

Разработка рентгенооптических трактов экспериментальных станций первой очереди проекта ЦКП «СКИФ»

Докладчик: Требушинин Андрей
Руководитель: к.ф.-м.н. Я. В. Ракшун

Институт Ядерной Физики



Новосибирск, 2019

Цель работы

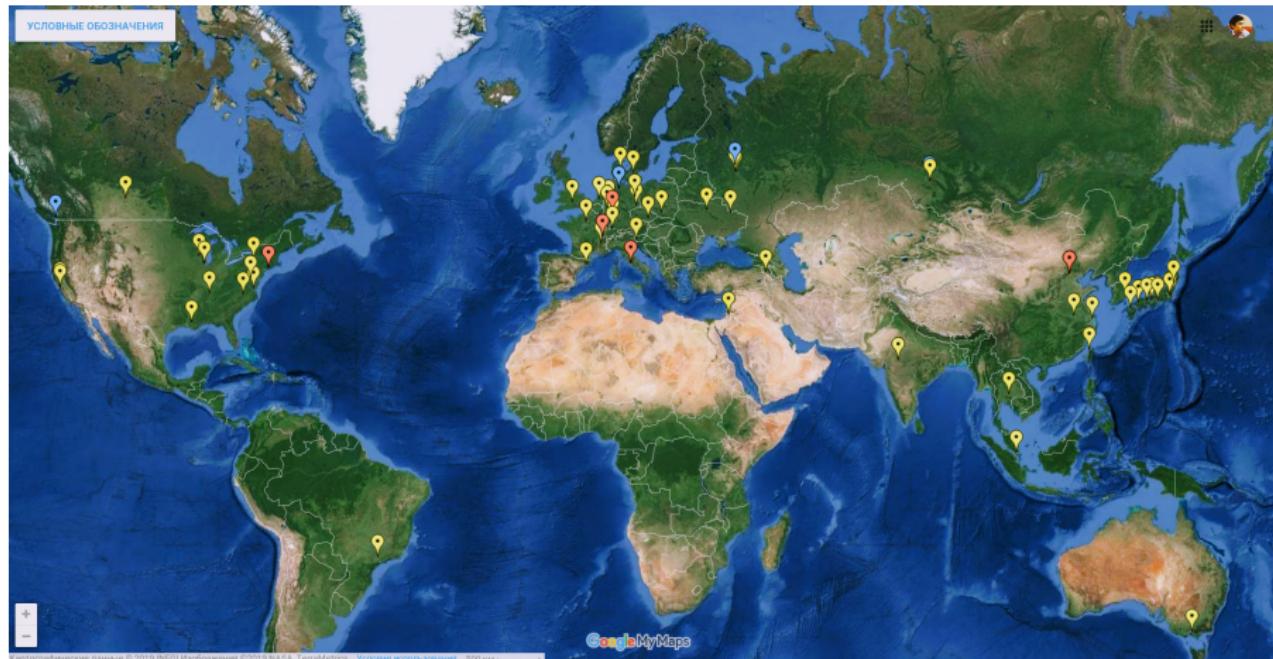
Создание проекта экспериментальных стаций первой очереди
проекта «СКИФ»

- Моделирование **вставных устройств**
(ондуляторы, вигглеры)
- Моделирование **оптических элементов**
(апertureы, монохроматоры, фокусирующие зеркала)
- Создание **среды для обмена информацией** по
проектированию
- Координация работы между исследовательскими группами
разных институтов (ИЯФ, Институт катализа и д.р.)

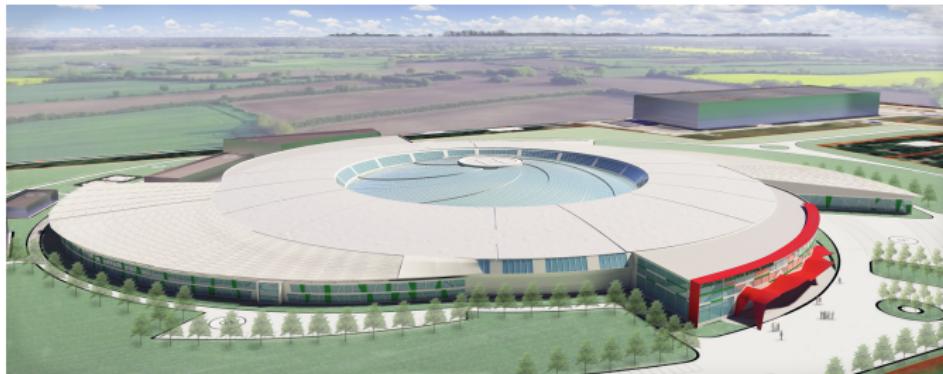
План презентации

- Необходимость источников СИ в России
- Структура проектного офиса ЦКП «СКИФ»
- Обзор источников излучения для станций
- Оптические схемы станций
- Обсуждение результатов и планов

