



XXIII летняя школа молодых ученых и специалистов (Липня 2019)

26-28 July 2019
Туристический приют "Липня"
Europe/Moscow timezone



Электроника инжекционного комплекса NICA

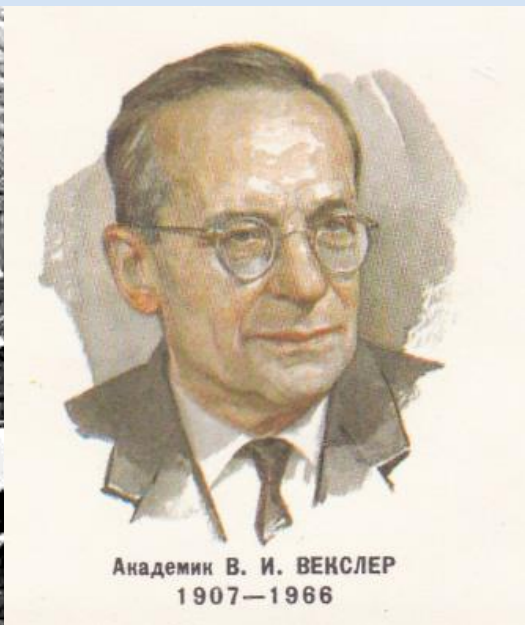
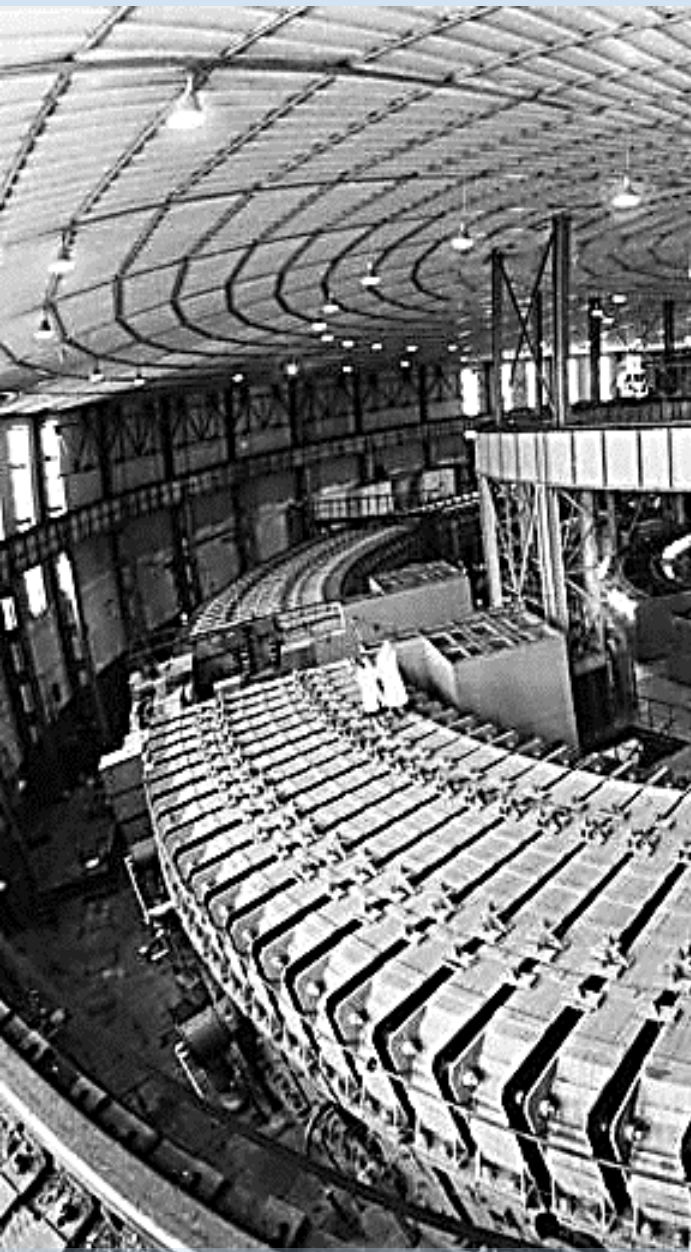
Понкин Дмитрий

ст. инж. НЭОИКН сектор 3, УО ЛФВЭ

и команда ускорительного отделения

1. История

Ускоритель «Синхрофазотрон» 1957



Академик В. И. ВЕКСЛЕР
1907—1966



Ускоритель «Синхрофазотрон» 1957

- Ускорены протоны до 10 ГэВ
- Принцип автофазировки
- Магнит весом 36 000 тонн
- антисигма-минус гиперон
- Внутренняя мишень
-

Пульт «Синхрофазотрона»



Ускоритель «Нуклотрон» 1992



Балдин Александр Михайлович 1926 -2001



Ускоритель «Нуклотрон» 1992

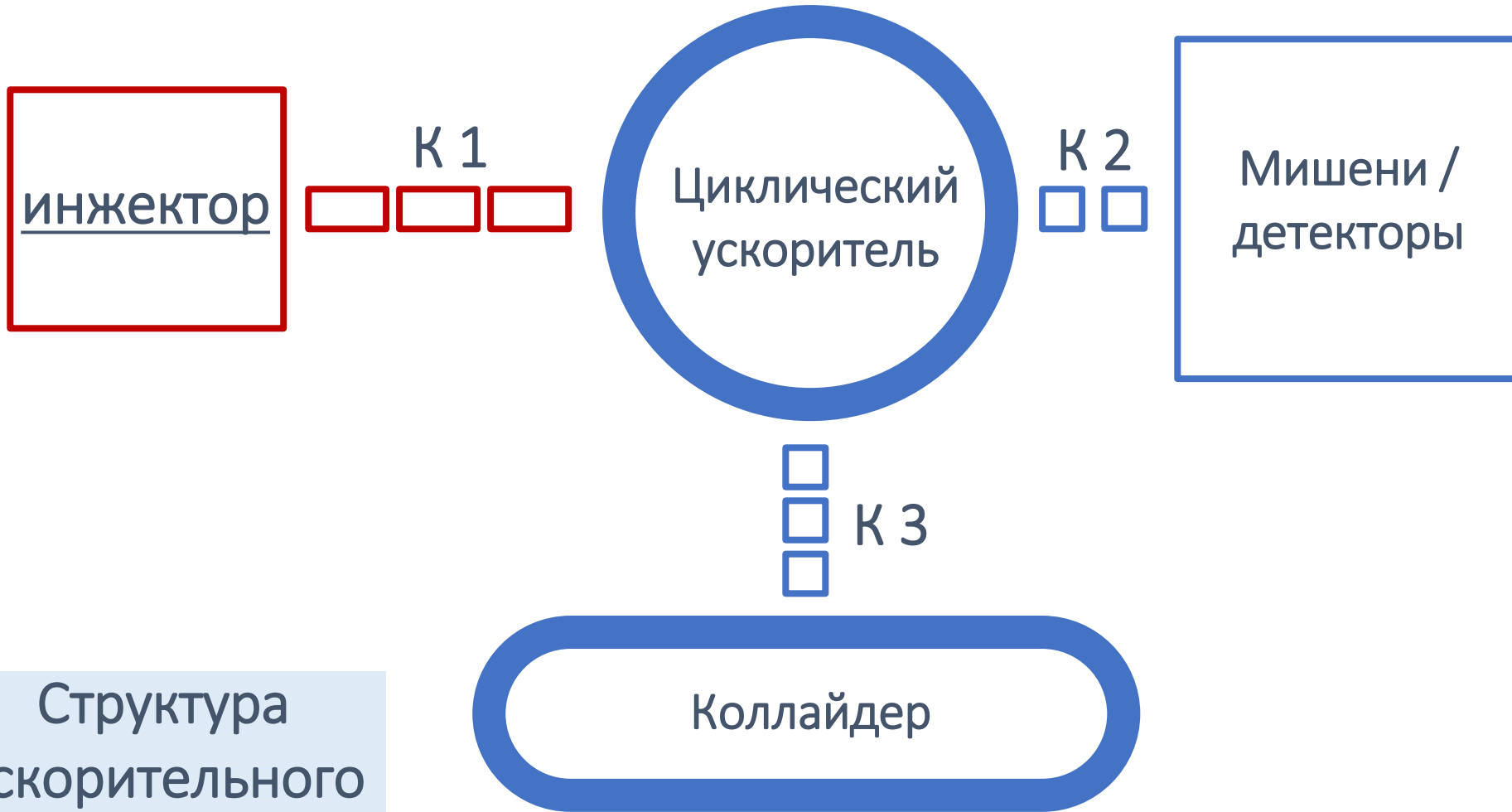
- E пучка - 6 ГэВ
- Базовая установка ОИЯИ
- Многозарядные ионы, протоны, поляризованные дейтроны
- Сверхпроводящий
- Внутренняя мишень
- Ускорение тяжелых ионов Kr, Xe, Fe
-

Пульт «Нуклотрона»



2. Инжекционный комплекс NICA

Структура ускорительного комплекса



Структура
ускорительного
комплекса

- Разработка УНИКАЛЬНОЙ электроники
- Разработка системы мониторинга и управления
- Модернизация устаревших систем
- Подготовка к сеансам
- Группа быстрого реагирования
- НИРы связанные с поиском и реализацией новых идей и решений

- Обучение молодых коллег, студентов
- Участие в работах с иностранными коллегами

NICA@LHEP JINR

Мишени/
BM@N

SPD

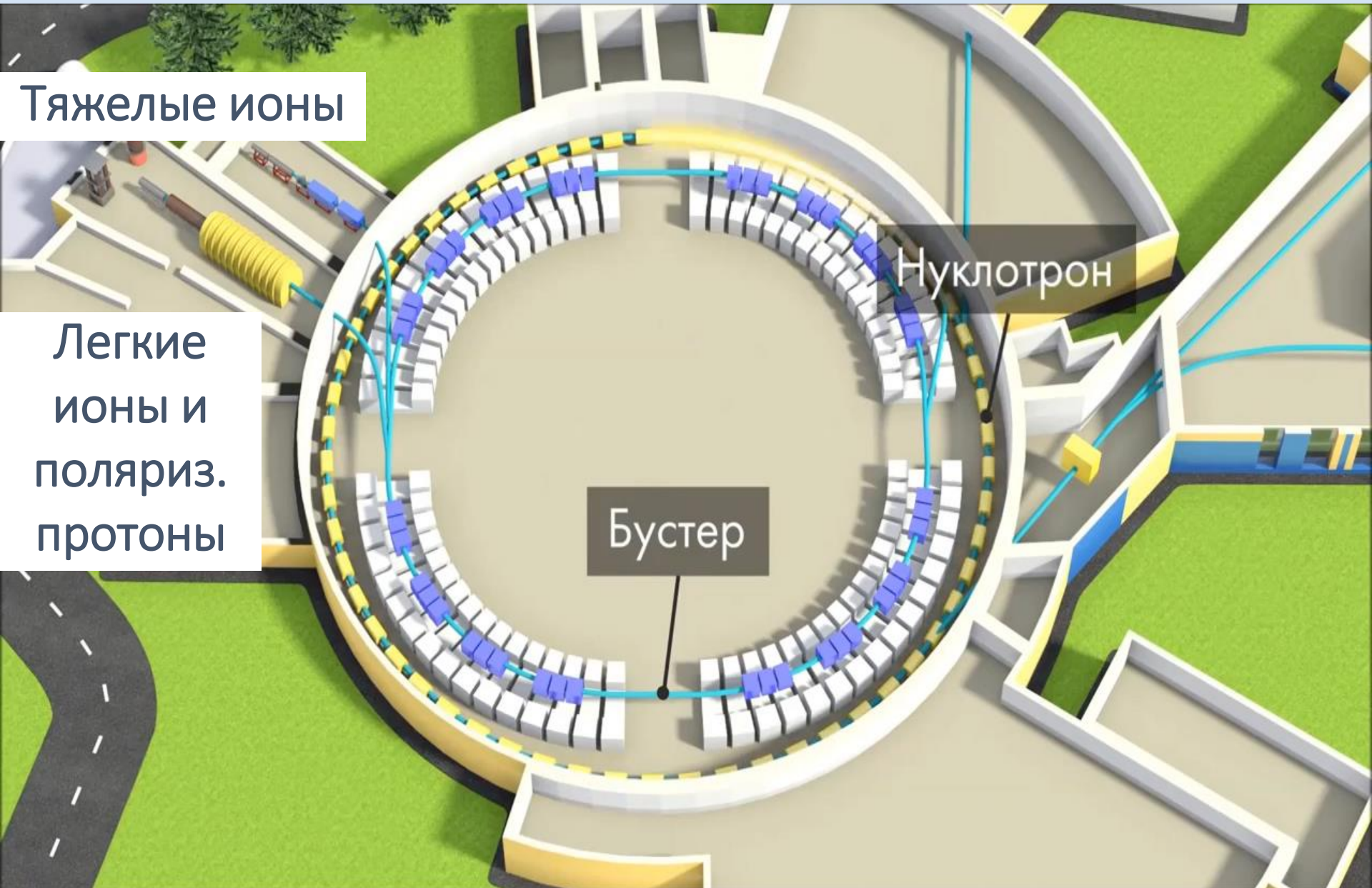
MPD

Коллайдер

Нуклотрон,
Бустер

Инжектор

Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Легкие
ионы и
поляриз.
протоны

Нуклотрон

Бустер

Инжекционный комплекс

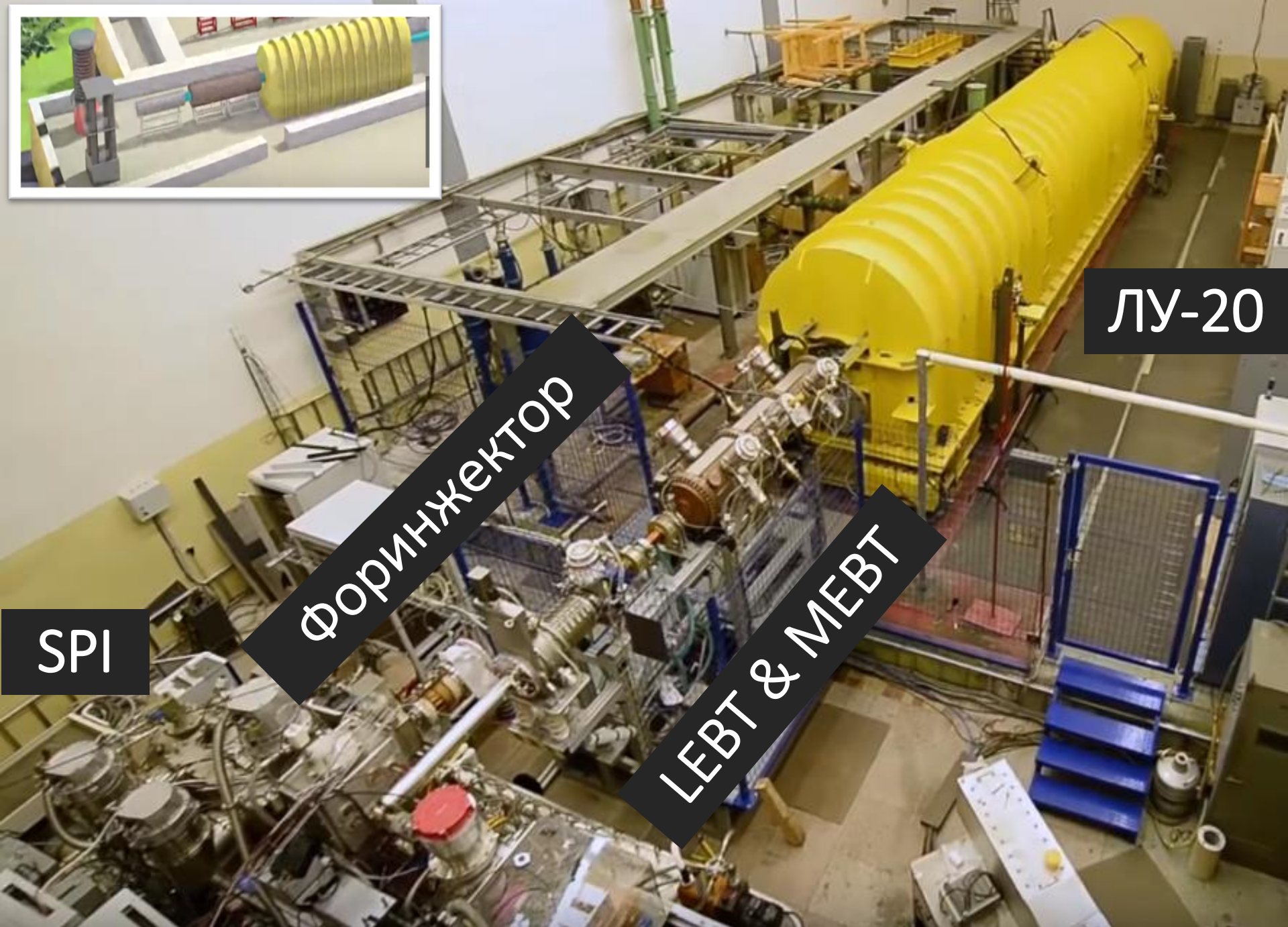
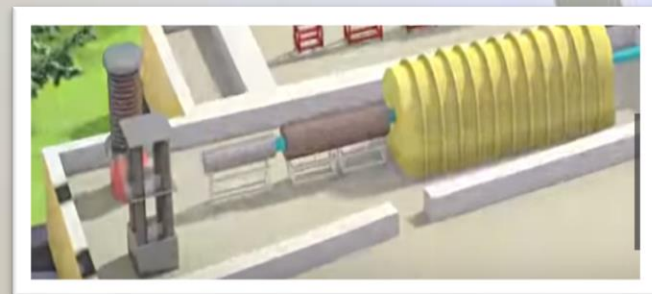


