



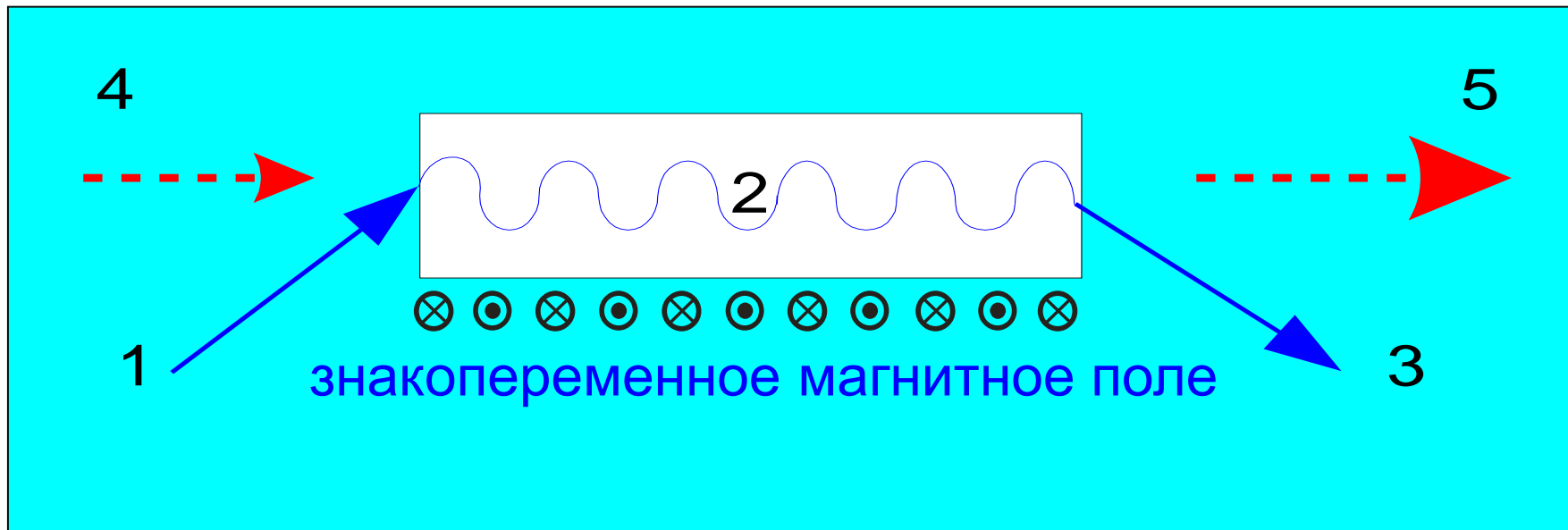
Перспективы и планы Новосибирского ЛСЭ

Н.А. Винокуров

Лазеры на свободных электронах (ЛСЭ) позволяют получать монохроматическое излучение на любой заданной длине волны (0,1 нм – 1 мм) и плавно перестраивать длину волны. Средняя мощность излучения может быть порядка 100 кВт.

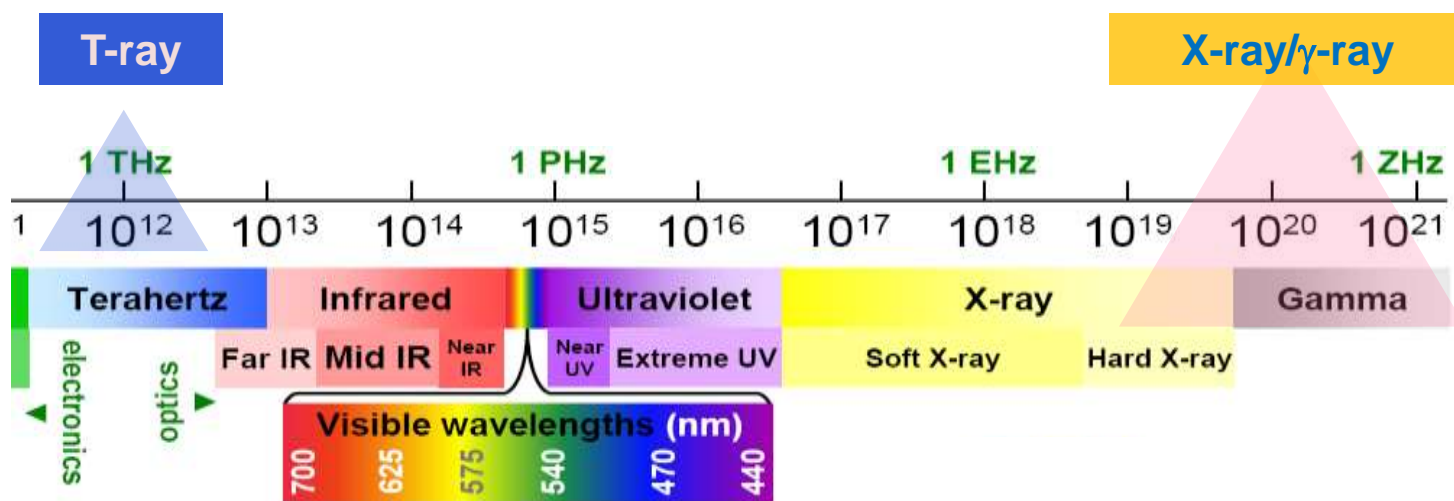
ЛСЭ используют явление *вынужденного* *ондуляторного* излучения.

Схема лазера на свободных электронах



- 1 – входящий электронный пучок**
- 2 – ондулятор**
- 3 – отработанный электронный пучок**
- 4 – входящее излучение**
- 5 – усиленное излучение**

Наиболее привлекательные диапазоны для ЛСЭ – рентгеновский и субмиллиметровый, где нет других мощных лазеров с плавно изменяемой длиной волны.



В настоящее время в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (Новосибирск) работает три мощных ЛСЭ терагерцового и дальнего ИК диапазонов.

Все они используют электронный пучок четырехдорожечного ускорителя-рекуператора с максимальной энергией 40 МэВ.

Полный диапазон перестройки длин волн излучения трех лазеров, установленных на 1, 2 и 4 дорожках полномасштабного ЛСЭ, составляет от 8 до 250 микрон.

Эта установка предоставляет научным учреждениям России возможность проведения уникальных исследований.