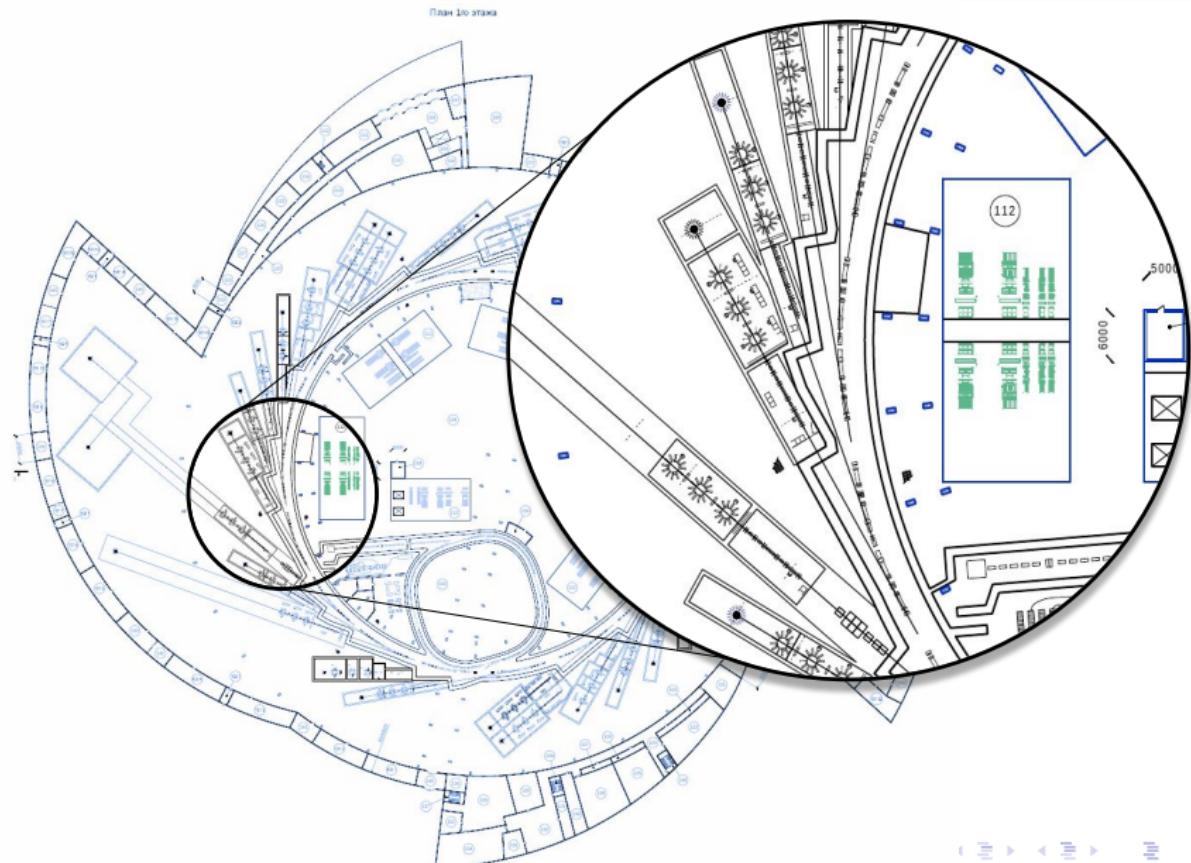
Карта ускорительных центров



СКИФ Сибирский Кольцевой Источник Фотонов



Структура синхротрона



Оптическая группа ЦКП «СКИФ»



©Andrei Trebushein ссылка на [GitHub](#)

SRW. Среда моделирования

SRW — Synchrotron Radiation Workshop. Код для моделирования оптических систем. $r\omega$ -пространство, ближняя зона.