Тяжелые ионы

Каналы
транспортировки

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны



ЛУ-20

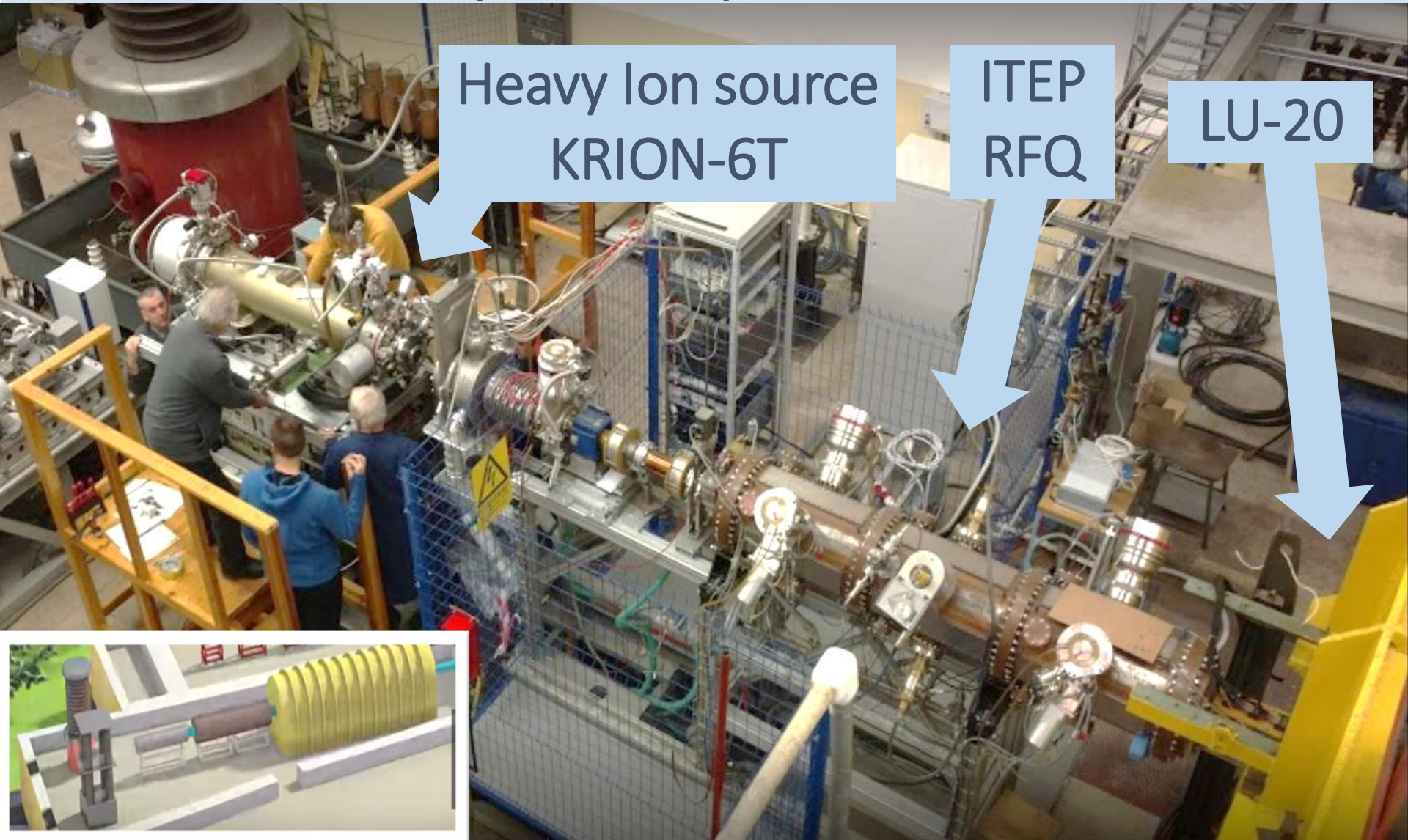
Форинжектор

SPI

LEBT & MEBT

Nuclotron injector view, 55th run

(Ar, Kr, C) spring 2018



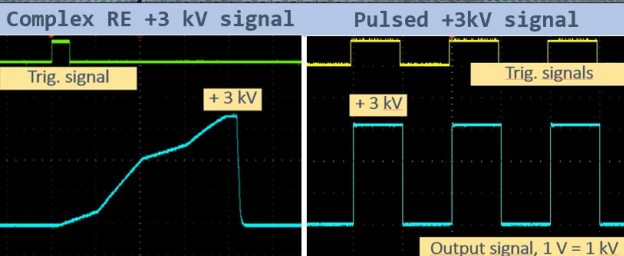
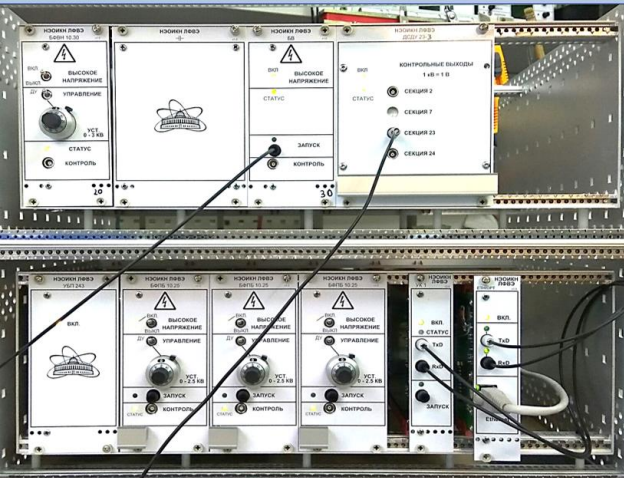
Heavy Ion source
KRION-6T

ITEP
RFQ

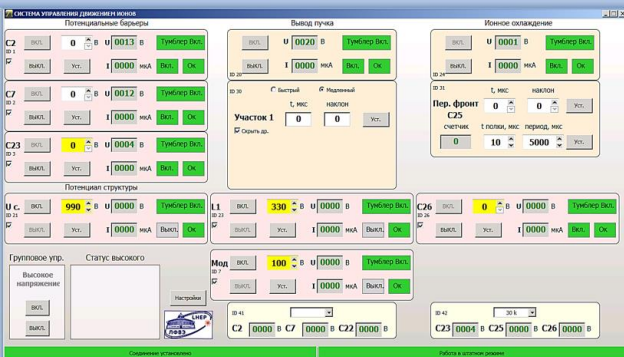
LU-20

ИТИ КРИОН 6Т

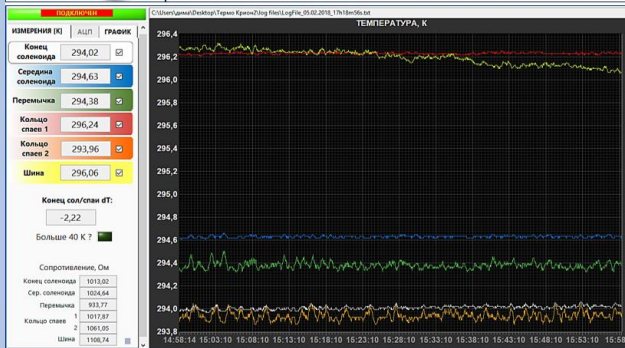
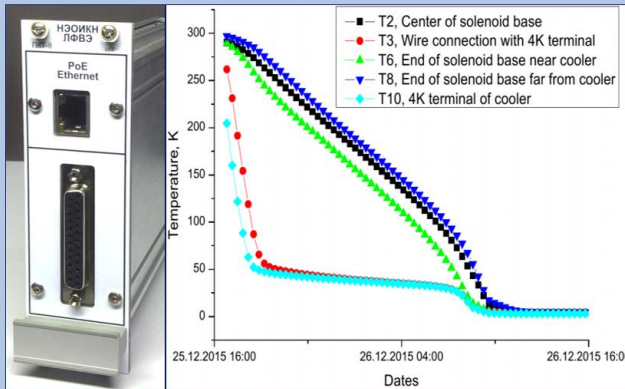
ESIS KRION-6T ion motion control electronics



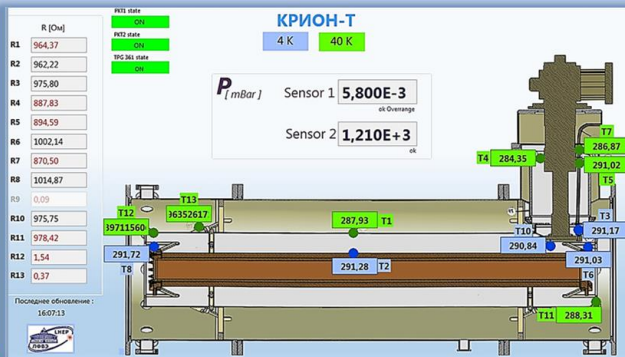
PC software



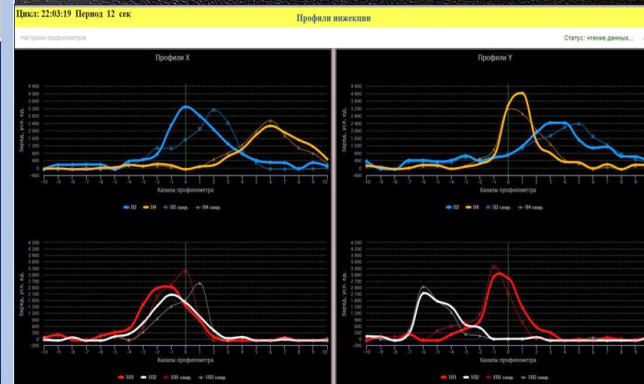
Low temperature measurement electronics



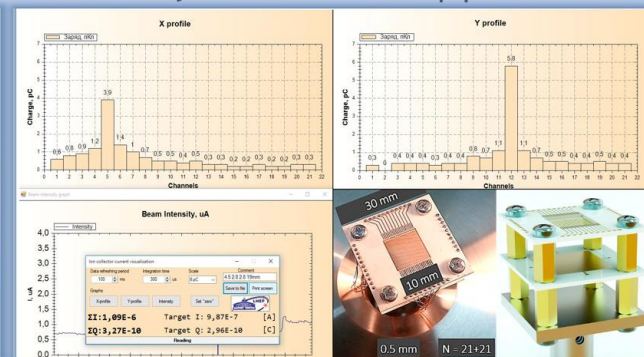
TANGO controls PC client

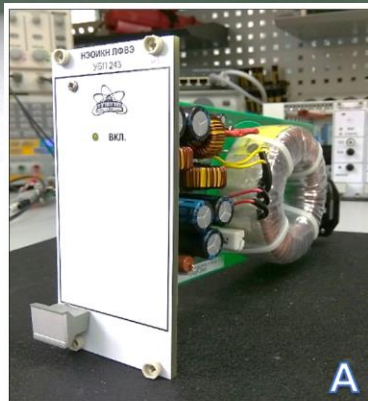
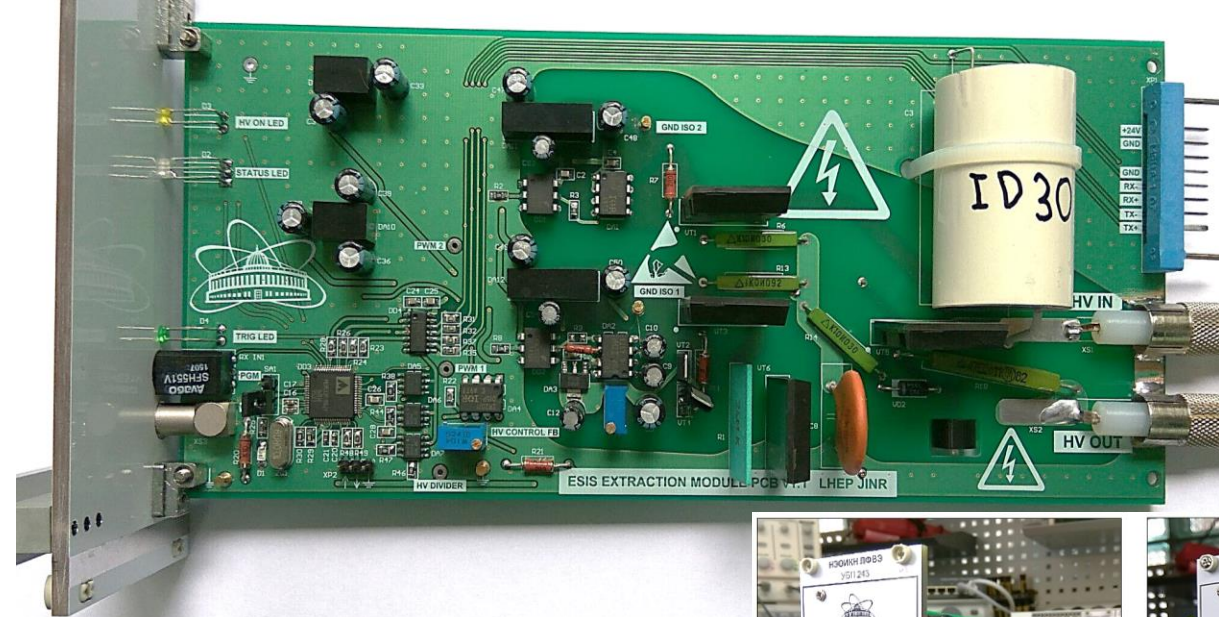