Сибирский центр фотохимических исследований, создан институтами ядерной физики и химической кинетики и горения СО РАН

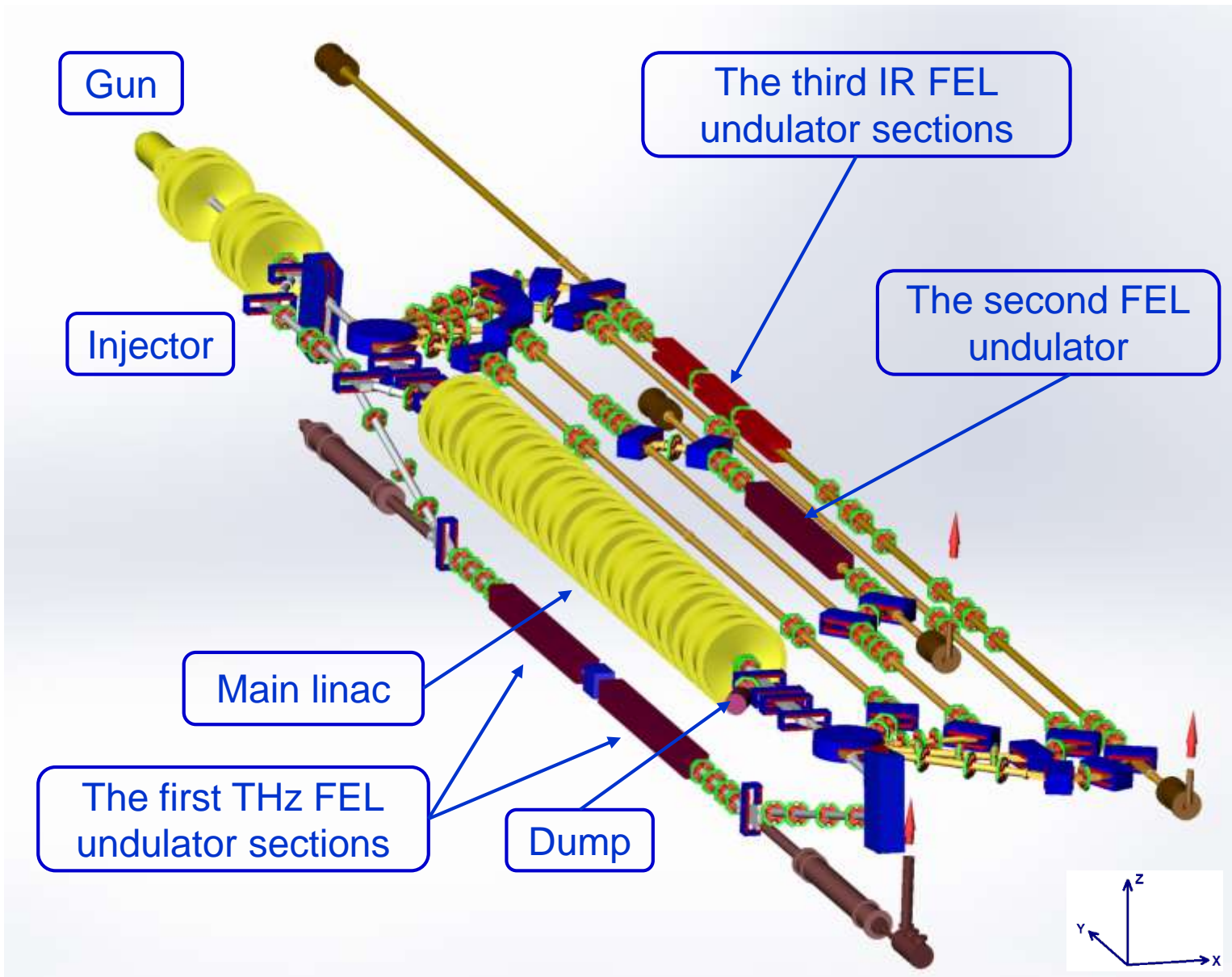


Электронный к. п. д. ЛСЭ довольно низок (~1%), поэтому для мощных ЛСЭ необходимо применять рекуперацию энергии отработанного электронного пучка.

Рекуперация

- снижает радиационную опасность установки и**
- позволяет повысить средний ток электронного пучка.**

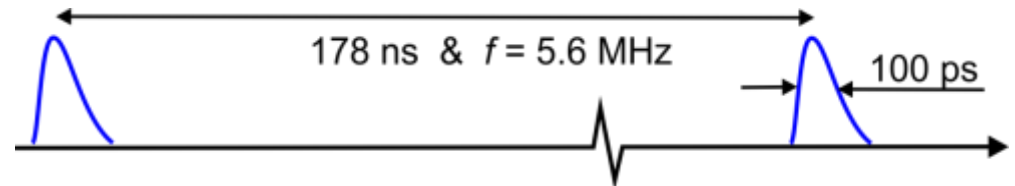
NovoFEL Accelerator Design



Параметры излучения УНУ «Новосибирский ЛСЭ»

Laser	Terahertz	Far-Infrared	Infrared
Status	In operation since 2003	In operation since 2009	In operation since 2015
Wavelength, μm	90 – 240	37 – 80	8 – 11
Relative line width (FWHM), %	0.2 – 2.0	0.2 - 1	0.1 - 1
Maximum average power, kW	0.5	0.5	0.1
Maximum peak power, MW	0.5	2.0	5
Pulse duration, ps	30 - 120	20 - 40	10 - 20
Pulse repetition rate, MHz	5.6	7.5	3.8
Linear polarization degree, %	> 99.6		