- Вставные устройства:

$$\vec{\tilde{E}}_{\perp}(\vec{r}_o, \omega) = \frac{i\omega e}{c} \int_{-\infty}^{\infty} dt' \left[\frac{\vec{\beta} - \vec{n}}{|\vec{r}_o - \vec{r}'_o(t')|} - \frac{ic}{\omega} \frac{\vec{n}}{|\vec{r}_o - \vec{r}'_o(t')|^2} \right] \times \\ \exp[i \left(t' + \frac{|\vec{r}_o - \vec{r}'_o(t')|}{c} \right)]$$

- Фурье оптика:

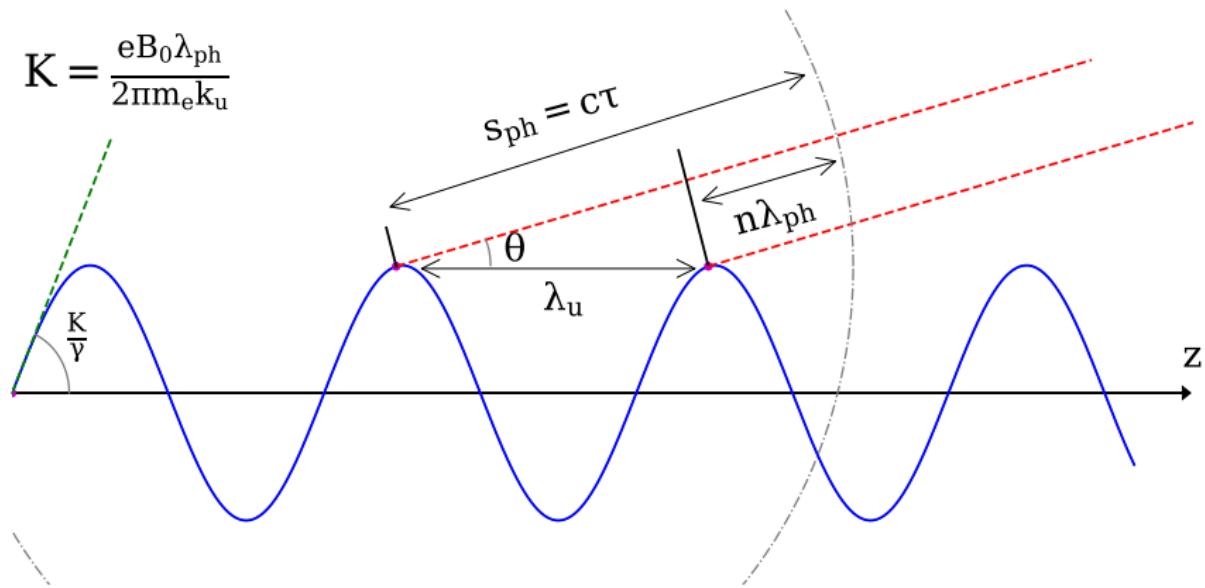
$$g_2(x_2, y_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g_1(\eta, \xi) h(x_2 - \eta, y_2 - \xi) d\eta d\xi$$

⇓

$$G_2(f_x, f_y) = G_1(f_x, f_y) H(f_x, f_y)$$

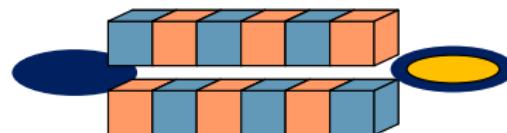
Ондулятор — интерференционное устройство

$$n\lambda_{ph} = s_{ph} - \lambda_u \cos \theta \quad \rightarrow \quad \lambda_{ph} = \frac{\lambda_u}{2n\gamma^2 K} \left(1 + \frac{K^2}{2} + \gamma^2 \theta^2 \right)$$



