite this: *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2020, 12, 40, 45122–45135

Publication Date: September 9, 2020

<https://doi.org/10.1021/acsami.0c11122>


Copyright © 2020 American Chemical Society

[RIGHTS & PERMISSIONS](#)  with CC-BY license

Article Views	Altmetric	Citations
1619	3	19

[LEARN ABOUT THESE METRICS](#)

Сорбенты радионуклидов

 PDF (5 MB)

 Supporting Info (1) »

**SUBJECTS:** Defects, Materials, Oxidation, Sorption, Two dim

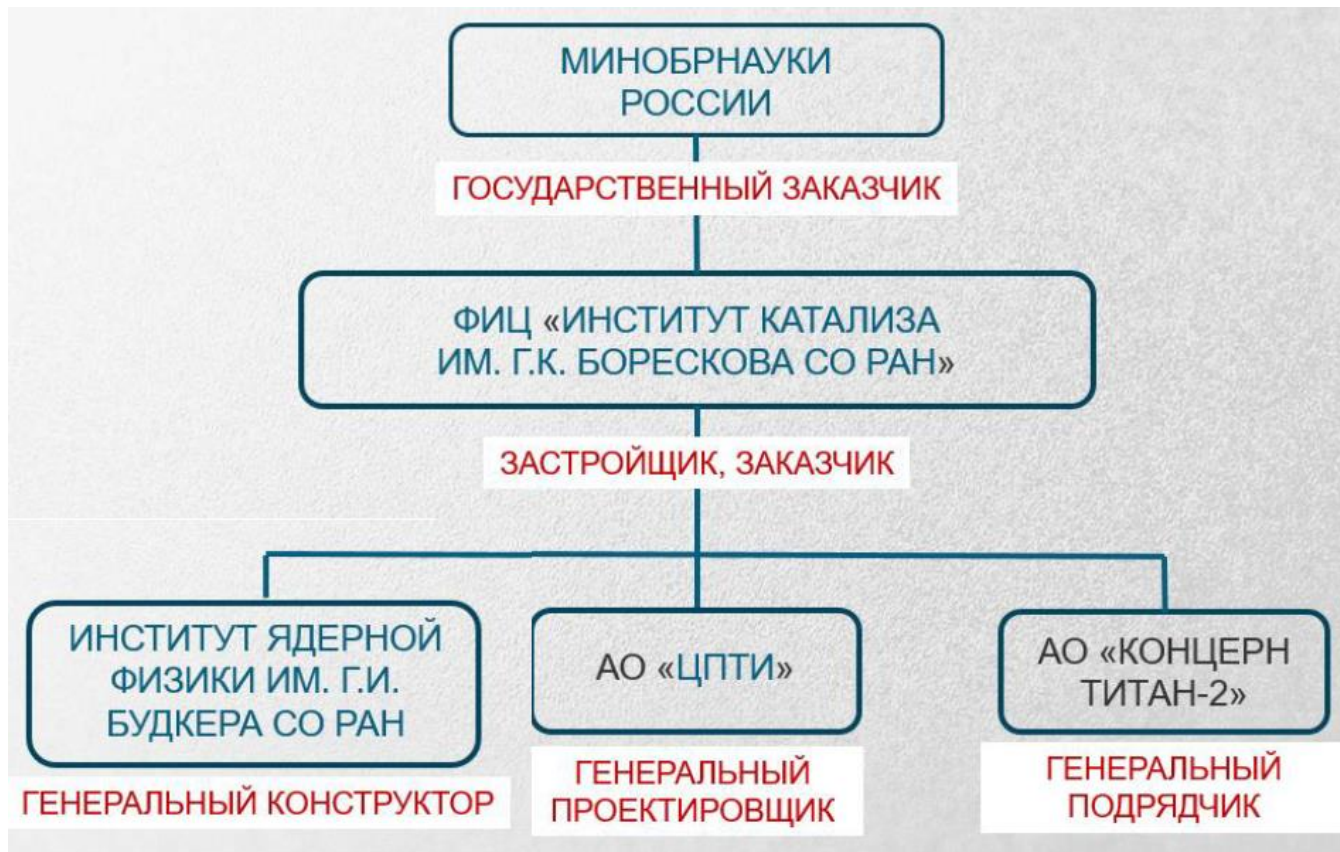
Статьи и заявки (даже отклоненные) содержат ценную научно-техническую информацию «даром» передаваемую нашим «зарубежным партнерам».