Beam profile measurement electronics



Web client, PC software and harp profilometer





А



Б



В



Г



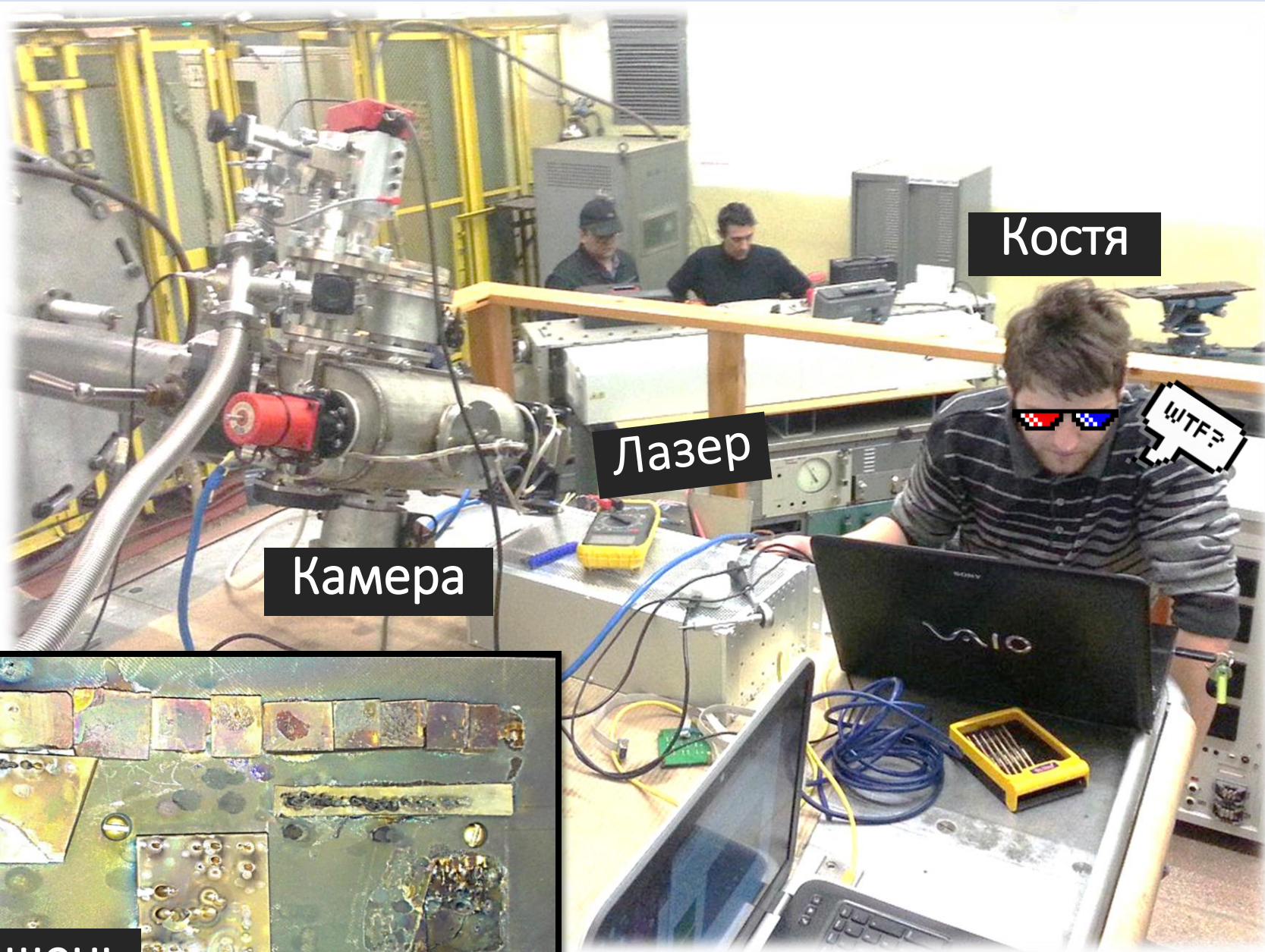
Д



Е

3. Электроника инжекционного комплекса

Мишень лазерного источника ионов





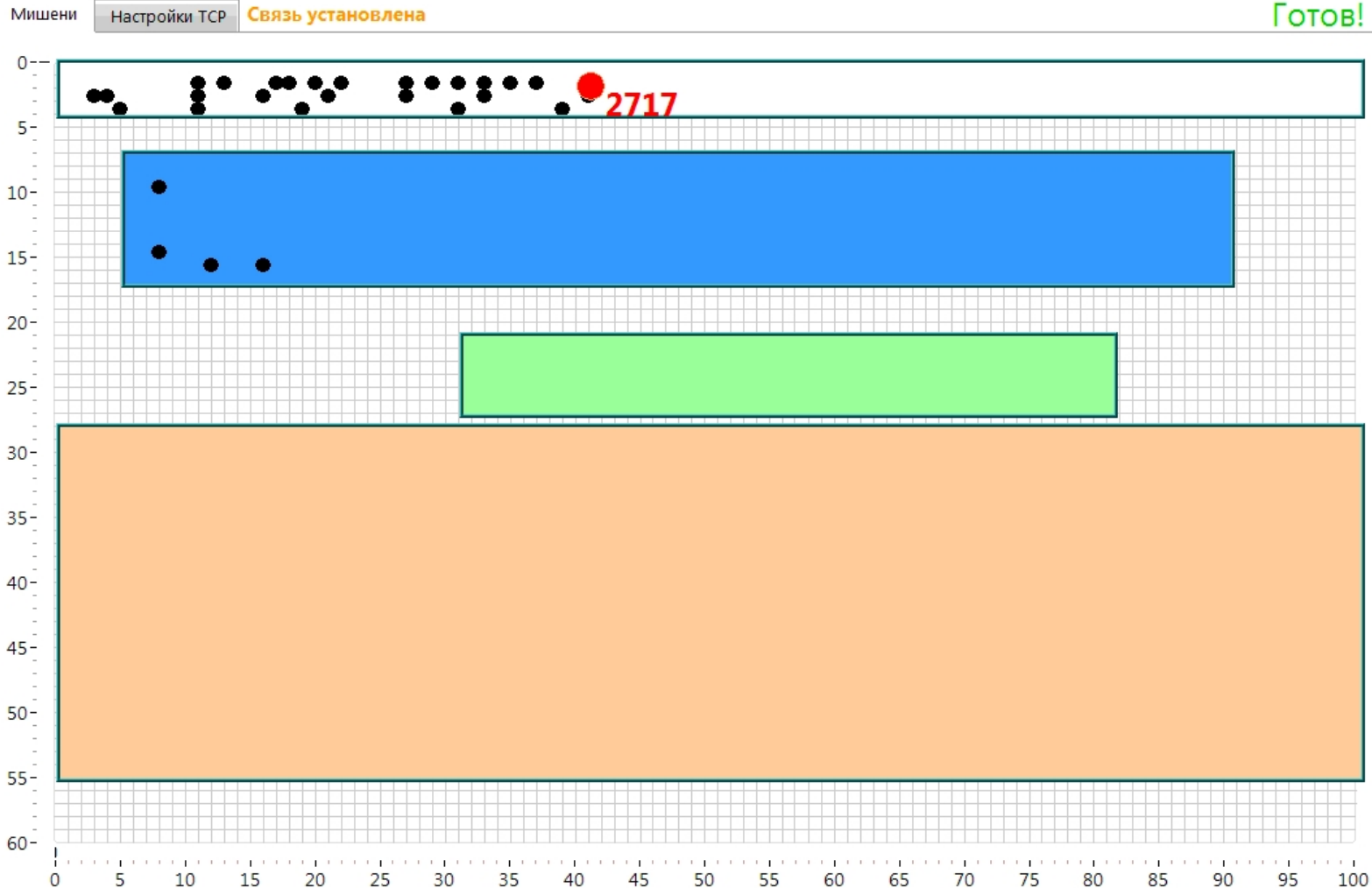
Донец Денис Евгеньевич



Образование: Высшее образование - специалитет, магистратура., специальность: конструирование и технология электронно-вычислительных средств `2018г.

Должности: Научно-экспериментальный отдел инъекции и кольца Нуклотрона, Сектор №3 электронно-лучевого источника ионов,
ведущий инженер

Мишень лазерного источника ионов



Ручное управление лазером в пределах выбранной мишени

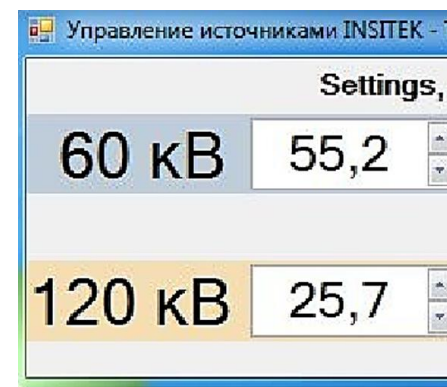
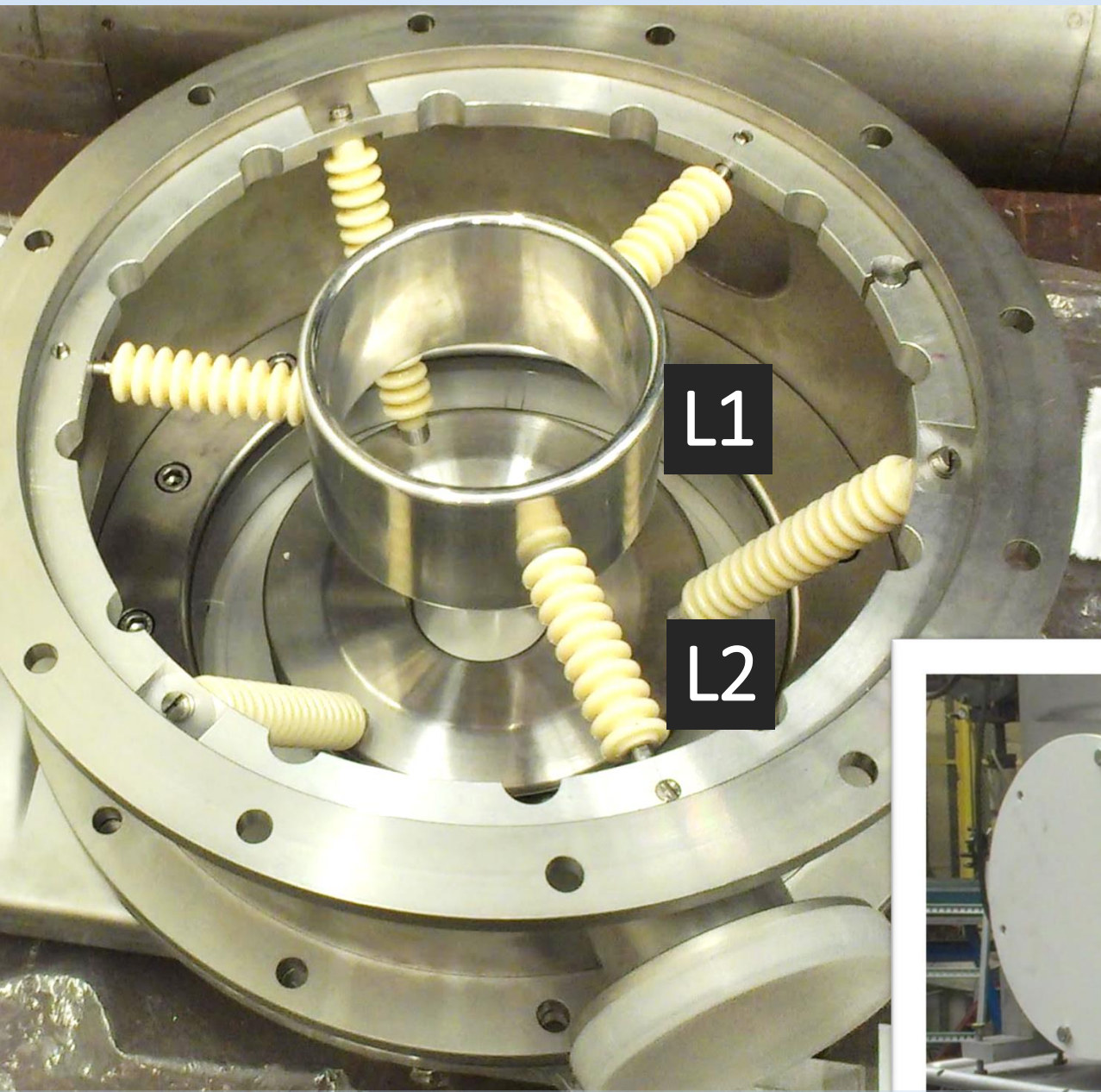


Текущая мишень:

Углерод1

Текущая конфигурация: C:\Users\u20-admin\Desktop\Управление мишенями 2.0\резерв настроек управления мишенью

Электростатические линзы LEVT



Электростатические линзы LEVT

Управление источниками INSITEK - Томск

	Settings, кВ		U out., кВ	I out., мА	Output		
60 кВ	55,2	Set U	55.1	0.2	ON	OFF	
120 кВ	25,7	Set U	25.6	0.4	ON	OFF	

MOXA IP 172.16.21.125

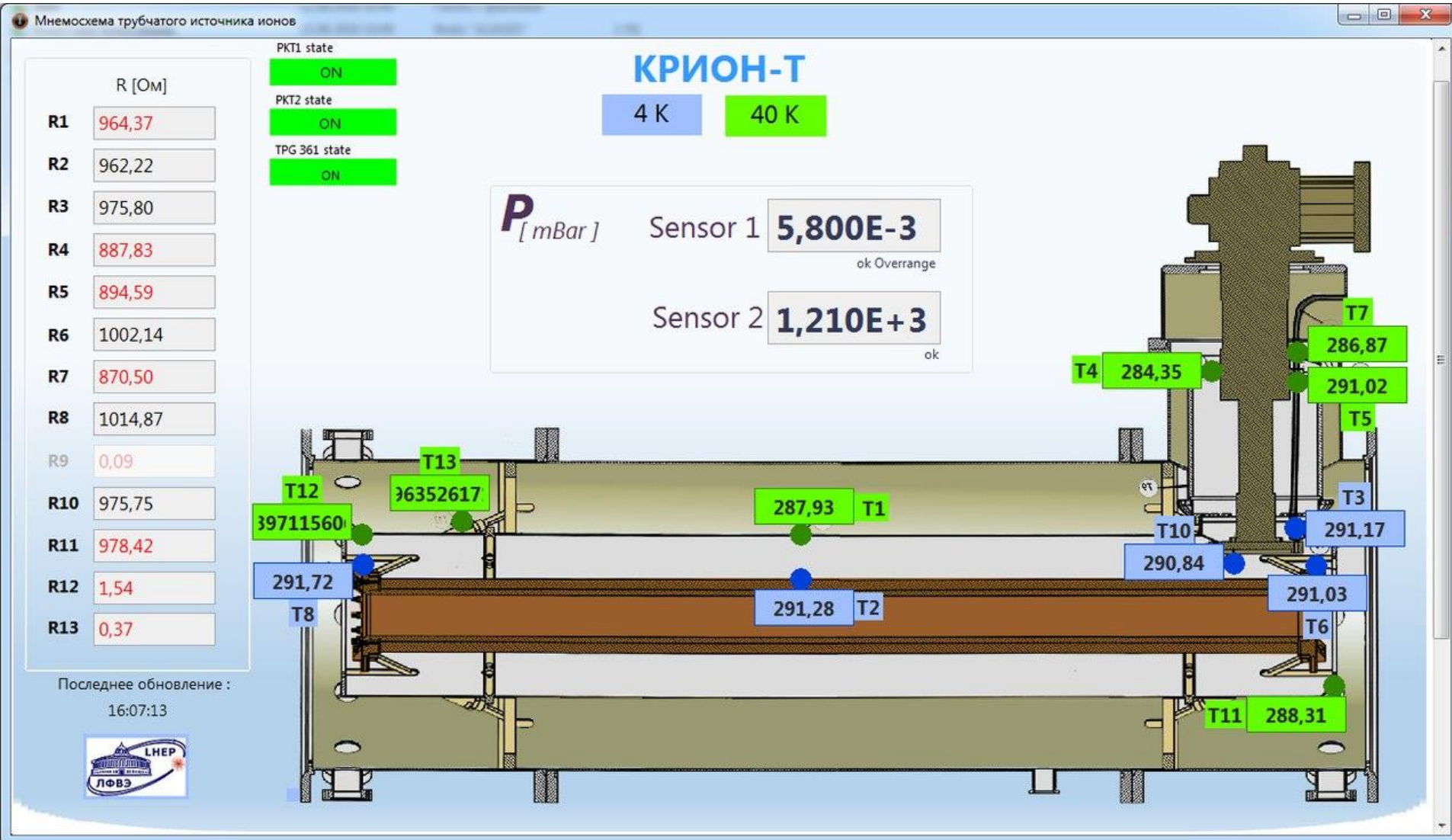


@Томск

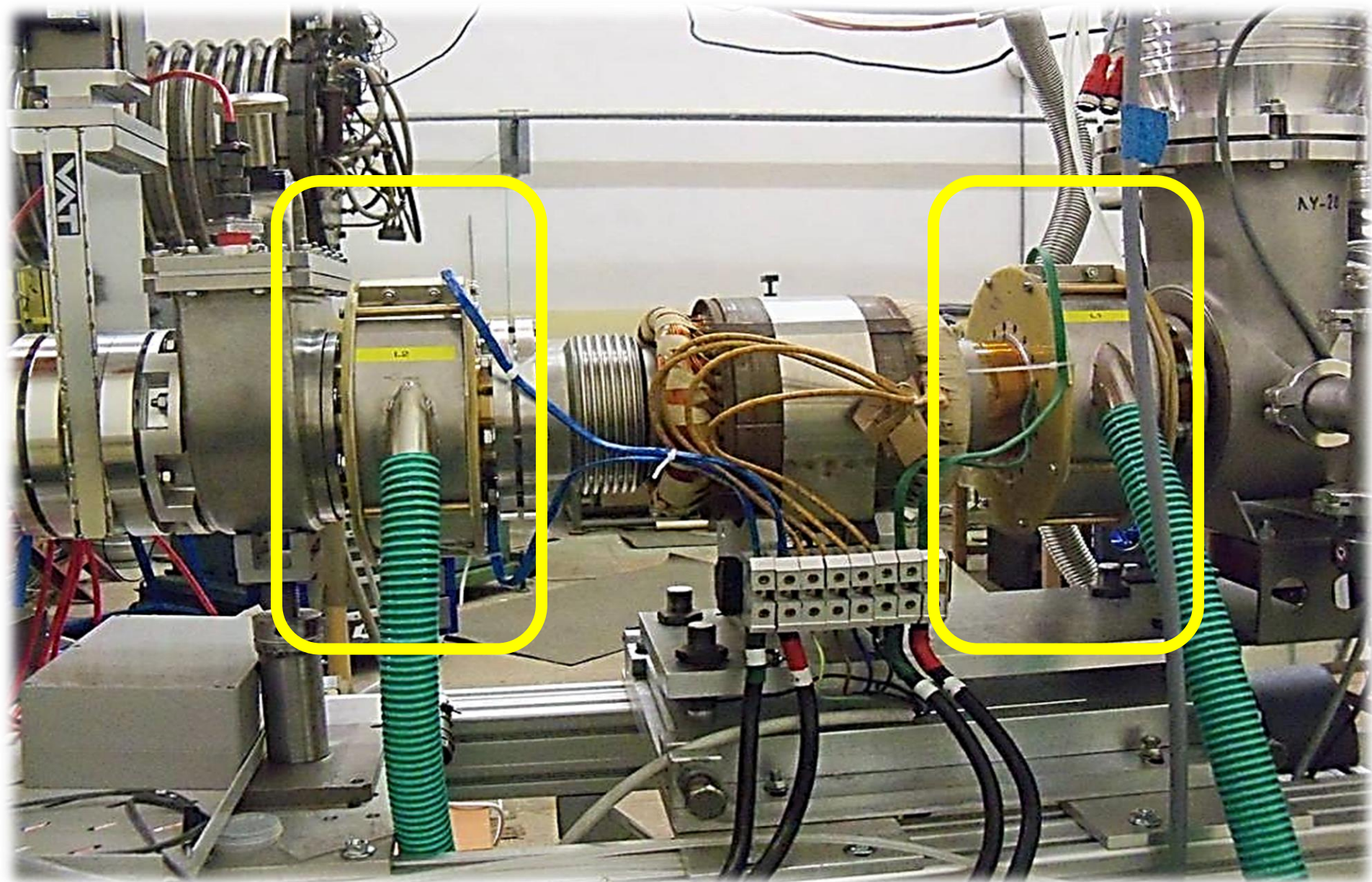
RS-485
Modbus
RTU



Мнемосхема источника ионов



Соленоидальные магнитные линзы



Соленоидальные магнитные линзы









ОптоСистемы

ИП701 @Троицк

The screenshot shows a software interface for controlling solenoid magnet power supplies. It consists of two windows, L1 and L2, each with a table of control parameters.