Typical time dependence
of radiation



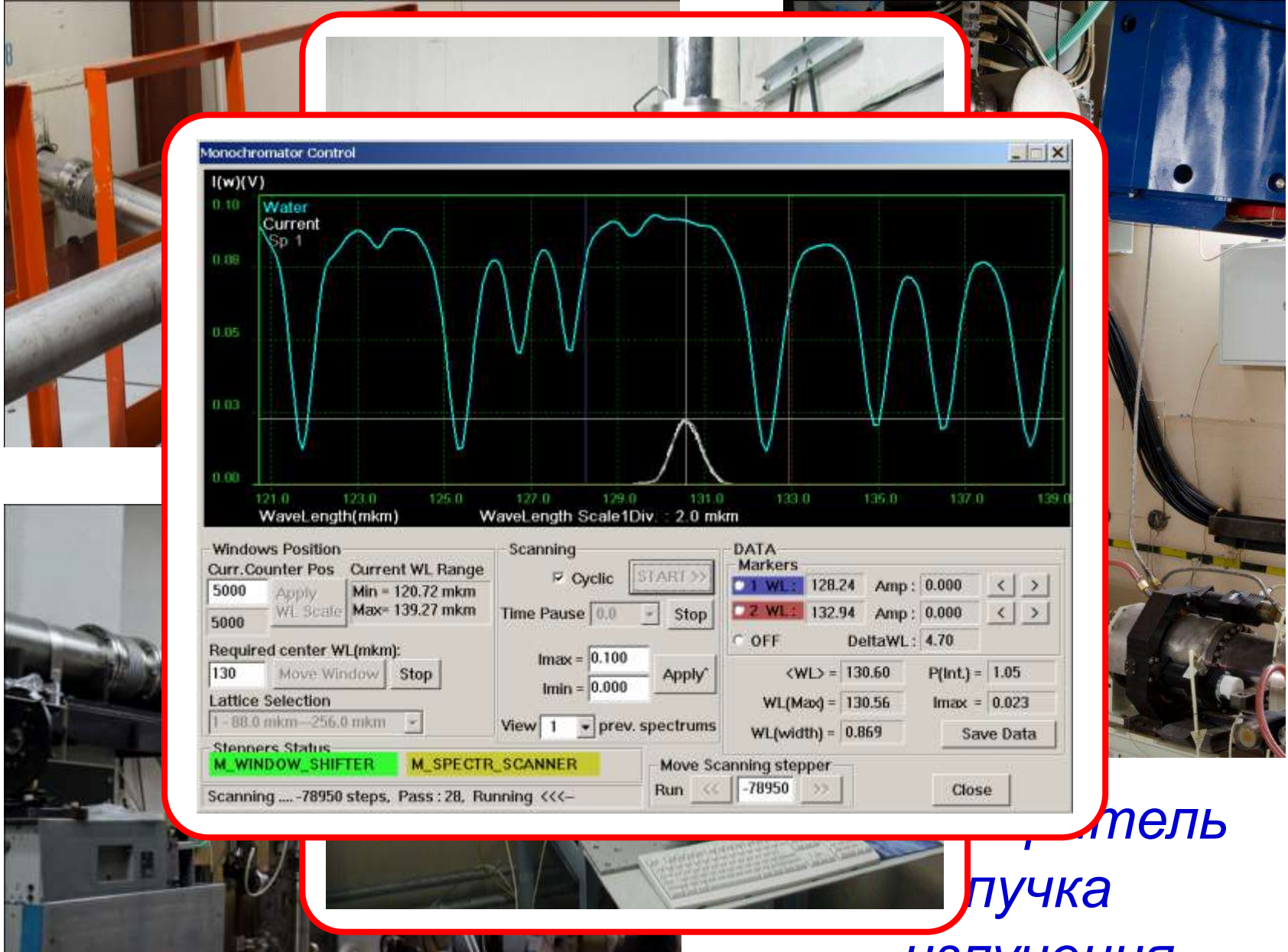
По средней мощности излучения (0,5 кВт) Новосибирский ЛСЭ значительно превосходит аналогичные зарубежные установки в своём диапазоне длин волн (40–240 микрон).

Новосибирский ЛСЭ является уникальным источником когерентного электромагнитного излучения. Рекордно высокая мощность ЛСЭ обусловлена использованием оригинального ускорителя-рекуператора электронов со средним током пучка до 10 мА и энергией электронов до 40 МэВ.

Планы (2017 г.)

- уменьшить потери электронов и повысить средний ток пучка (коллимация пучка и улучшение диагностики);
- повысить напряжение на электростатической пушке и улучшить качество пучка инжектора;
- изготовить канал инжекции из ВЧ пушки;
- изготовить и установить зеркало и окно для демонстрации электронного вывода излучения третьего ЛСЭ;
- установить ондулятор с переменным периодом на вторую дорожку УР вместо нынешнего электромагнитного ондулятора;
- запустить новые пользовательские станции;
- продолжить работу на пользователей.