# История

- 18.04.2018** Поручение Президента РФ В.В. Путина по итогам заседания Совета по науке и образованию и встречи с учёными СО РАН (8 февраля 2018 г.)
- 30.10.2018** Создание в ИК СО РАН Проектного офиса ЦКП «СКИФ»
- 23.12.2019** Постановление Правительства РФ от 23.12.2019 №1777 «Об осуществлении бюджетных инвестиций в проектирование и строительство ЦКП «СКИФ»
- 04.03.2020** Распоряжение Правительства РФ от 4 марта 2020 года №511-р об определении АО «ЦПТИ» единственным исполнителем проектных и изыскательских работ по созданию ЦКП «СКИФ»
- 16.03.2020** Постановление Правительства РФ от 16.03.2020 № 287 «Об утверждении ФНТП развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019 - 2027 годы»
- 29.09.2020** Постановление Правительства РФ №1565 (Минобрнауки определен госзаказчиком, ИК СО РАН – застройщиком (заказчиком))
- 12.10.2020** Распоряжение Правительства РФ №2630-р об определении ИЯФ СО РАН единственным исполнителем работ по ускорительному комплексу ЦКП «СКИФ»
- 16.11.2020** Заключен государственный контракт №1638/20/ПЕ с ИЯФ СО РАН на выполнение работ по инъекционному комплексу ЦКП «СКИФ»
- 15.05.2021** Распоряжением Правительства РФ №1262-р АО «КОНЦЕРН ТИТАН-2» определён единственным исполнителем работ по строительству ЦКП «СКИФ»
- 24.08.2021** Начало осуществления деятельности ЦКП «СКИФ» в форме обособленного подразделения (филиала) ИК СО РАН
- 25.08.2021** Состоялось торжественное мероприятие, посвященное началу строительных работ на площадке СКП «СКИФ».
- 28.05.2021** Заключен государственный контракт №480/21/ПЕ\_К с ИЯФ СО РАН на выполнение работ основному накопителю ЦКП «СКИФ»
- 17.12.2021** Положительное заключение ГГЭ от 17.12.2021 на проектную документацию по строительству ЦКП «СКИФ»
- 30.12.2021** Получено разрешение на строительство объекта ЦКП «СКИФ» от ГГЭ и Госкорпорации «Росатом»
- 17.02.2022** Передача ИК СО РАН первой партии оборудования для ускорительного комплекса ЦКП «СКИФ» (высокочастотные усилители мощности)
- 15.04.2022** Подписан государственный контракт №461/22/УД на выполнение работ по строительству объекта ЦКП "СКИФ" между ИК СО РАН и АО "КОНЦЕРН ТИТАН-2"