Set U, В	U out, В	Output
L1.1	300	293
Уст. U	ВКЛ.	ВЫКЛ.
Блокировка снята		

Set U, В	U out, В	Output
L2.1	1351	1013
Уст. U	ВКЛ.	ВЫКЛ.
Блокировка снята		

-  Охлаждение магнитов
-  Охлаждение линз
-  Питание линз
-  ЛЖФ
-  Модулятор RFQ
-  Журнал



 Охлаждение магнитов [Открыть отдельно](#)

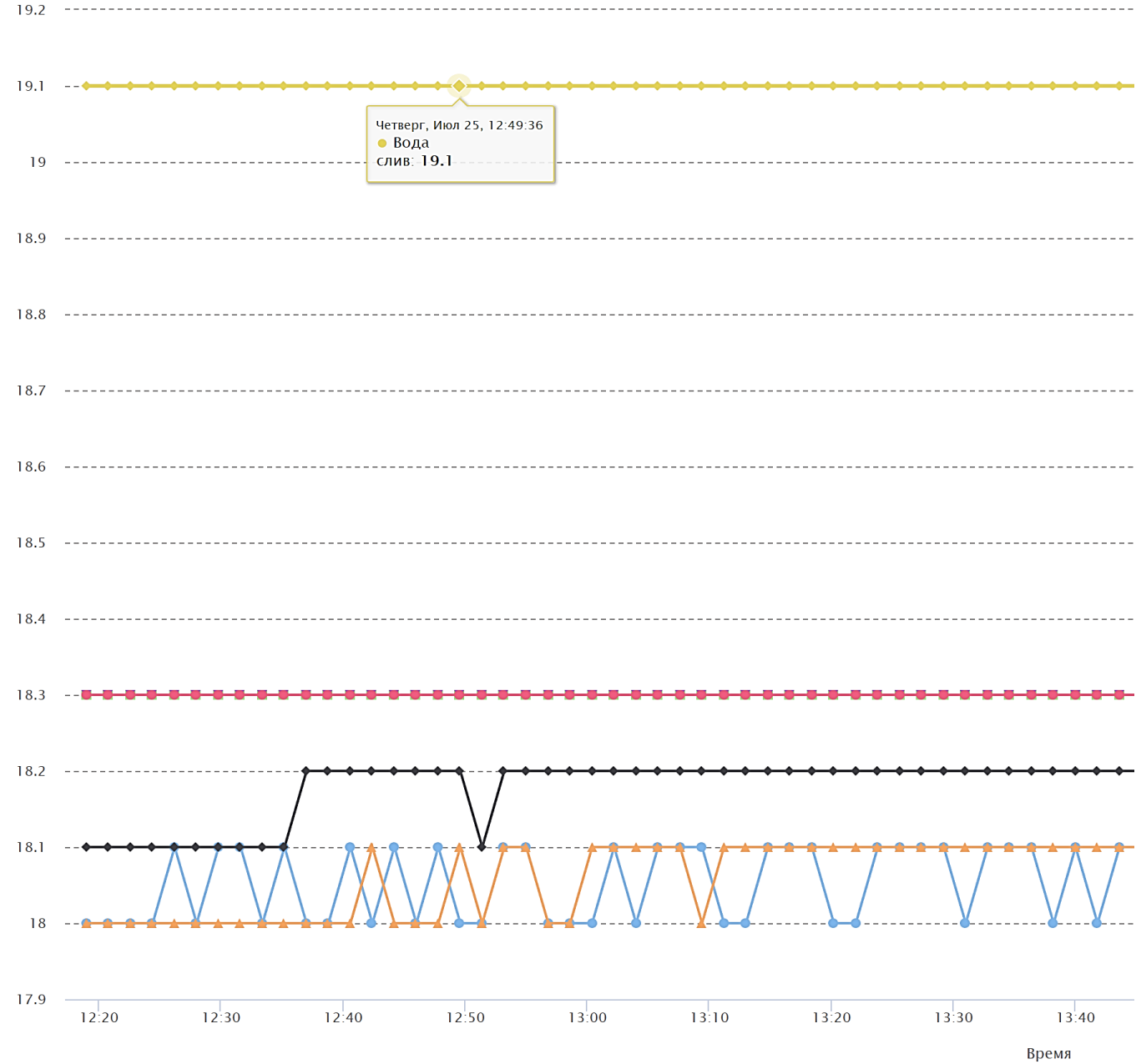
Данные по температуре обновились



Посмотреть данные за последние 6 часов



[Показать график](#)



Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Каналы
транспортировки

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны

ЛУ-20, 1974

Е инъекции протонов

600 кэВ

Е инъекции протонов

600 кэВ

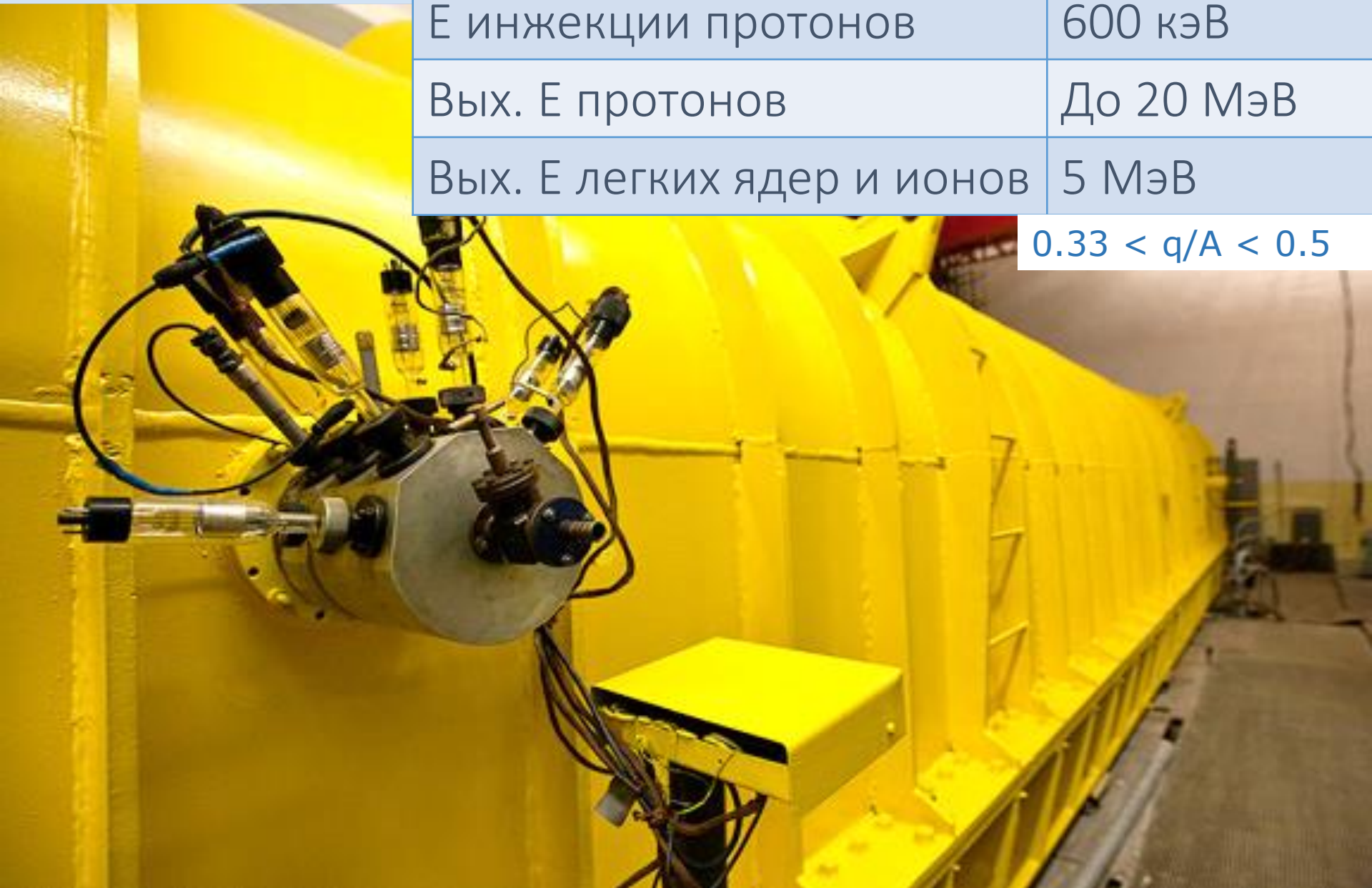
Вых. Е протонов

До 20 МэВ

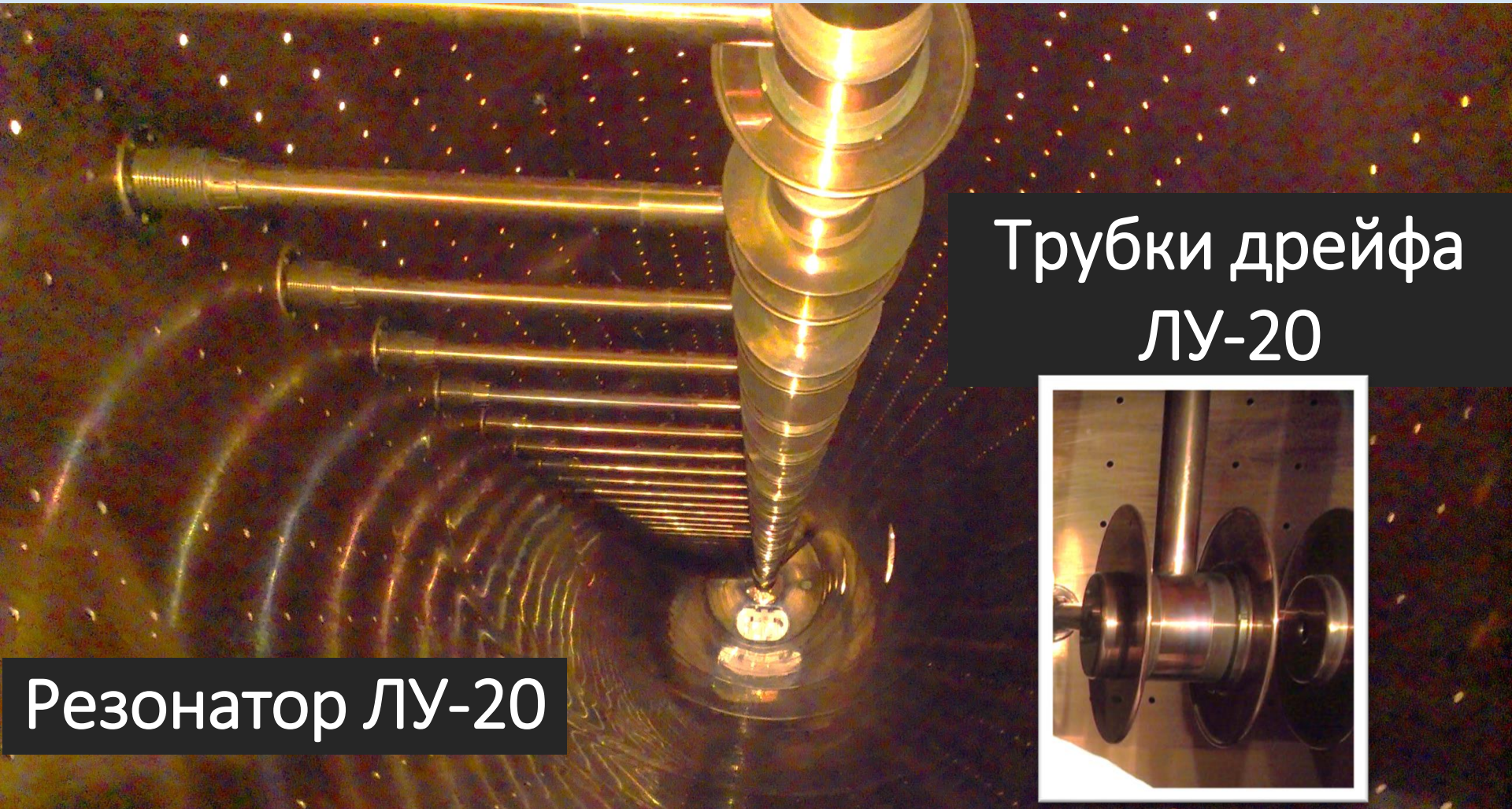
Вых. Е легких ядер и ионов

5 МэВ

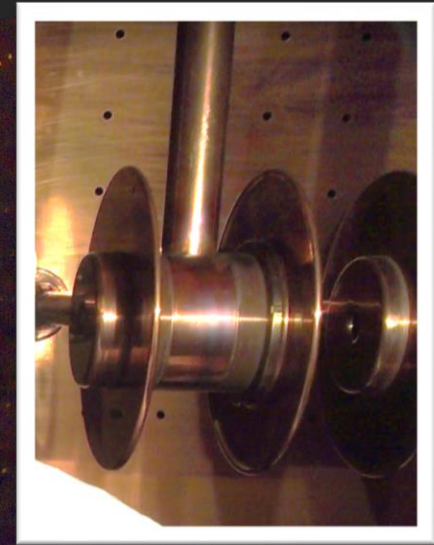
$0.33 < q/A < 0.5$



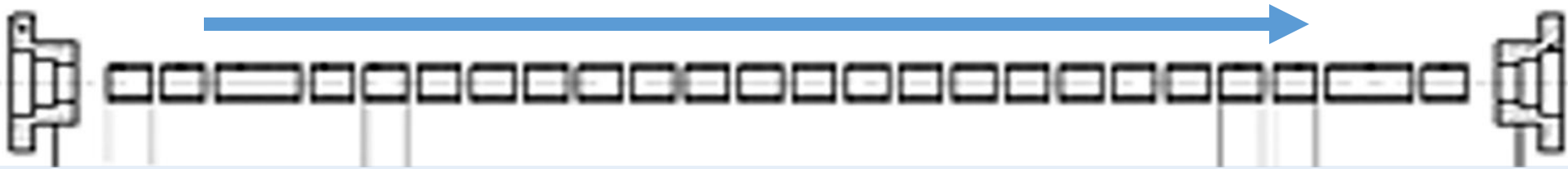
Трубки дрейфа ЛУ-20



Трубки дрейфа
ЛУ-20




Резонатор ЛУ-20




Источники питания магнитных линз ЛУ-20





№	I [A]	U [В]	Заданное U [В]	Заданный I [A]	Выход	Соед.
12	59.9	9.0	18.0	60.0	+	+
13	55.0	9.2	18.0	55.1	+	+
14	58.2	9.4	18.0	58.3	+	+
15	56.0	9.2	18.0	56.0	+	+
16	49.8	13.0	18.0	49.9	+	+
17	47.9	13.9	18.0	48.0	+	+
18	45.0	12.7	18.0	45.0	+	+
19	41.9	12.4	18.0	42.0	+	+
20	33.9	9.7	18.0	34.0	+	+
21	30.9	9.2	18.0	31.0	+	+
22	35.0	9.8	18.0	36.0	+	+
23	31.9	9.4	18.0	32.0	+	+
24	31.9	9.6	18.0	32.0	+	+
25	33.4	10.4	18.0	33.5	+	+
26	36.6	11.5	18.0	36.7	+	+
27	31.0	10.1	18.0	31.0	+	+
28	31.9	9.7	18.0	32.0	+	+
29	29.9	9.2	18.0	30.0	+	+
30	29.3	9.8	18.0	29.4	+	+
31	23.9	7.8	18.0	24.0	+	+
32	29.9	12.1	18.0	30.0	+	+
33	31.4	13.2	18.0	31.5	+	+
34	34.5	15.4	18.0	34.6	+	+
35	33.9	15.3	18.0	34.0	+	+
36	27.7	12.7	18.0	27.8	+	+
37	28.9	12.6	18.0	29.0	+	+
38	28.7	13.4	18.0	28.8	+	+
39	32.8	15.6	18.0	32.8	+	+
40	27.9	13.1	18.0	28.0	+	+
41	24.7	11.2	18.0	24.8	+	+
42	25.7	12.1	18.0	25.8	+	+
43	27.9	14.7	18.0	28.0	+	+
44	31.5	16.6	18.0	31.5	+	+
45	27.7	14.1	18.0	27.8	+	+
46	27.8	14.6	18.0	27.8	+	+
47	27.6	15.7	18.0	27.7	+	+
48	28.3	16.3	18.0	28.4	+	+
49	26.2	14.7	18.0	26.3	+	+
50	25.7	14.3	18.0	25.8	+	+
51	24.7	13.9	18.0	24.8	+	+
52	21.7	12.1	18.0	21.8	+	+
53	22.3	12.9	18.0	22.4	+	+
54	18.7	10.5	18.0	18.8	+	+
55	22.7	13.2	18.0	22.8	+	+
56	17.8	10.1	18.0	17.9	+	+