Канал вывода излучения

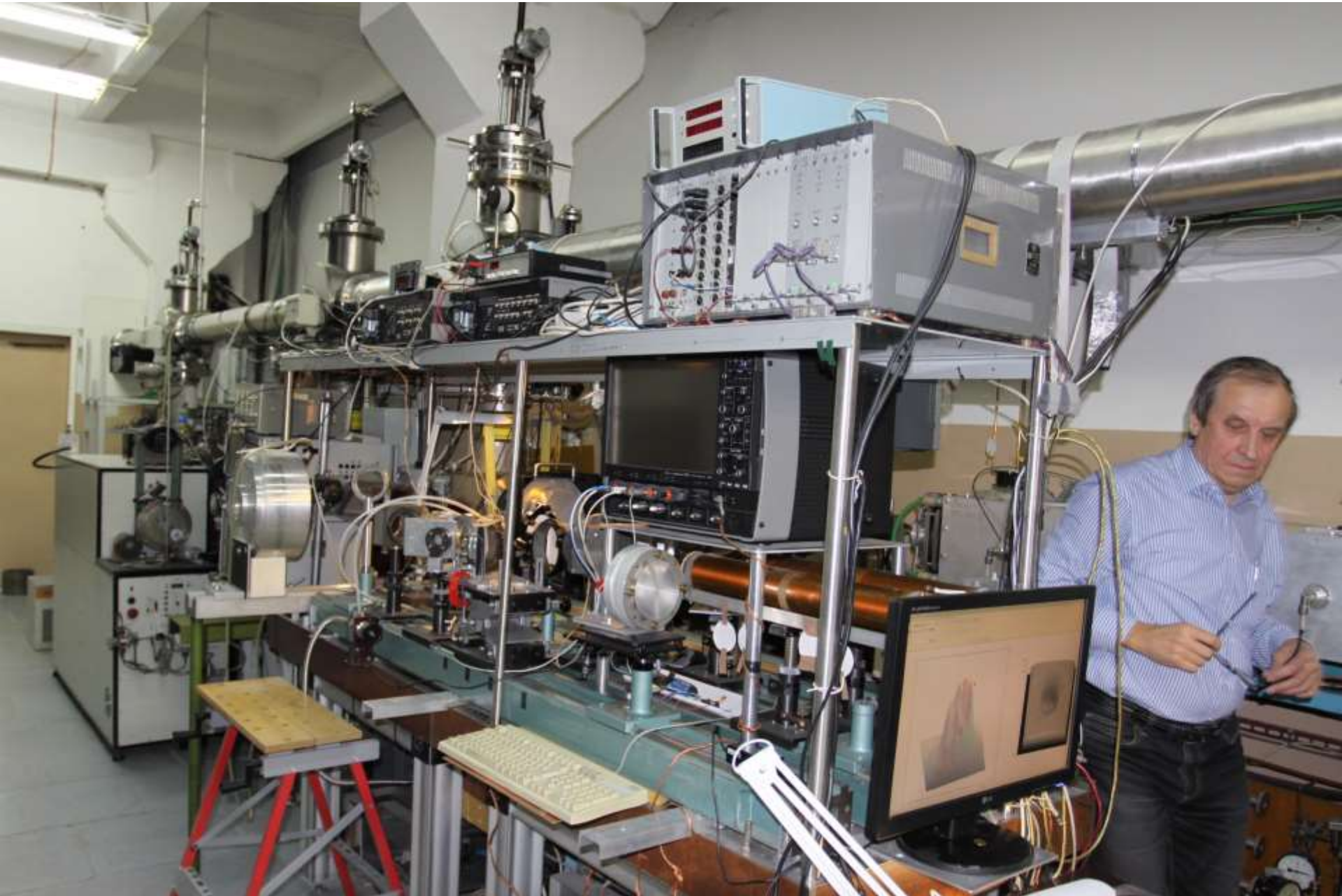


...тель
лучка
излучения

Старые пользовательские станции (1 этаж)



Старые пользовательские станции (1 этаж)



Старые пользовательские станции (2 этаж)



Новые пользовательские станции (2 этаж)



Новые пользовательские станции (2 этаж)