# Органиграмма

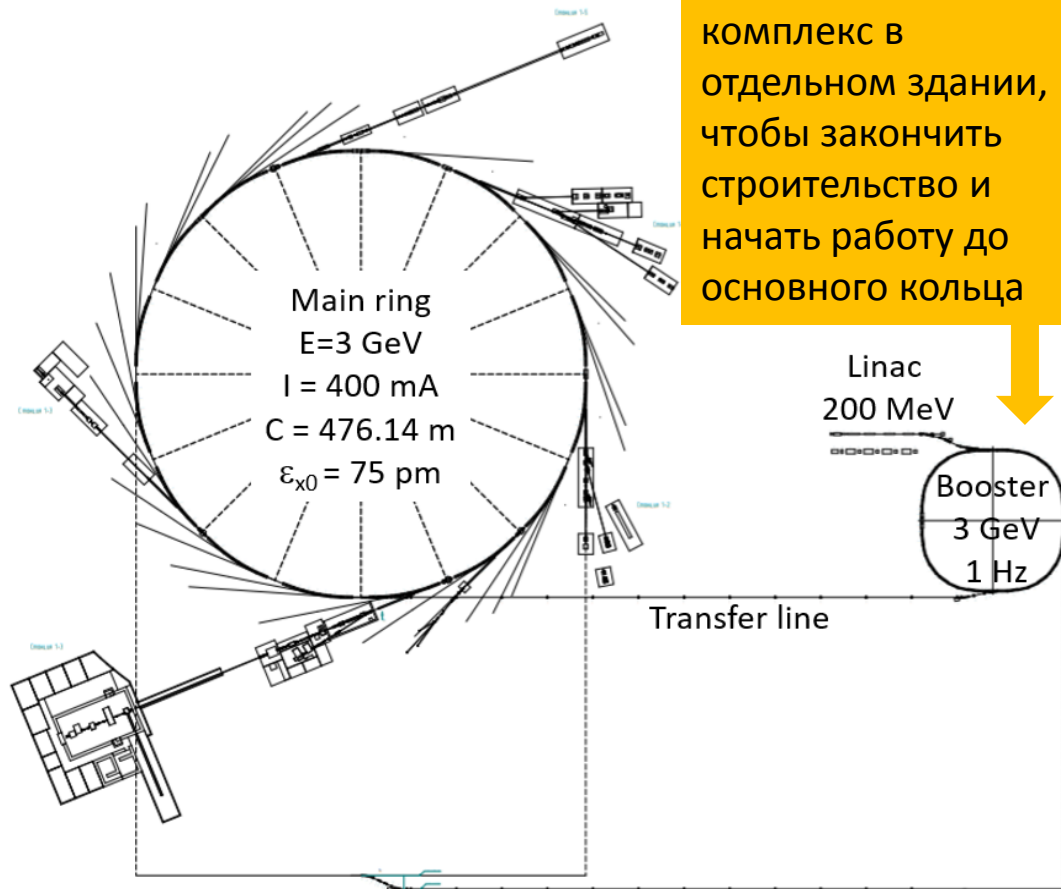


# Концептуальные характеристики

- Энергия пучка 3 ГэВ (быстрое строительство)
- Периметр < 500 м (доступный участок)
- Радиационный эмиттанс  $\leq 75$  пм (нулевой ток)
- Инжекционный комплекс уже создававшийся в ИЯФ: 150-200 МэВ линак, бустер (существующие решения, быстрота)
- Каналы излучения (пользовательские требования)
  - вставные устройства (в прямолинейных секциях)
  - жёсткий рентген (сильнополевые диполи)
  - мягкий рентген и VUV (слабополевые диполи)
- Простые, известные решения (надёжность, быстрота)
- Сверхпроводящие вигглеры и ондуляторы для экспериментов в жестком спектре

# Конфигурация

- Линейный ускоритель с максимальной энергией 200 МэВ
- Бустер-синхротрон до 3 ГэВ и периметром 158.7 м
- Электронное кольцо на 3 ГэВ с 16-ти кратной симметрией, периметром 476 м





# Стройка и инфраструктура

Наименование показателя	Ед.измерения
Общая площадь участка	298222.0 м <sup>2</sup>
Площадь застройки	66294.9 м <sup>2</sup>
Площадь покрытий (проезды, площадки, тротуары и т.п.)	88245.6 м <sup>2</sup>
Площадь озеленения	134248 м <sup>2</sup>
Плотность застройки	22.2%

Ресурс	Показатель
Электроснабжение	12.447 МВт
Теплоснабжение	6.839 Гкал/час
Водоснабжение с учетом приготовления горячей воды	44.86 м <sup>3</sup> /час
Водоотведение (бытовая канализация)	40.06 м <sup>3</sup> /час
Водоотведение (ливневая канализация)	504 м <sup>3</sup> /час
Интернет	3 Гбит/с

Помещения с технологическим оборудованием	Темп. допуск (вода)	Темп. допуск (воздух)	Допуск колебаний магнитов, нм	
			2÷10 Гц	10÷100 Гц
Тоннель накопителя	± 0,1 °С	± 0,1 °С (1 час)	≤50	≤20
Экспериментальный зал	± 1 °С	± 1 °С	N/A	≤30
Каналы перепуска	± 1 °С	± 1 °С	≤150	
Тоннель бустера	± 1 °С	± 1 °С	≤150	
Линак	± 1 °С	± 1 °С	≤150	