Сохранить конфигурацию 

Загрузить конфигурацию 

ВСЕ ИСТОЧНИКИ

Подключить к сети 

Отключить от сети 

Увеличить I  1,5 %


Уменьшить I 


ВЫХОДЫ ИСТОЧНИКОВ





ВКЛЮЧЕНЫ

ИСТОЧНИК № 21

Подключить к сети 

Отключить от сети 

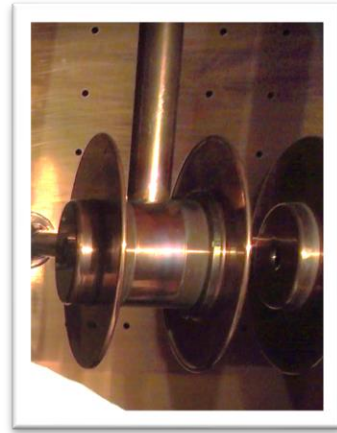
31  Задать ТОК I

18  Задать НАПРЯЖЕНИЕ U

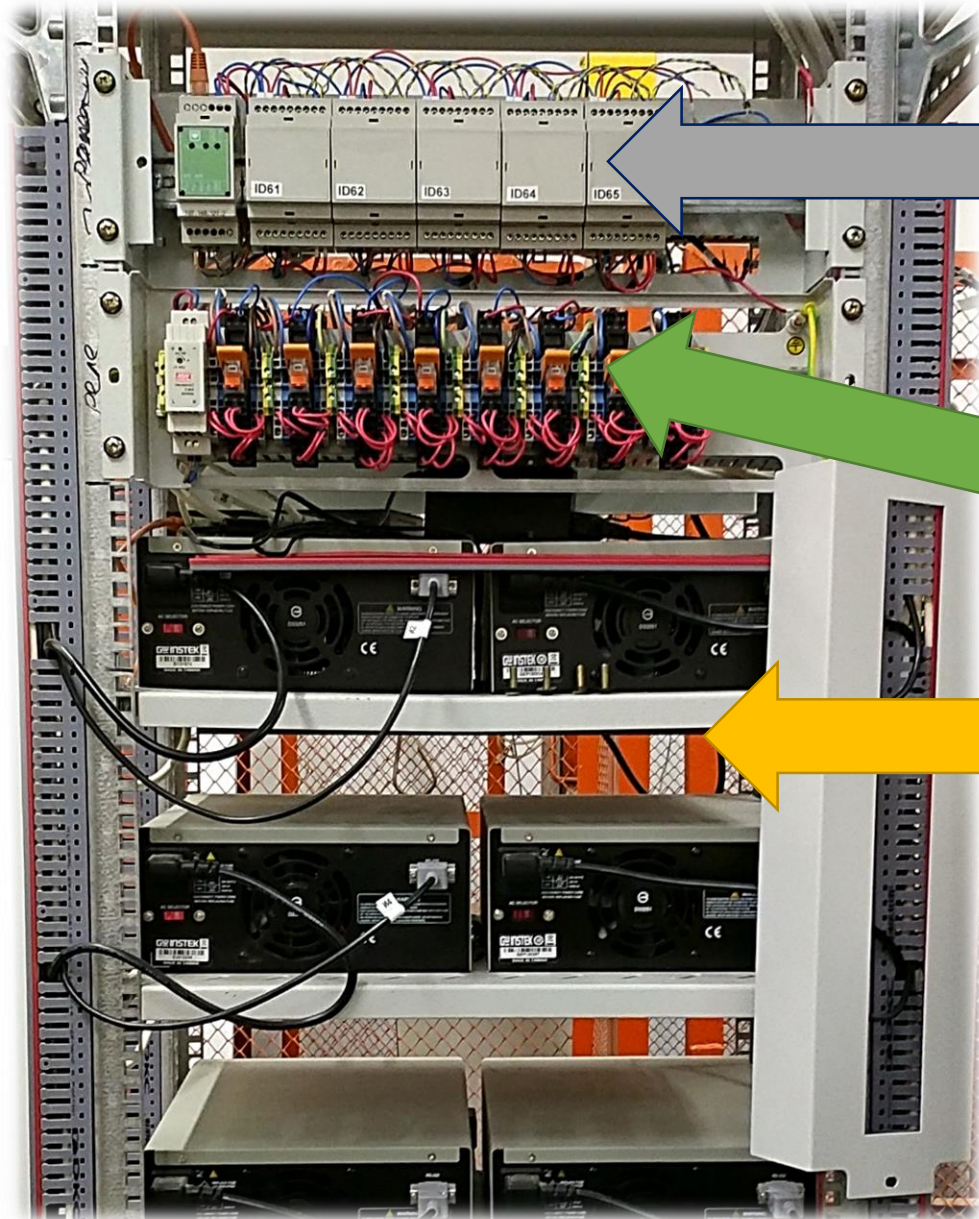
Вкл. ВЫХОД 

Выкл. ВЫХОД 





Питание корректоров ЛУ-20: шкаф

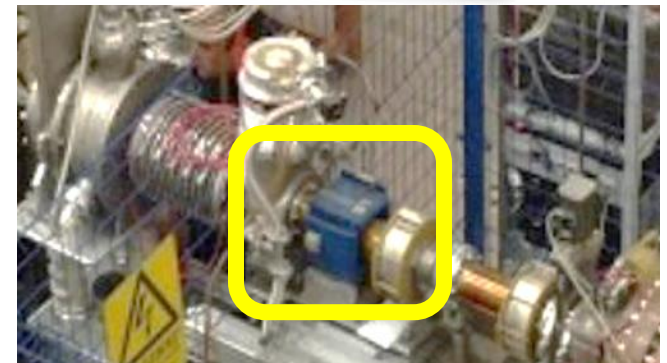


PSP-Modbus

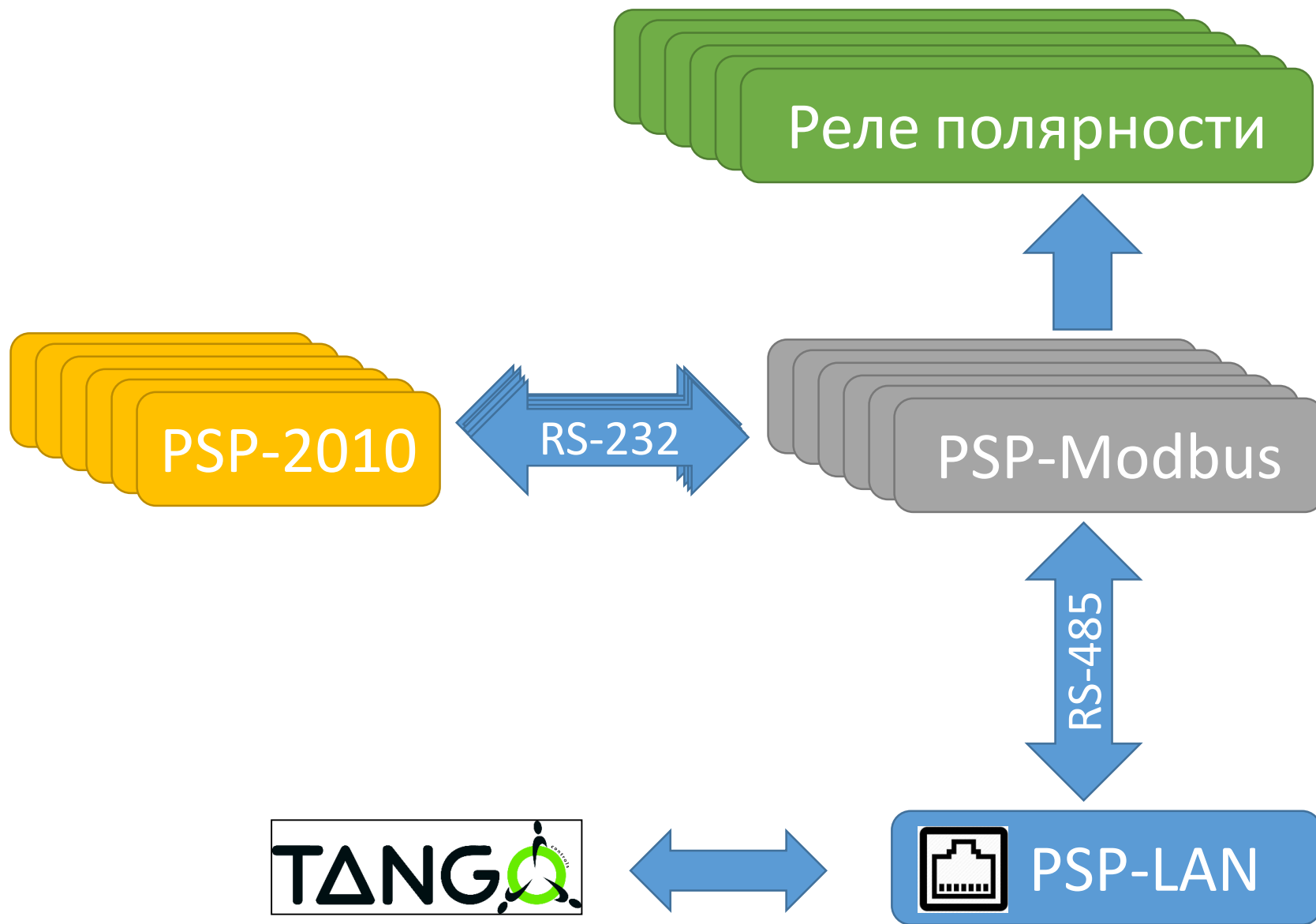


PSP-LAN

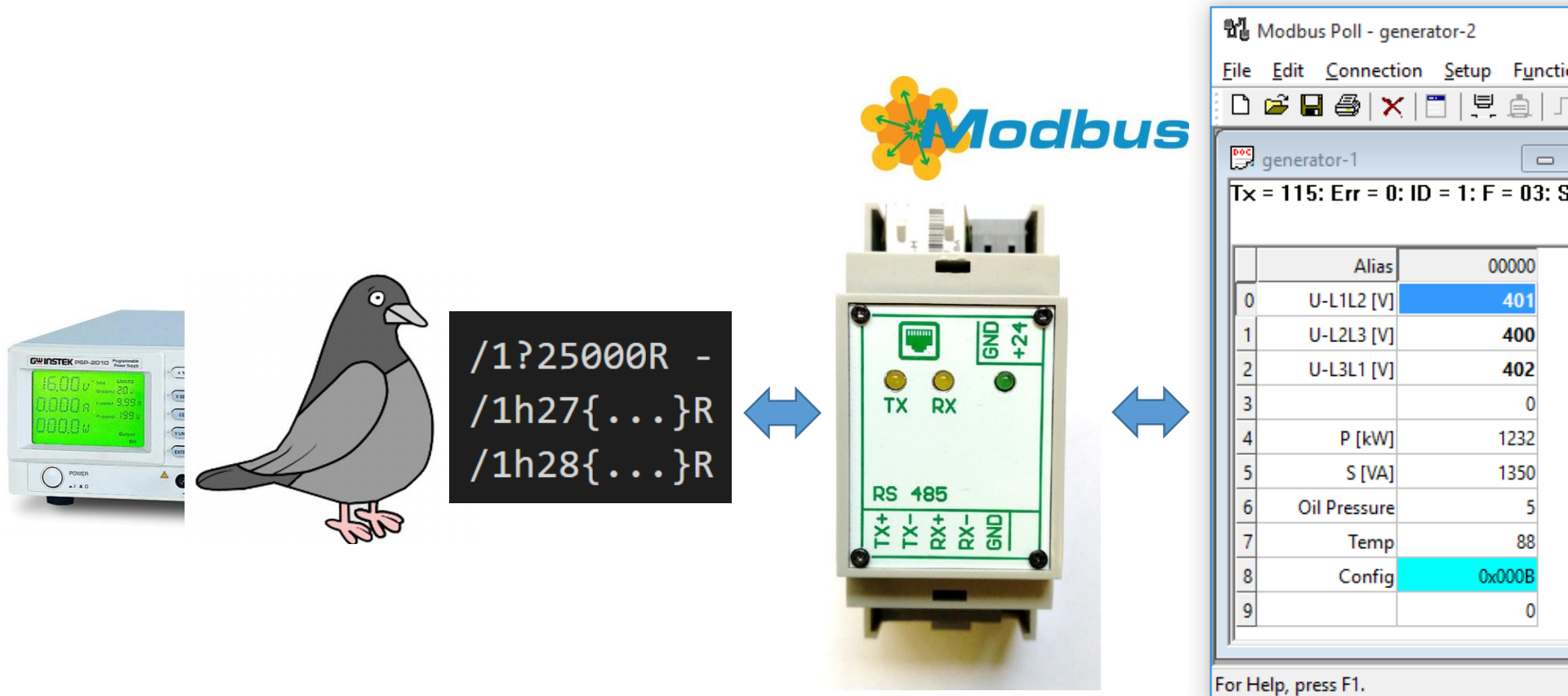
Реле полярности



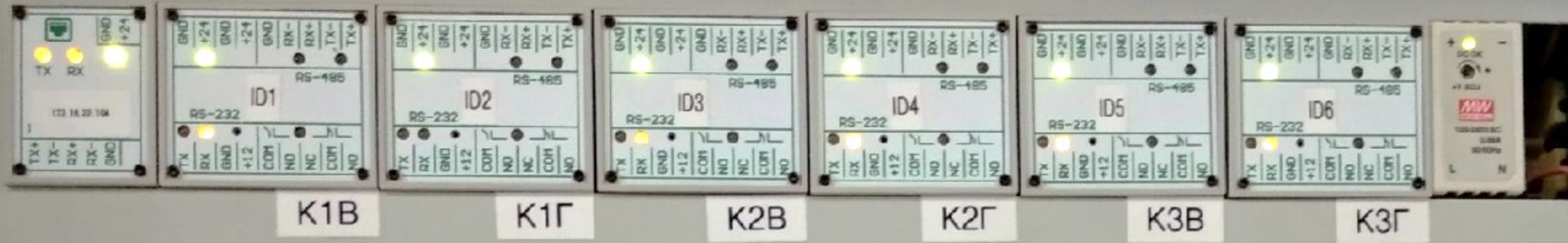
Питание корректоров ЛУ-20: схема



«Птичий» протокол в Modbus



Питание корректоров – блоки управления



Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Каналы
транспортировки

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны

Линейный ускоритель тяжелых ионов

Е инъекции ионов

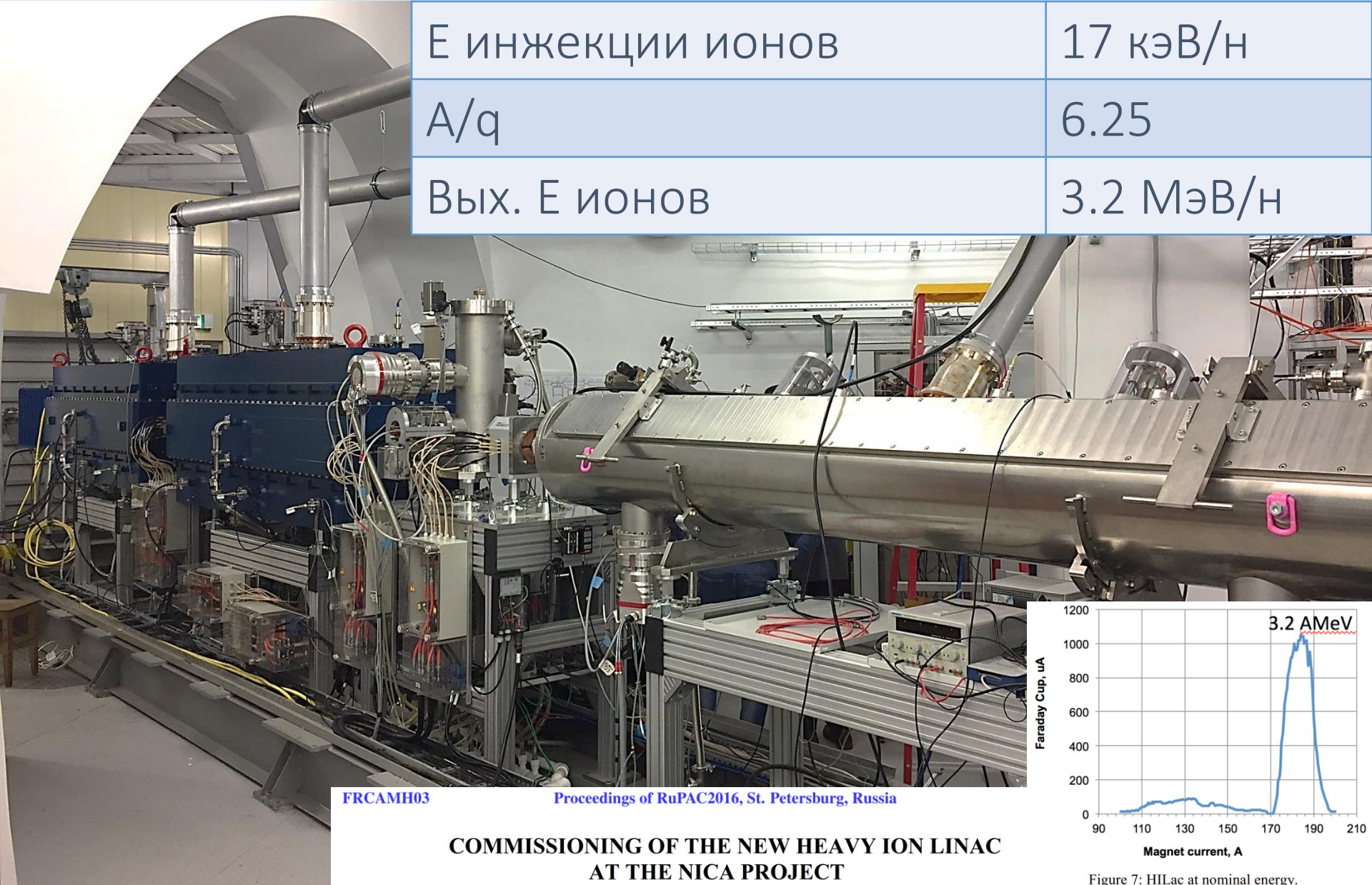
17 кэВ/н

A/q

6.25

Вых. Е ионов

3.2 МэВ/н



FRCAMH03

Proceedings of RuPAC2016, St. Petersburg, Russia