Электронная ВЧ пушка на стенде

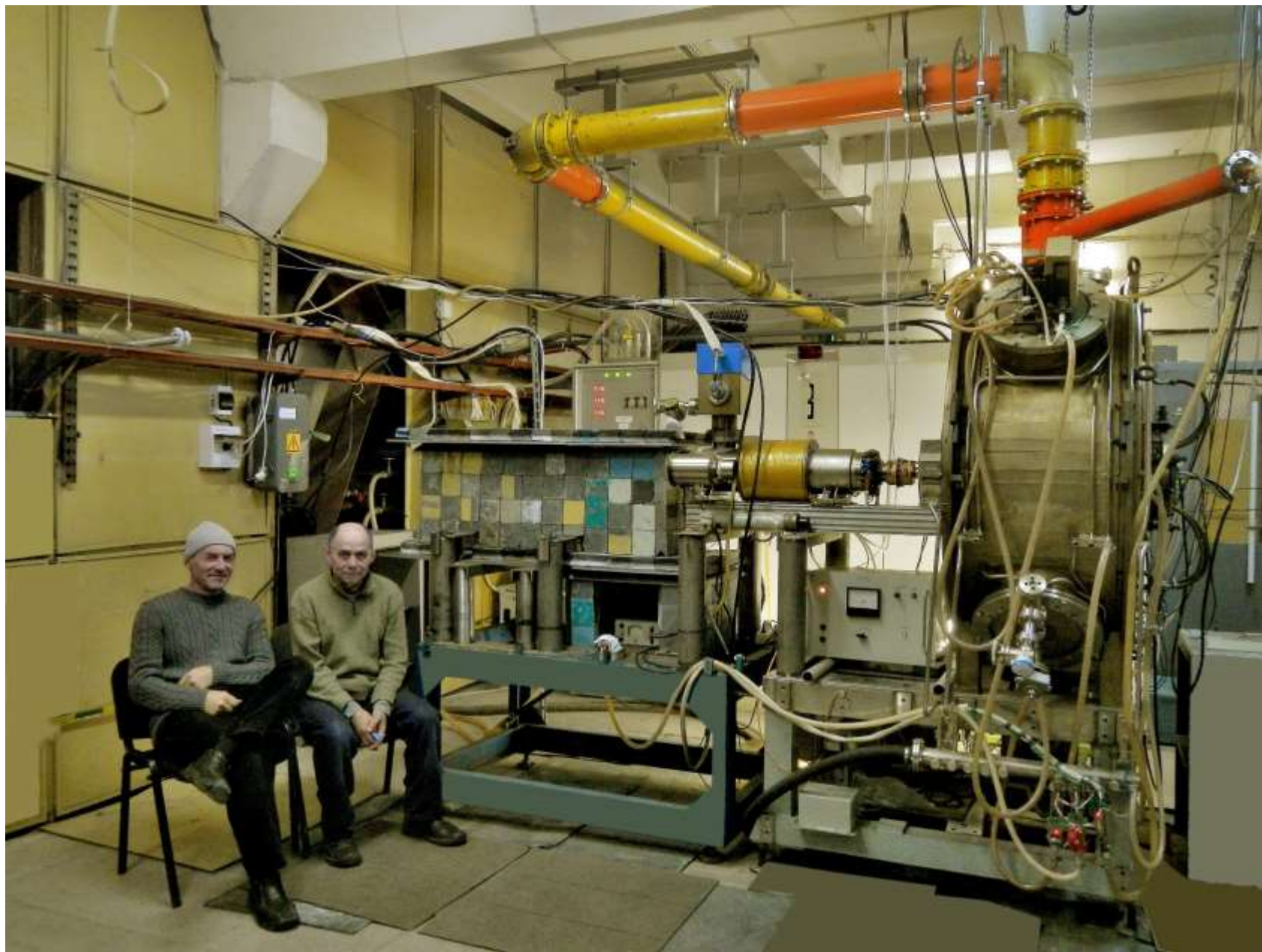
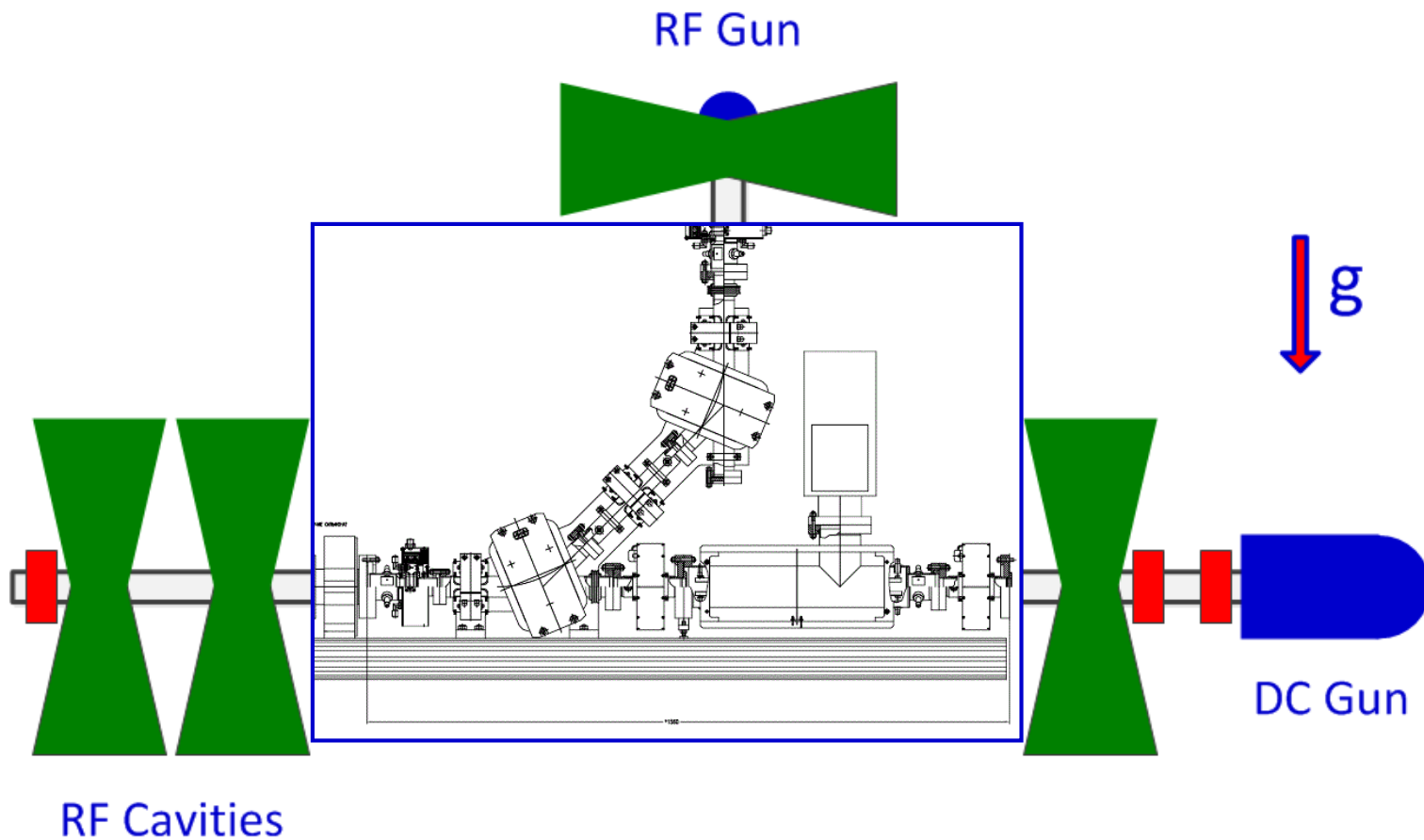
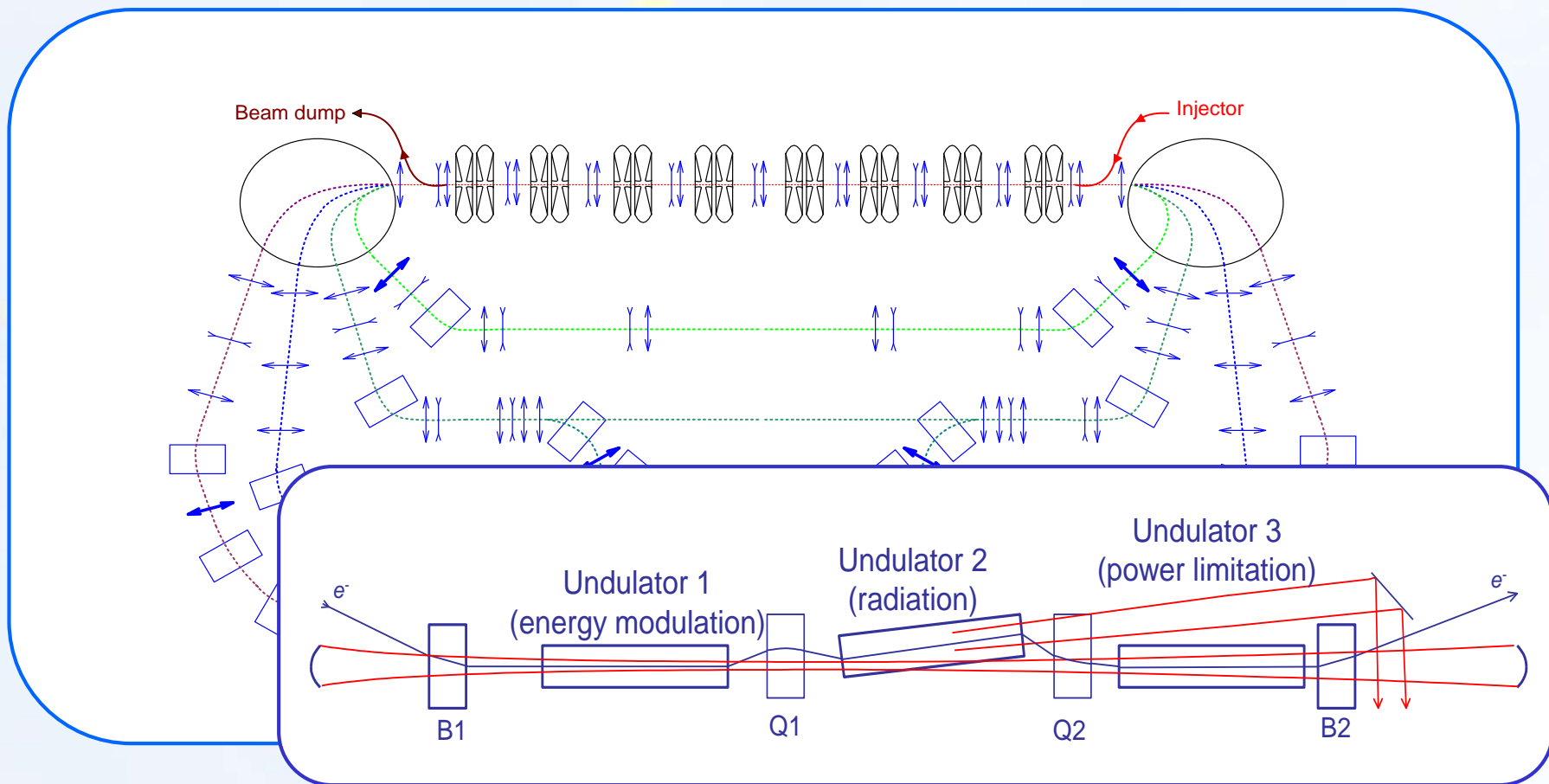


Схема установки ВЧ пушки на УР Новосибирского ЛСЭ.