Стандартные ондуляторы для СКИФ

Сверхпроводящий ондулятор



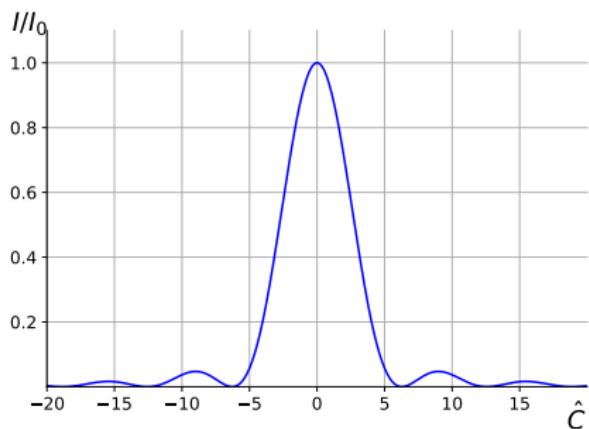
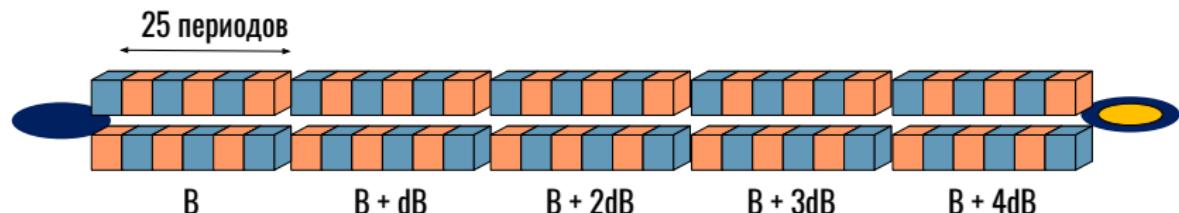
Электронный пучок

Излучение

$B, [T]$	0.7 – 1.5
$L, [m]$	до 3
$d, [mm]$	15 – 20
N	≥ 120
Фазовая ошибка	$\leq 3^\circ$

$E, [GeV]$	$I, [mA]$	$\beta_x, [m]$	$\beta_y, [m]$	
3	400	12.48	1.99	
$\sigma_x, [m]$	$\sigma_{x'}, [rad]$	$\sigma_y, [m]$	$\sigma_{y'}, [rad]$	$\Delta E/E$
33.0×10^{-6}	2.65×10^{-6}	8.6×10^{-7}	5.0×10^{-7}	8.6×10^{-4}

Ондулятор станции 1-4 (Quick-XAFS)



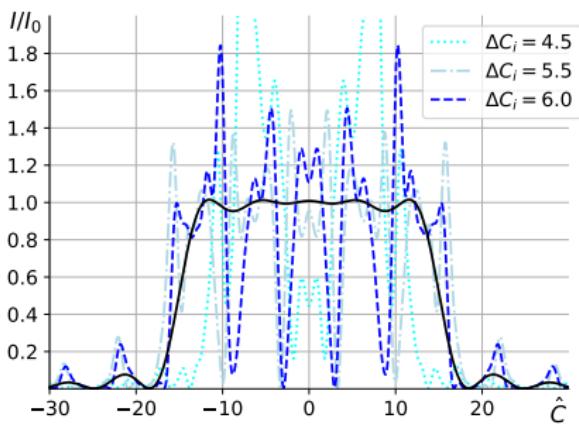
$$\hat{C} = CL_u = 2\pi N_u \frac{\Delta\omega}{\omega_r}$$

- Широкий спектр для Quick-XAFS
спектроскопии $\approx 1 \text{ keV}$

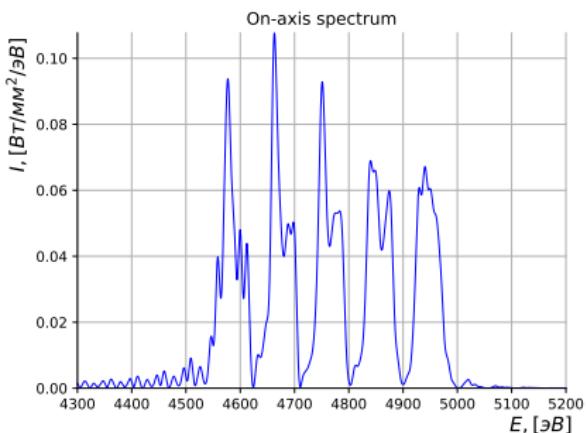
$$\frac{\Delta\omega}{\omega_{ph}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{ph}} \sim \frac{1}{nL_u}$$

Оценки. Интерференция в спектре

Аналитический результат

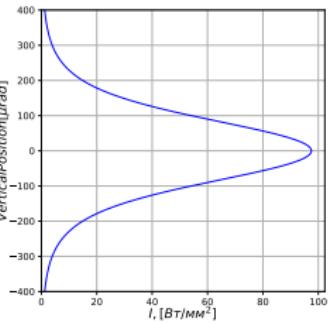
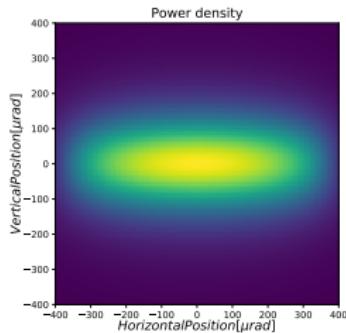