**COMMISSIONING OF THE NEW HEAVY ION LINAC
AT THE NICA PROJECT**

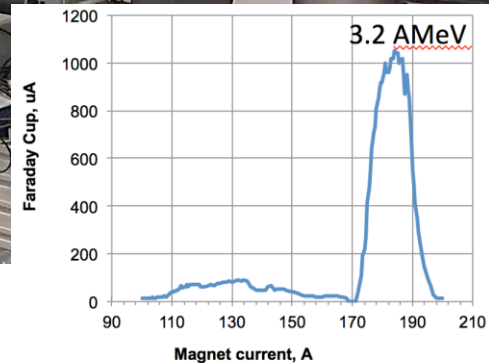
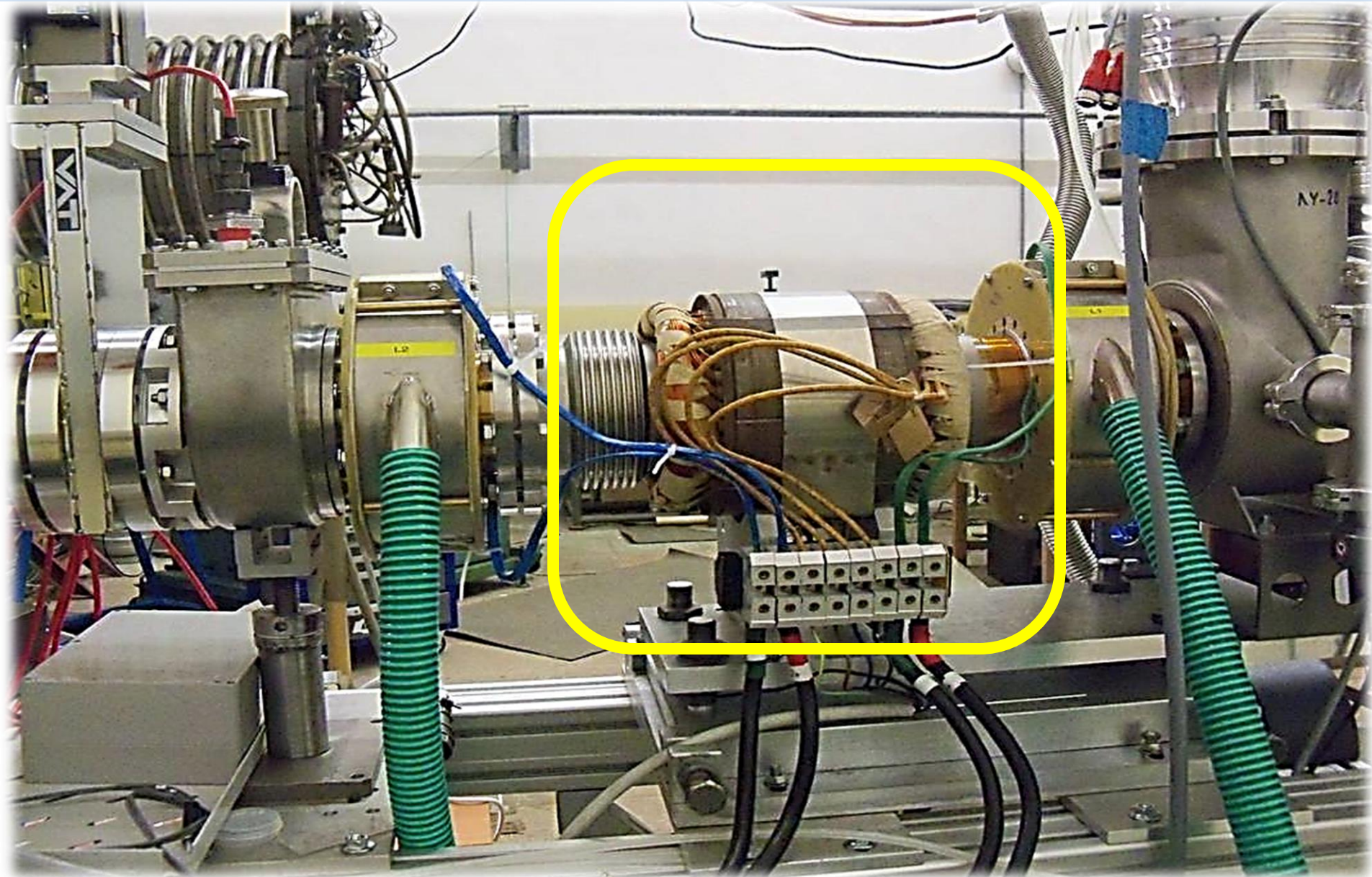


Figure 7: HILac at nominal energy.



Магнитный корректор ЛЕВТ ЛУТИ



Магнитный корректор LEVT и MEVT HILAC

GW INSTEK PSW 3072



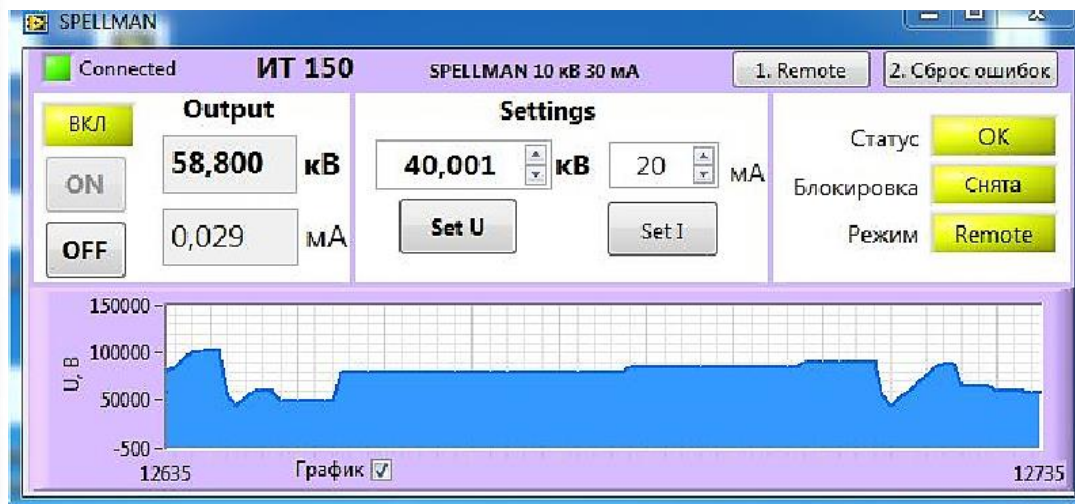
УПРАВЛЕНИЕ КОРРЕКТОРОМ LEVT HILAC

LEVT HILAC corrector supply			
Settings	Out	Settings	Out
<input checked="" type="checkbox"/> Connected	<input checked="" type="checkbox"/> Connected		
ON	1,251 A	ON	0,301 A
OFF	Set I	OFF	Set I
	7.1 V		1.7 V
Horizontal corrector voltage		Vertical corrector voltage	
0,0 V	Set U	0,0 V	Set U
Horizontal		Vertical	

Источник зарядного напряжения для высоковольтного импульсного генератора ИТ-150М



Разработан консультантом при дирекции ЛФВЭ
В. А. Мончинским



Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

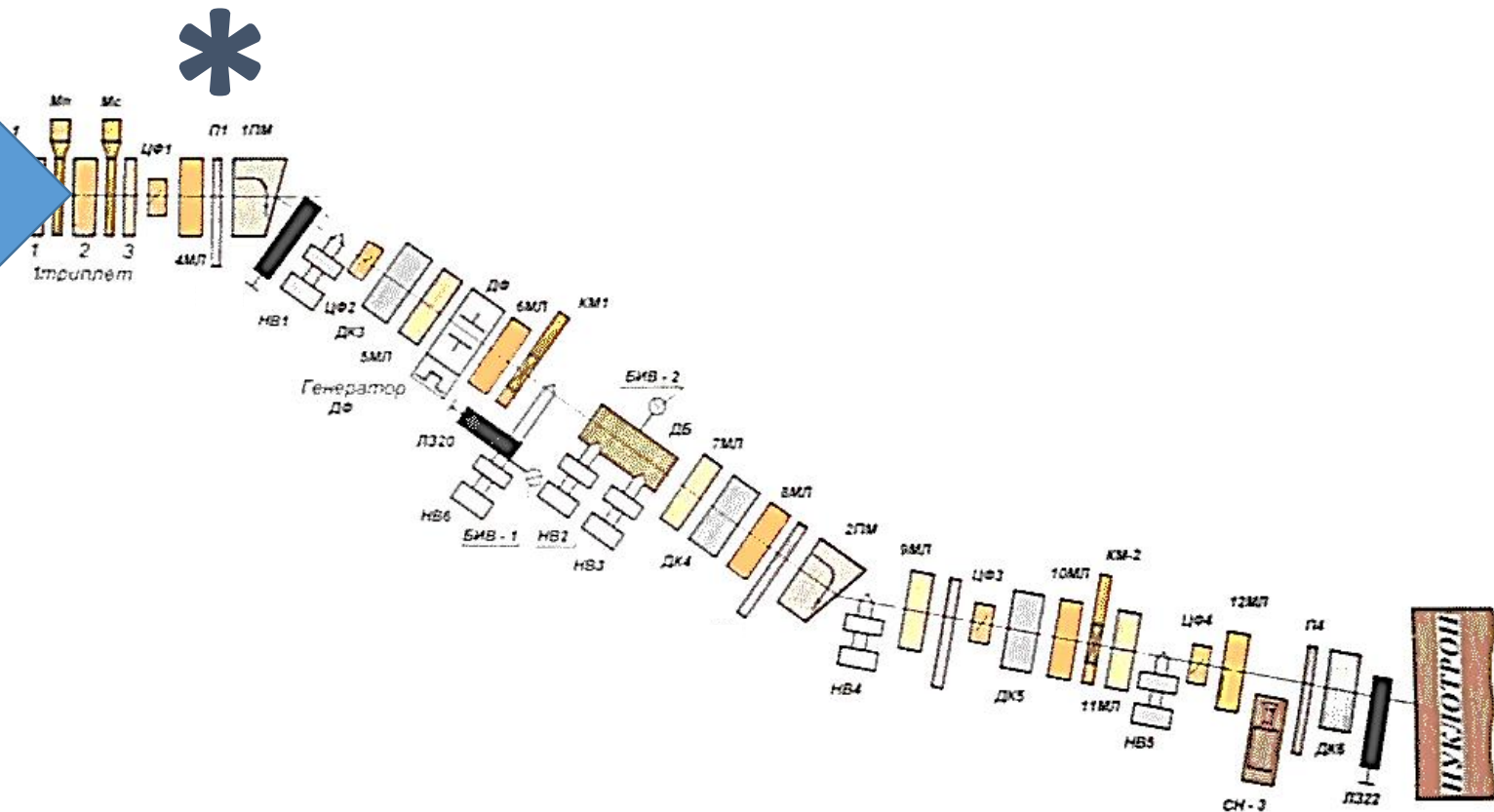
Канал
ЛУ-20 => Нуклотрон

Форинжектор

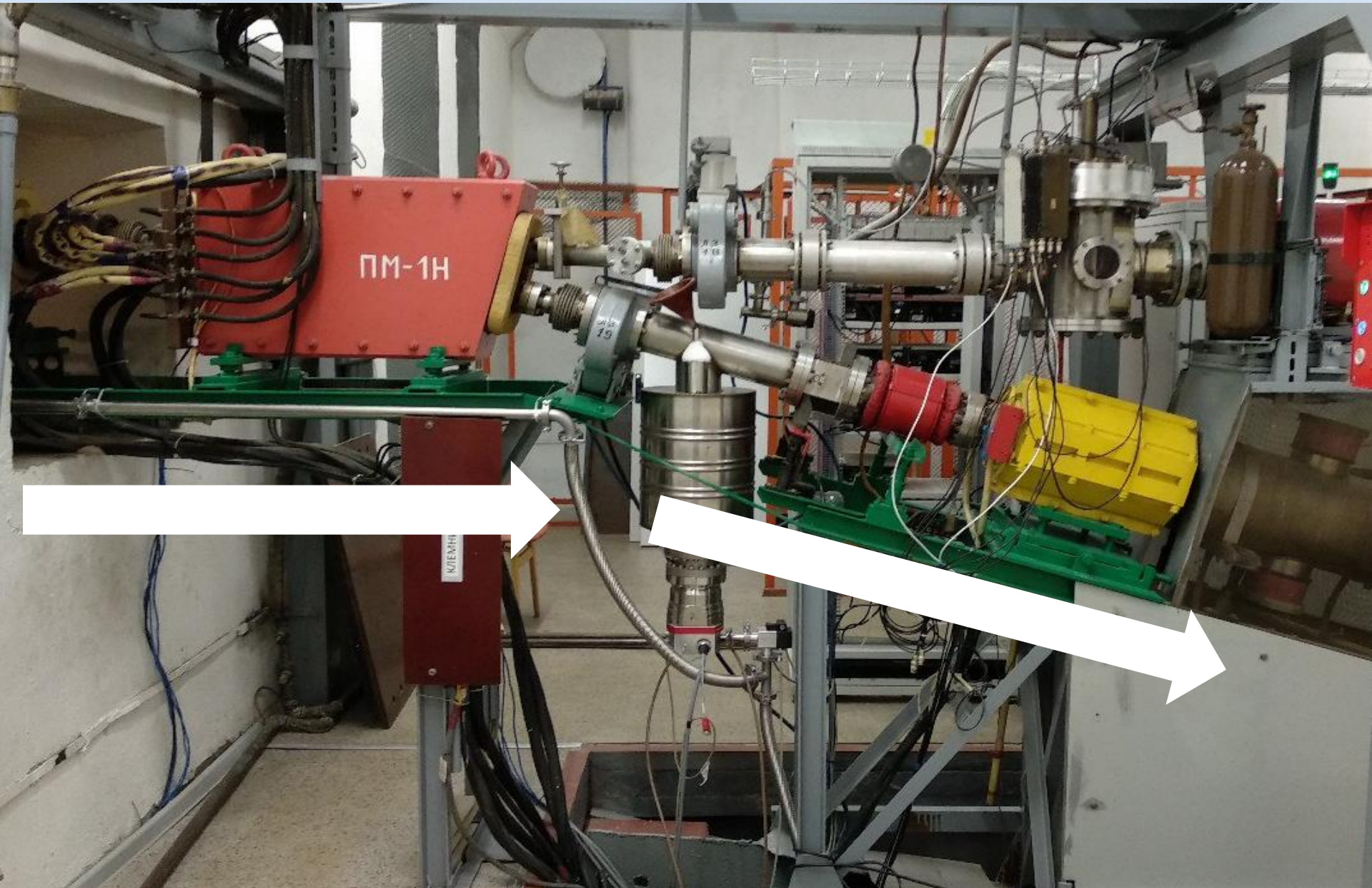
Легкие ионы и
поляриз. протоны

Канал инжекции в «Нуклотрон»

Ion source
+ LINAC



Канал инъекции в «Нуклотрон»