Канал впуска изготовлен в начале 2018 года.

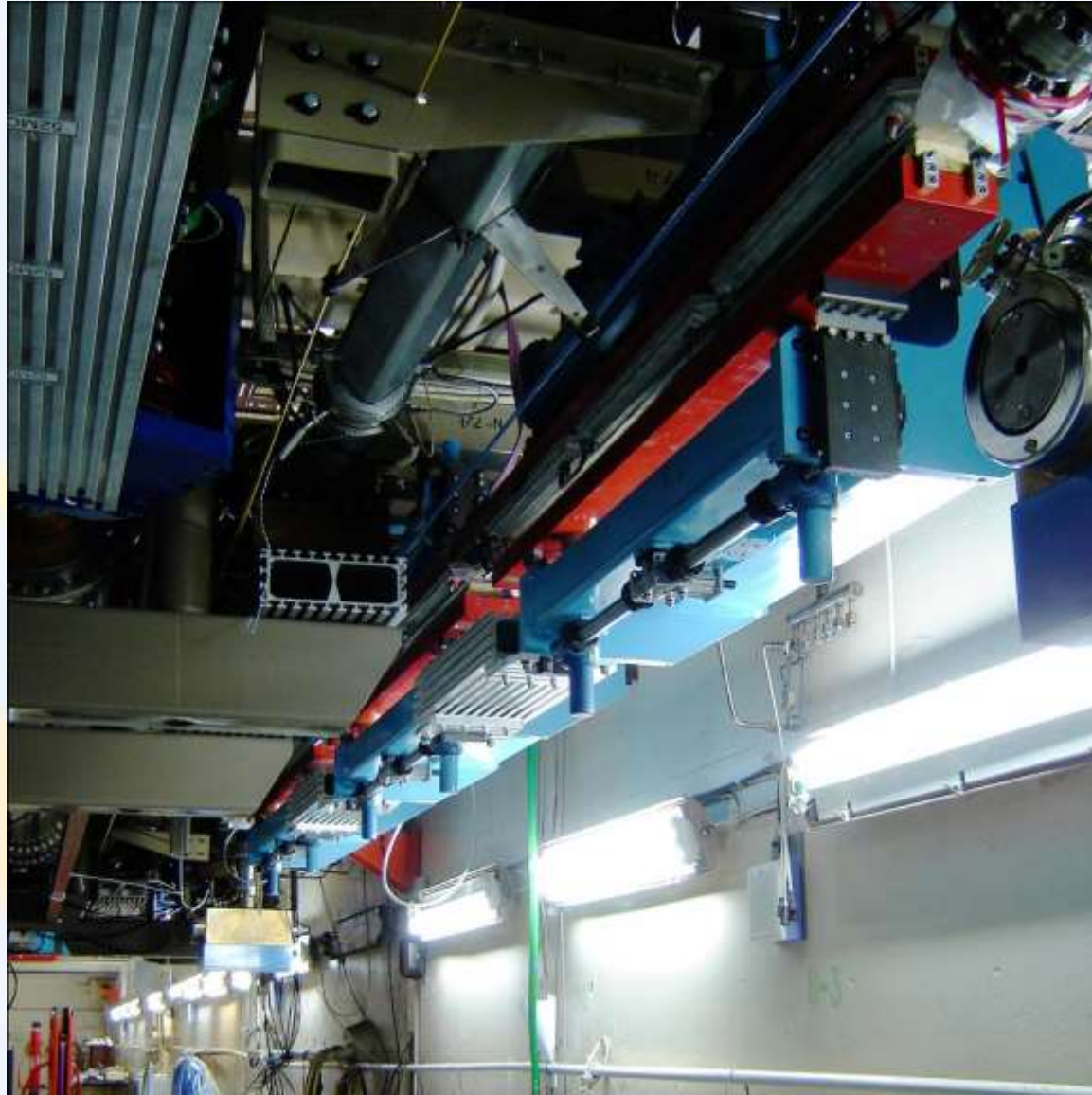


Электронный вывод излучения ЛСЭ. Зарегистрировано выходящее излучение.

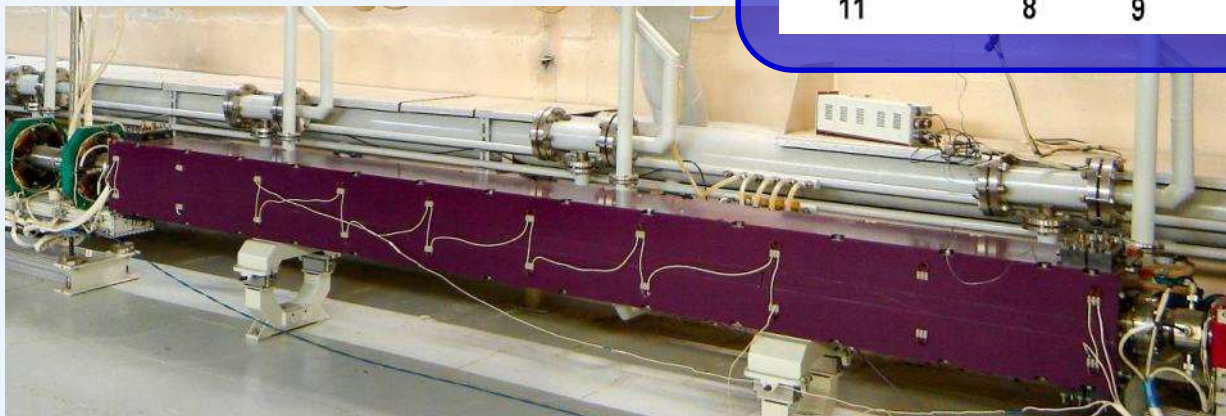
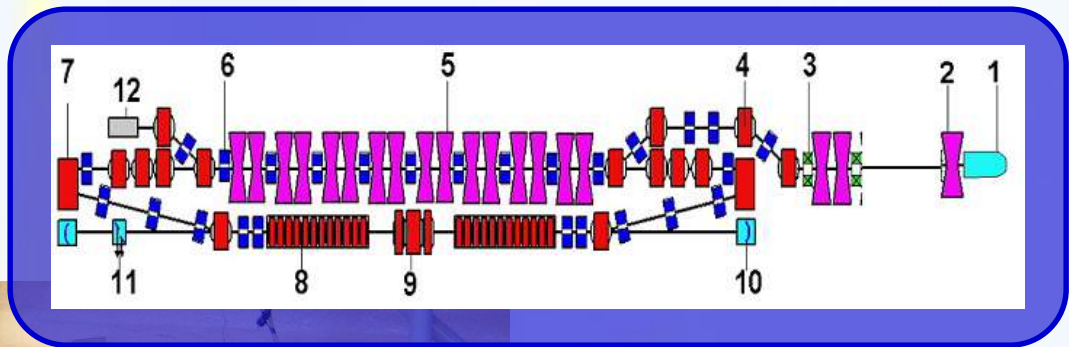