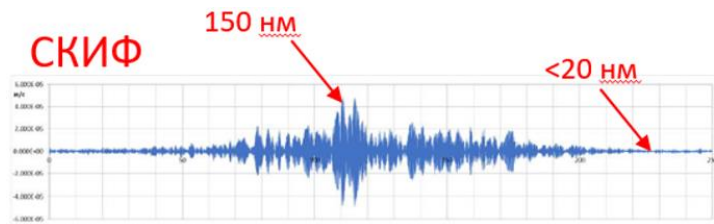


Рисунок 42 – Велосиграма вертикальных колебаний при прохождении поезда, м/с

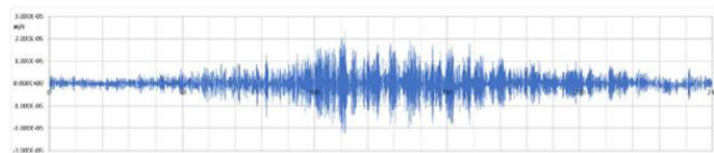
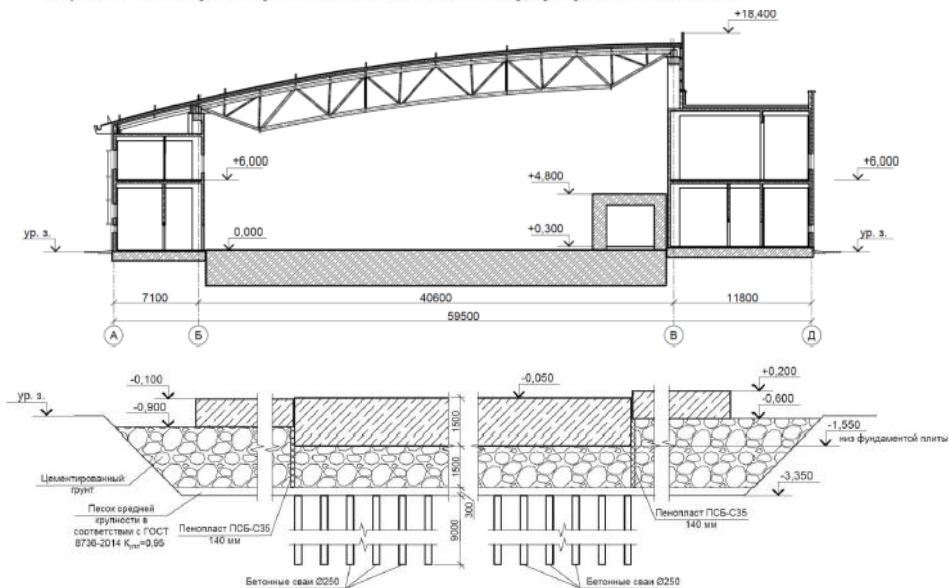
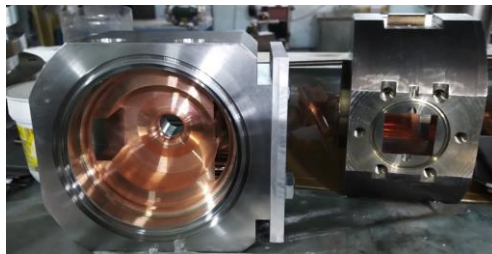


Рисунок 43 – Велосиграма горизонтальных колебаний (Юг-Север) при прохождении поезда, м/с



# Изготовление



# Строительство (22.06.2022)



# Санкции и реализация СКИФ

Санкции влияют, но не ключевым образом:

- Исходно проект предполагал  $\approx 90\%$  локализацию производства в РФ.
- Часть компаний по прежнему готова поставлять оборудование для СКИФ (идет поиск вариантов оплаты и логистических схем доставки).
- Находятся аналоги в дружественных или нейтральных странах (например, медные полые проводники-шины в Китае).
- Налаживается производство в РФ (например, бескислородная медь во Владикавказе).
- ИЯФ активизирует работы по импортозамещению (мощные СВЧ-клистроны, источники питания и т.д.).
- Разрабатываются замещающие схемы (например, две экспериментальные станции из существующего оборудования).

Нужны госпрограммы прямо поощряющие за развитие технологий импортозамещений, повышающих технологический суверенитет РФ.



# Выводы

- СКИФ способен обеспечить практически весь спектр экспериментов с синхротронным излучением, которые ранее проводились российскими учеными на источниках СИ в Европе и США.
- Обладая большей яркостью и когерентностью, СКИФ способен увеличить эффективность и «качество» таких экспериментов.
- Реализация таких проектов, как СКИФ, в условиях санкций поощряет создание соответствующих передовых технологий в РФ (но нужна положительная обратная связь со стороны властей!).
- Санкционное давление не критично для реализации проекта СКИФ, но может слегка задержать проект.