Шкаф управления ИП дипольных корректоров



УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ КОРРЕКТОРОВ ПУЧКА ЛУ-20

	I [A]	U [V]	Нагрузка
<u>ВДК-ФИ</u>	-	-	-
<u>ГДК-ФИ</u>	-	-	-
<u>ВДК-1</u>	-	-	-
<u>ГДК-1</u>	-	-	-
<u>ВДК-6</u>	-	-	-
<u>ГДК-6</u>	-	-	-

ВДК-1

0,00 A

0 V

Ограничение

УСТАНОВИТЬ

Конфигурация

Загрузить

Применить

Сохранить

11:43:54
13.03.2018

Проверьте подключение источников:
ВДК-ФИ ГДК-ФИ ВДК-1 ГДК-1 ВДК-6 ГДК-6

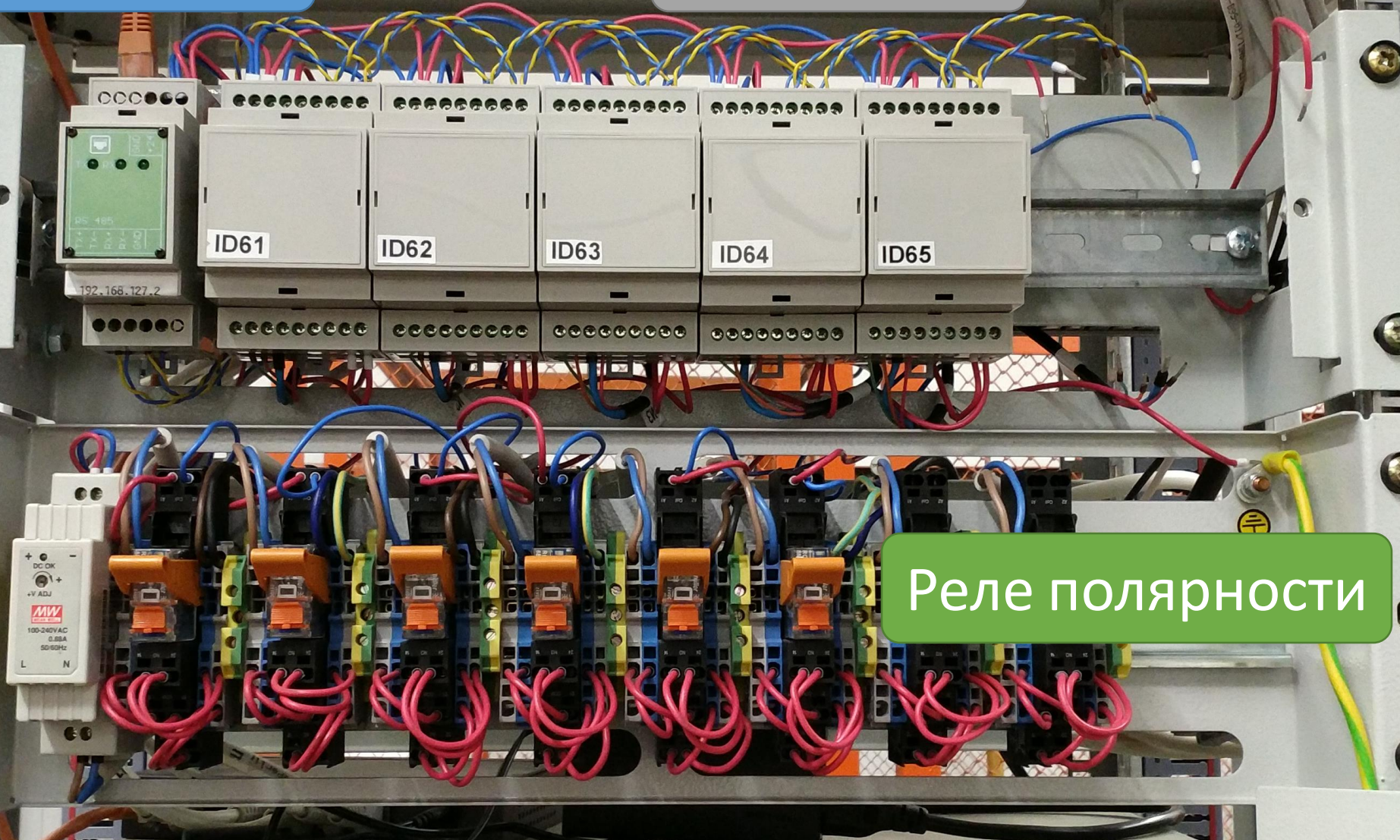


Питание корректоров – блоки управления



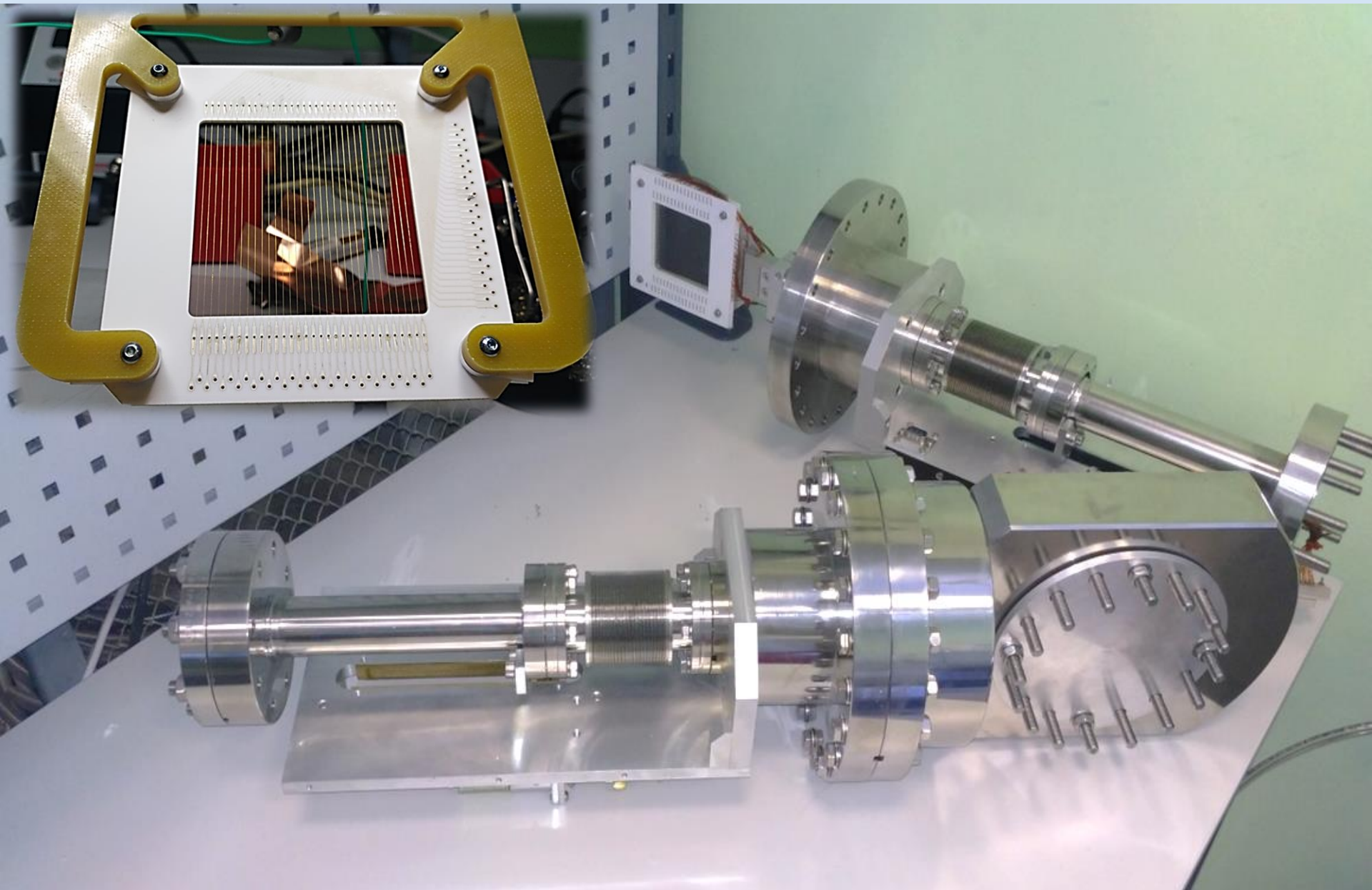
PSP-LAN

PSP-Modbus



Реле полярности

Измерения профилей пучка

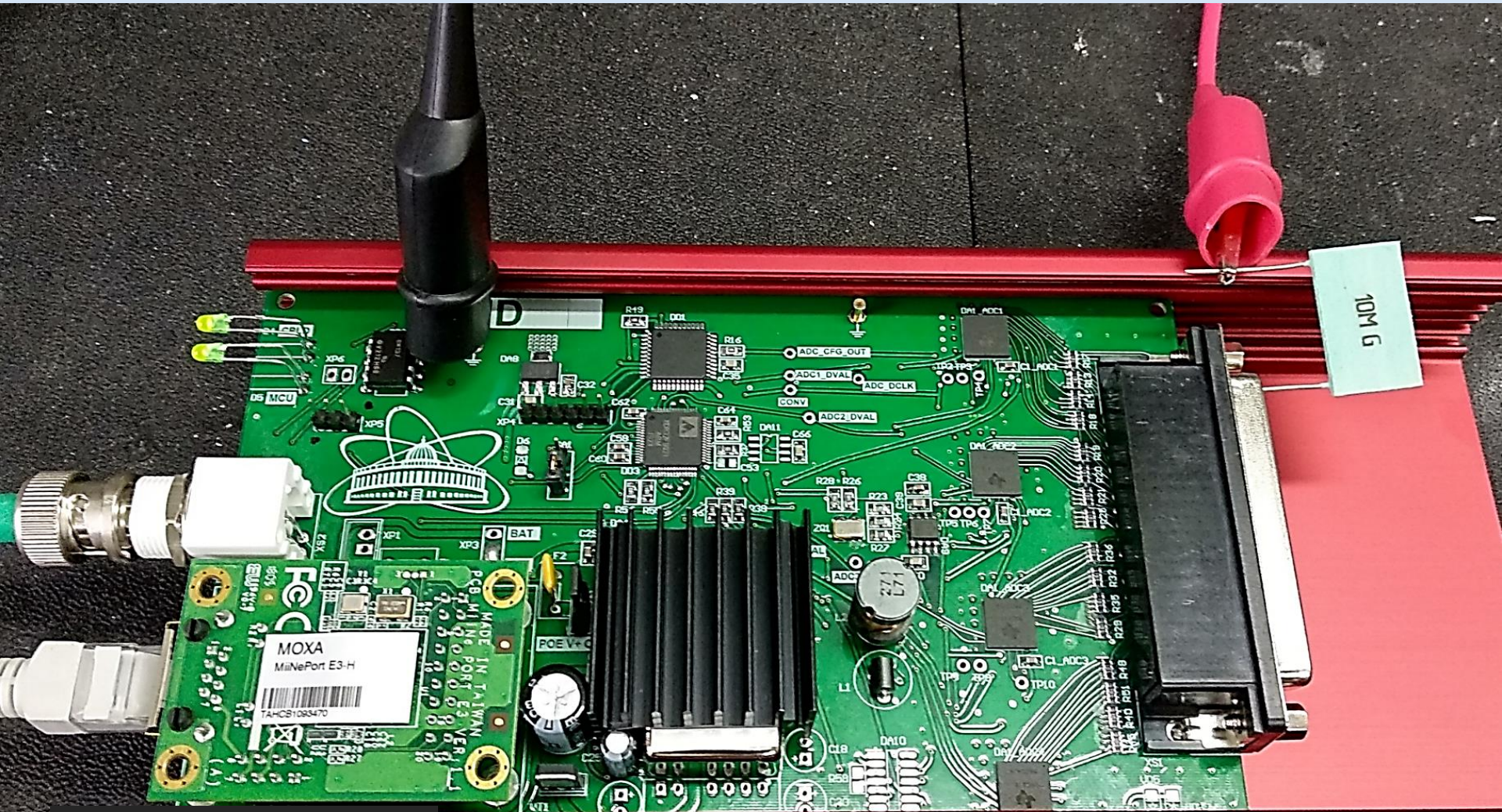


Измеритель профиля пучка BPM v1.42



Параметр	Значение
Диапазон измерений	12 pC
Число каналов	42 или 64
Мин. t интегрирования	10 мкс
Разрядность АЦП	14 бит
Питание	PoE
Размеры	EuroCard 3U 8HP