Electron outcoupling scheme is used here

The third FEL undulator

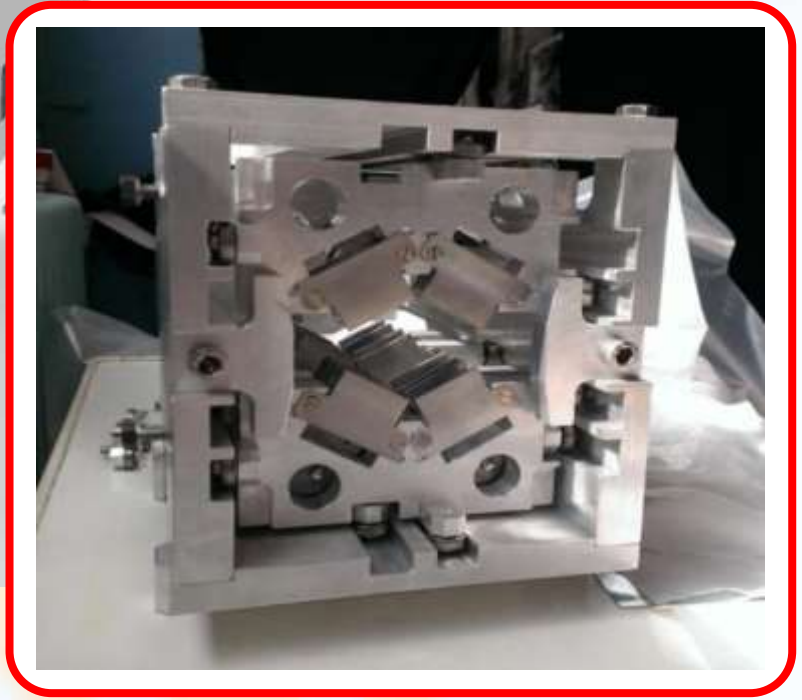
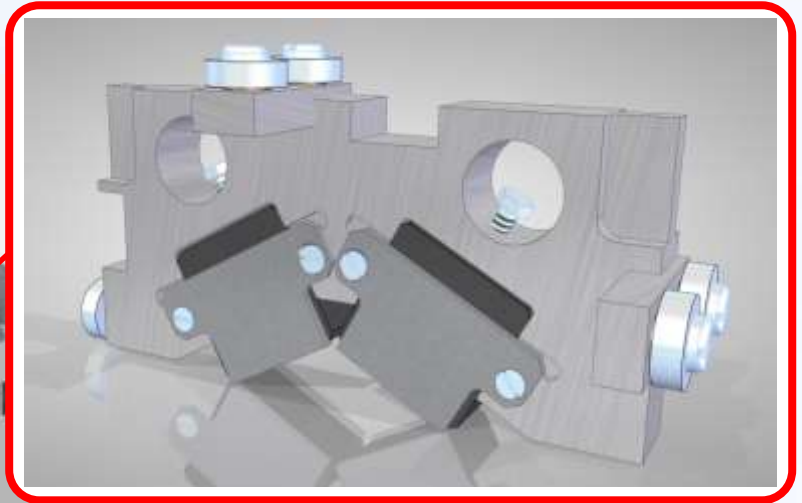
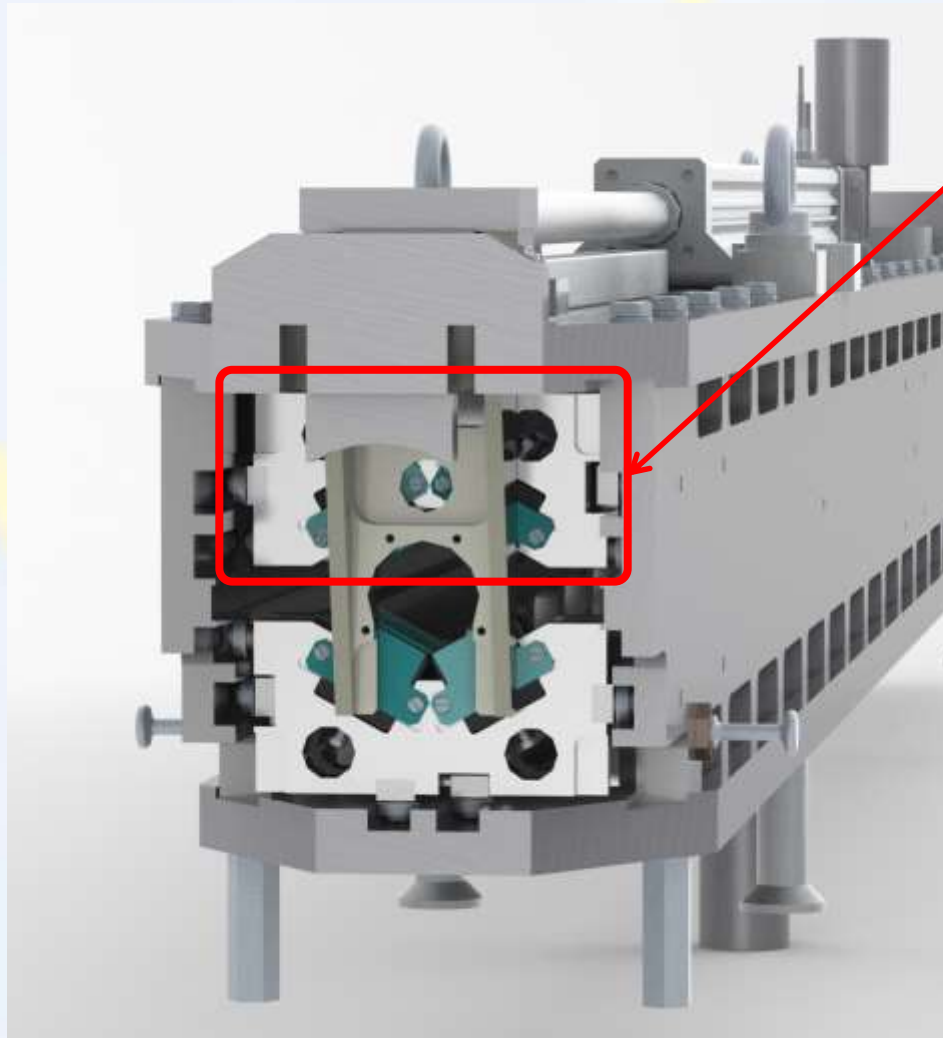