Симуляция

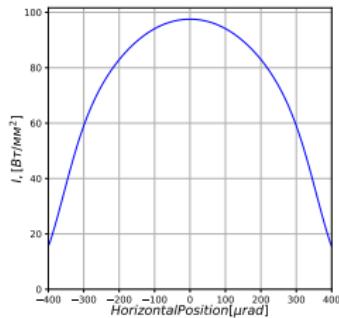


$$\begin{aligned}\tilde{I} = & \left(\frac{\omega e A_{JJ}}{2c^2 \gamma z_0} \right)^2 \left[\sum_{n=-2}^2 (K_o + n\Delta K)^2 \operatorname{sinc}^2(\hat{C}_n) + \right. \\ & \left. \sum_{\substack{n,m=-2 \\ n \neq m}}^2 K_o^2 \left(1 + n \frac{\Delta K}{K_o} + m \frac{\Delta K}{K_o} \right) \operatorname{sinc}^2(\hat{C}_n) e^{i(n-m)\hat{C}_o + (n^2 - m^2)\Delta \hat{C}} \right]\end{aligned}$$

Расчёт станции 1-1. Тепловые нагрузки

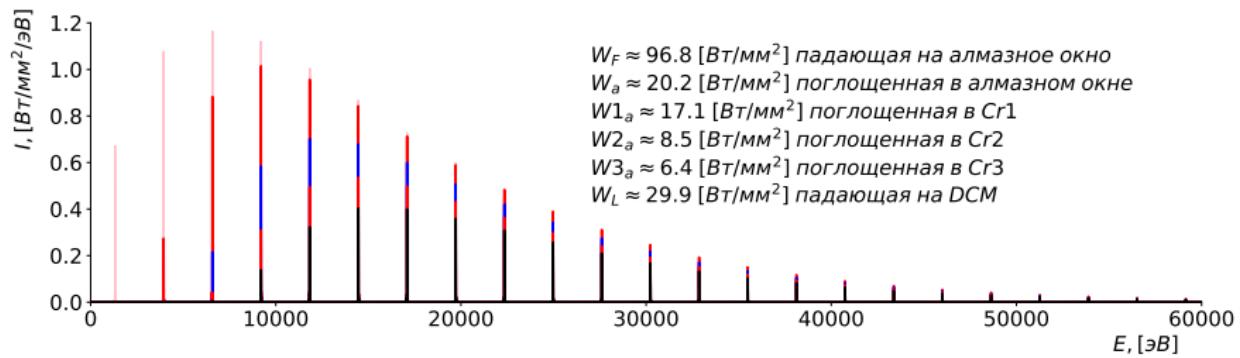
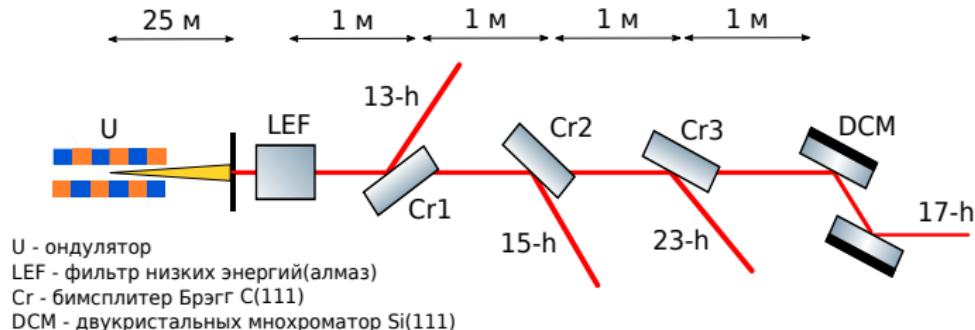


$B(K), [\text{T}]$	1.36(2.29)
$L, [\text{m}]$	2.3
$d, [\text{mm}]$	18
Фазовая ошибка	$\leq 3^\circ$



$$\text{Max}_W = 97.5[\text{W}/\text{mm}^2]$$

Оптическая схема станции 1-1. Итерация без линз



Благодарю за внимание