Старый электромагнитный ондулятор



	1-st FEL	2-d FEL
Period, cm	12	12
Maximum current, μA	2.4	2.4
Maximum K	1.25	1.47

Variable Period Undulator (for the 2nd FEL)

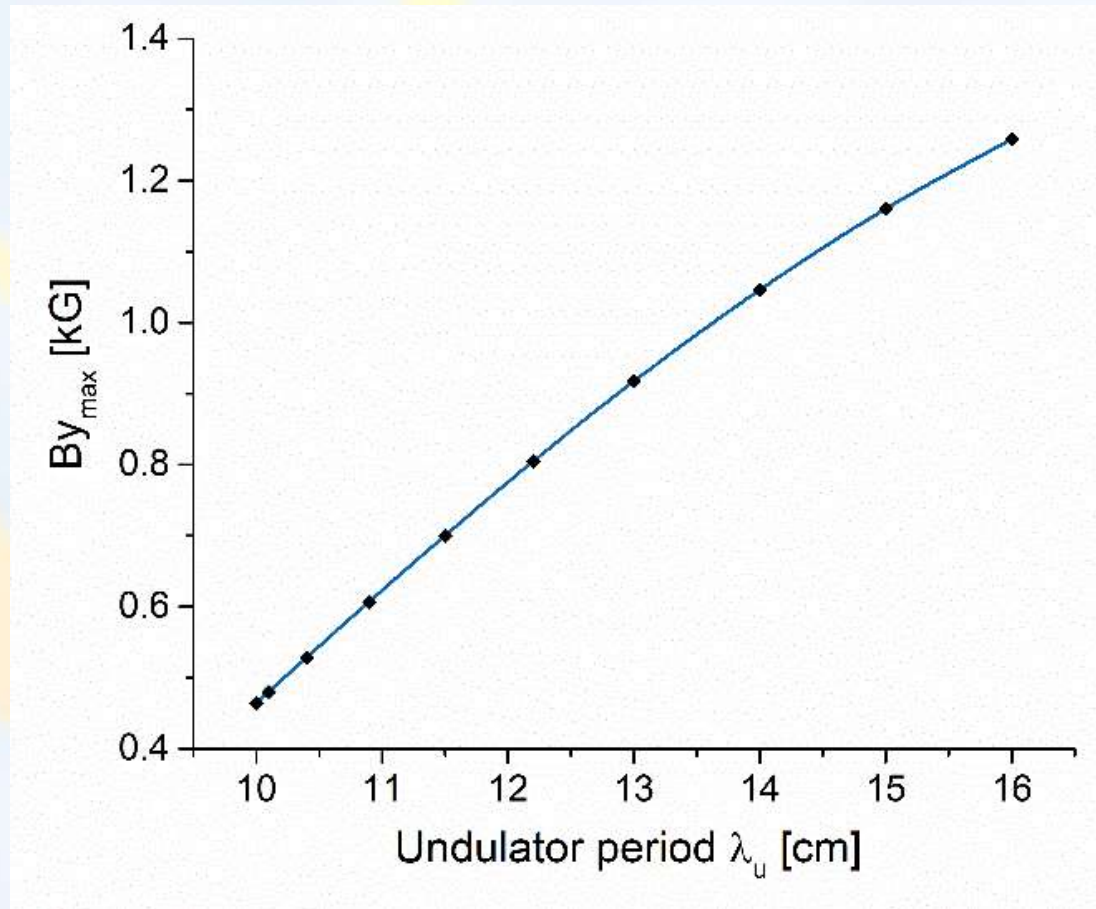
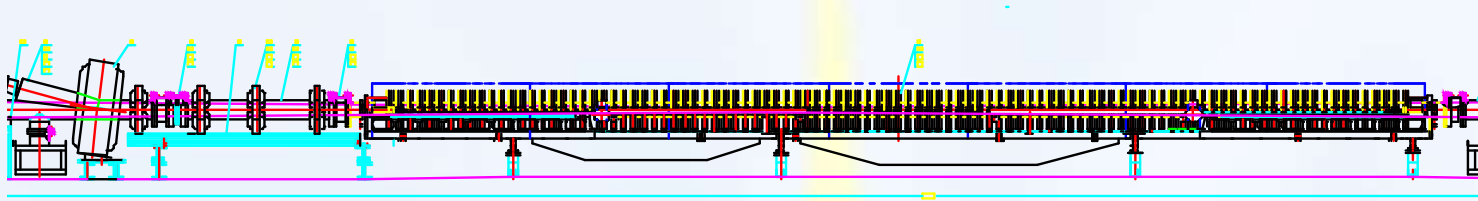


Ондулятор с переменным периодом.

Куплены механизмы перемещения, и после их установки и повторных магнитных измерений можно ставить новый ондулятор на установку «Новосибирский ЛСЭ».



8-метровый ондулятор с переменным периодом



Магнитная структура нового ондулятора на постоянных магнитах с переменным периодом для расширения диапазона длин волн Новосибирского ЛСЭ до 0,4 мм

Период – от 100 мм, внутренний диаметр - 140 мм, полная длина – 8 м.

Планы (2018)

- уменьшить потери электронов и повысить средний ток пучка (коллимация пучка и улучшение диагностики);
- повысить напряжение на электростатической пушке и улучшить качество пучка инжектора;
- установить канал инъекции из на стенд ВЧ пушки;
- изготовить и установить систему зеркал для вывода из ускорительного зала излучения электронного вывода третьего ЛСЭ;
- установить ондулятор с переменным периодом на вторую дорожку УР вместо нынешнего электромагнитного ондулятора;
- начать изготовление 8 – метрового ондулятора с переменным периодом и новых вакуумных камер;
- продолжить эксперименты с излучением НЛСЭ.

Спасибо за внимание