BPM v1.64

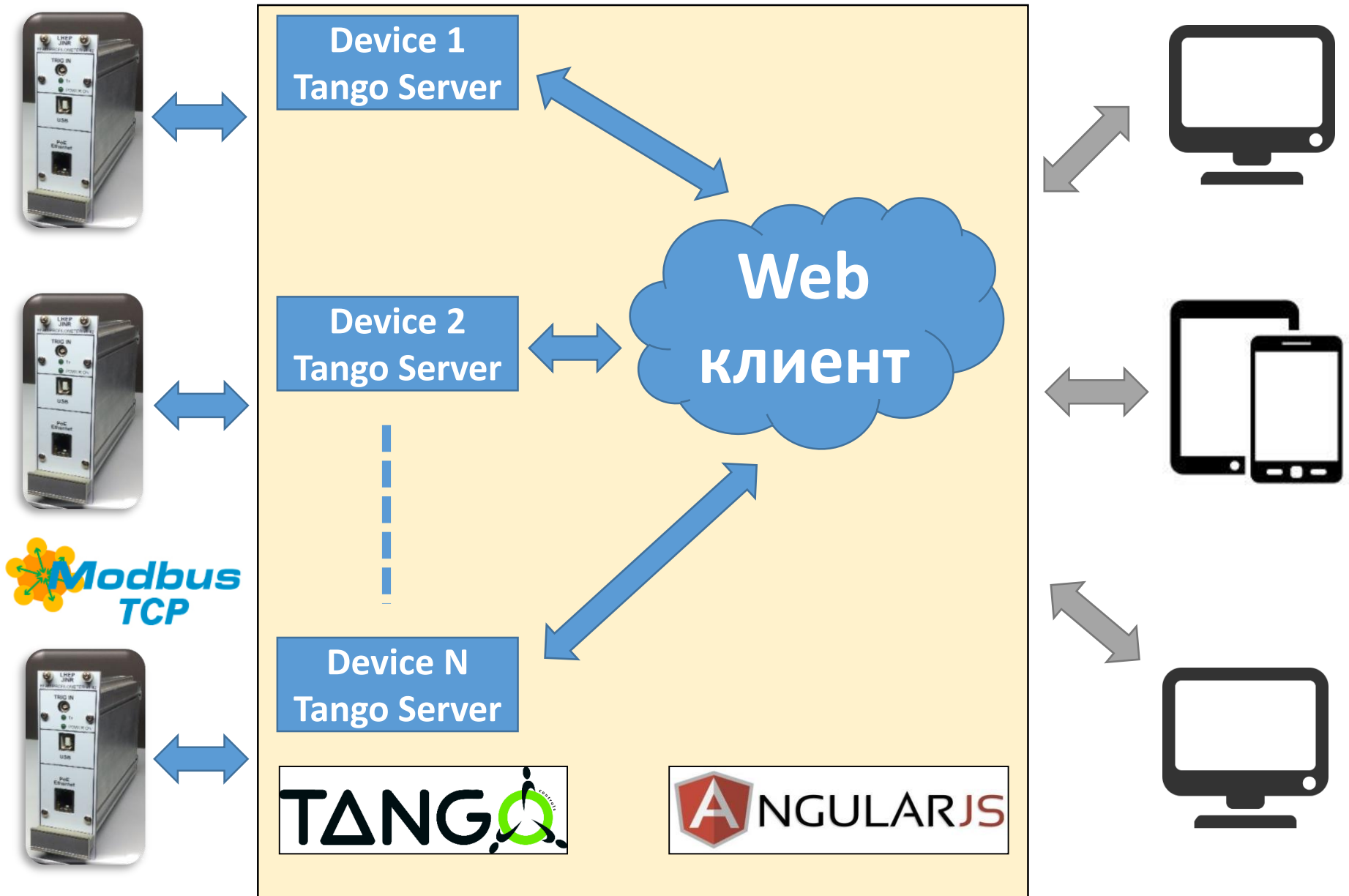


Запуск &
Ethernet + PoE

Управление

QDC

Структурная схема



Web интерфейс

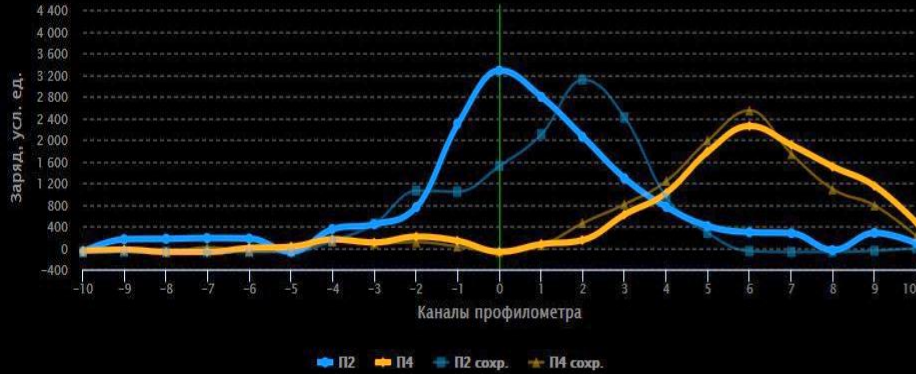
Цикл: 22:03:19 Период 12 сек

Профили инъекции

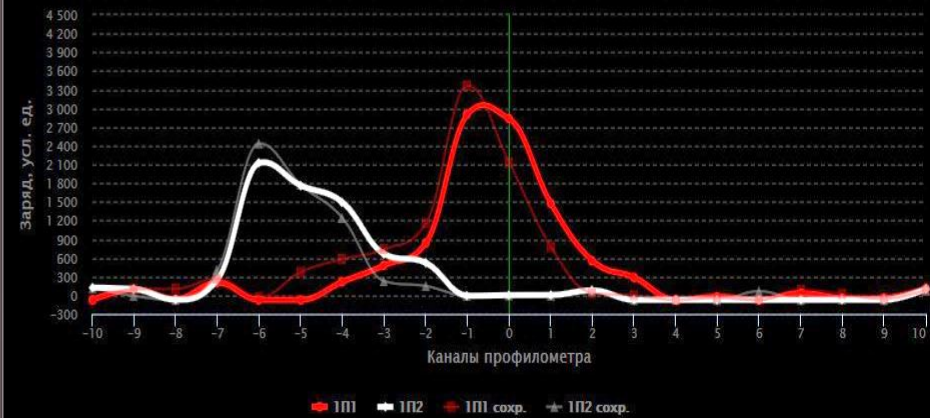
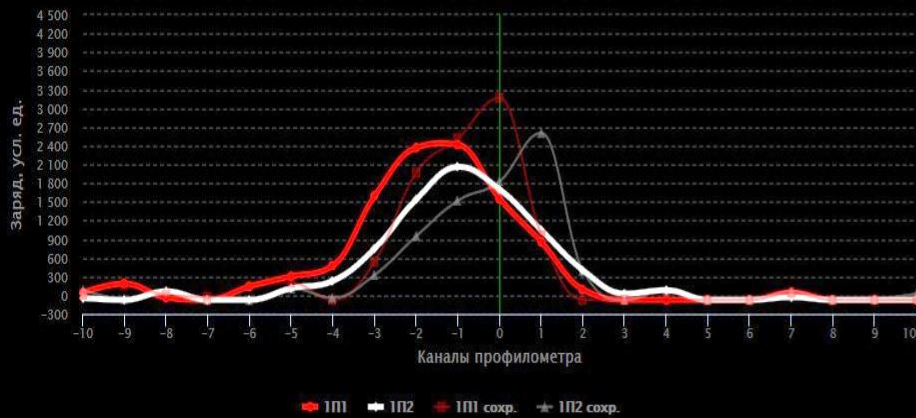
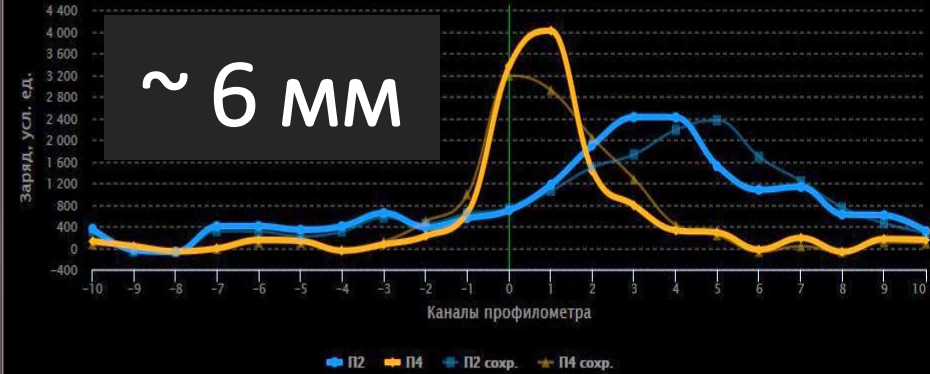
Статус: чтение данных...

Настройки профилометров

Профили X



Профили Y



Ar 16+ ~ 500 мкА

Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Канал
ЛУТИ => БУСТЕР

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны

Структура канала ЛУТИ - Бустер

2 x дипольных магнита

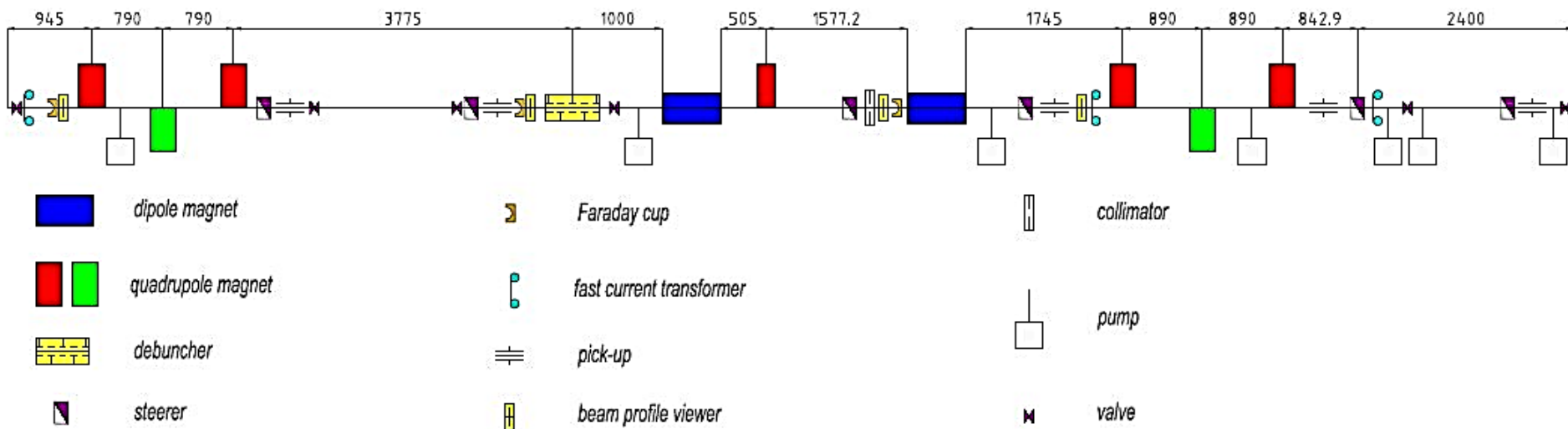
7 x квадрупольных линз

6 x дипольных корректоров

4 x

профилометра

синхронизация



HILAC - Booster transport channel



квадруполи

корректор

профилометр

пов. магнит

синхронизация

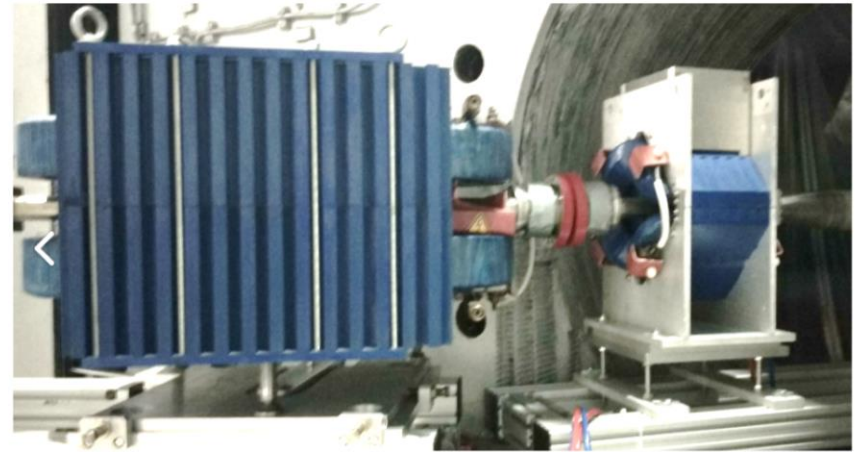
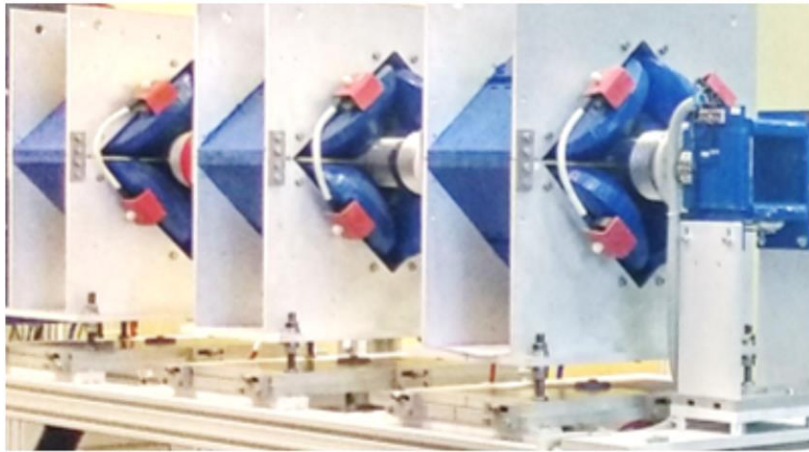
удаленное упр.

запуск

26.07.19

Магнитные элементы

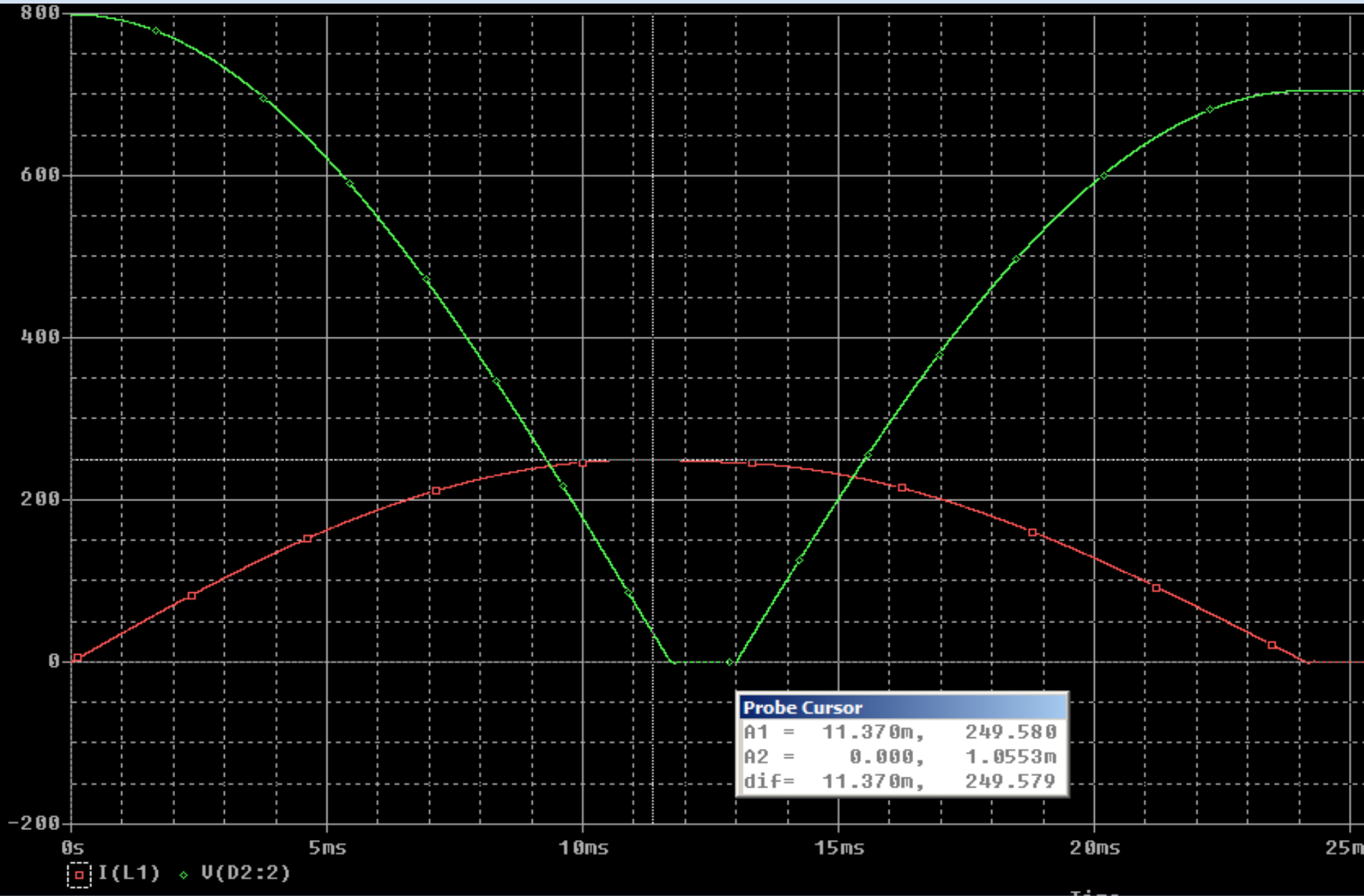
	value	stability
Dipole magnets	450 A	± 0.15 mA
Quadrupole lenses	230 A	± 1 mA
Dipole correctors	20 A	± 10 mA



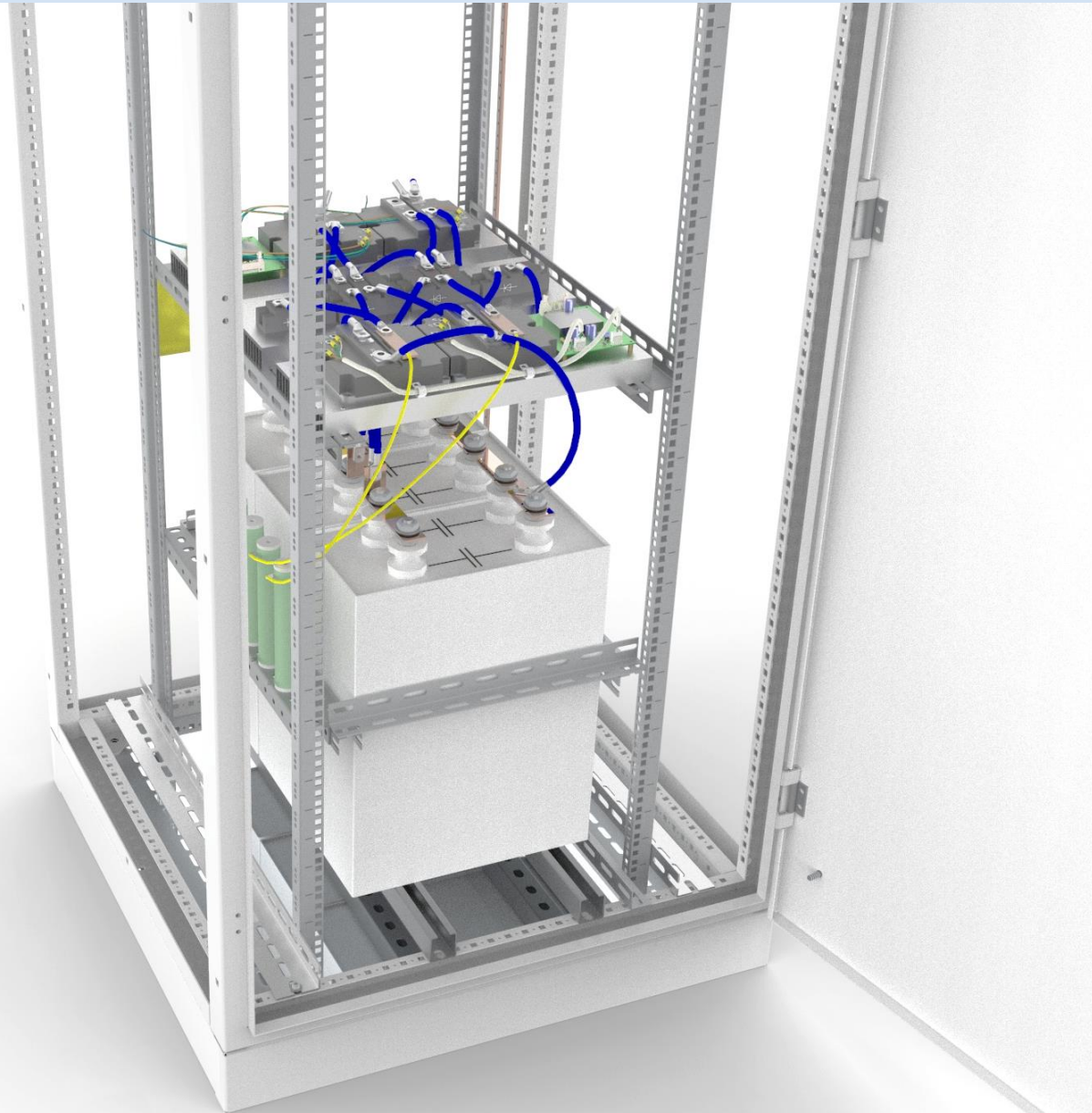
ИП квадруполей



Моделирование



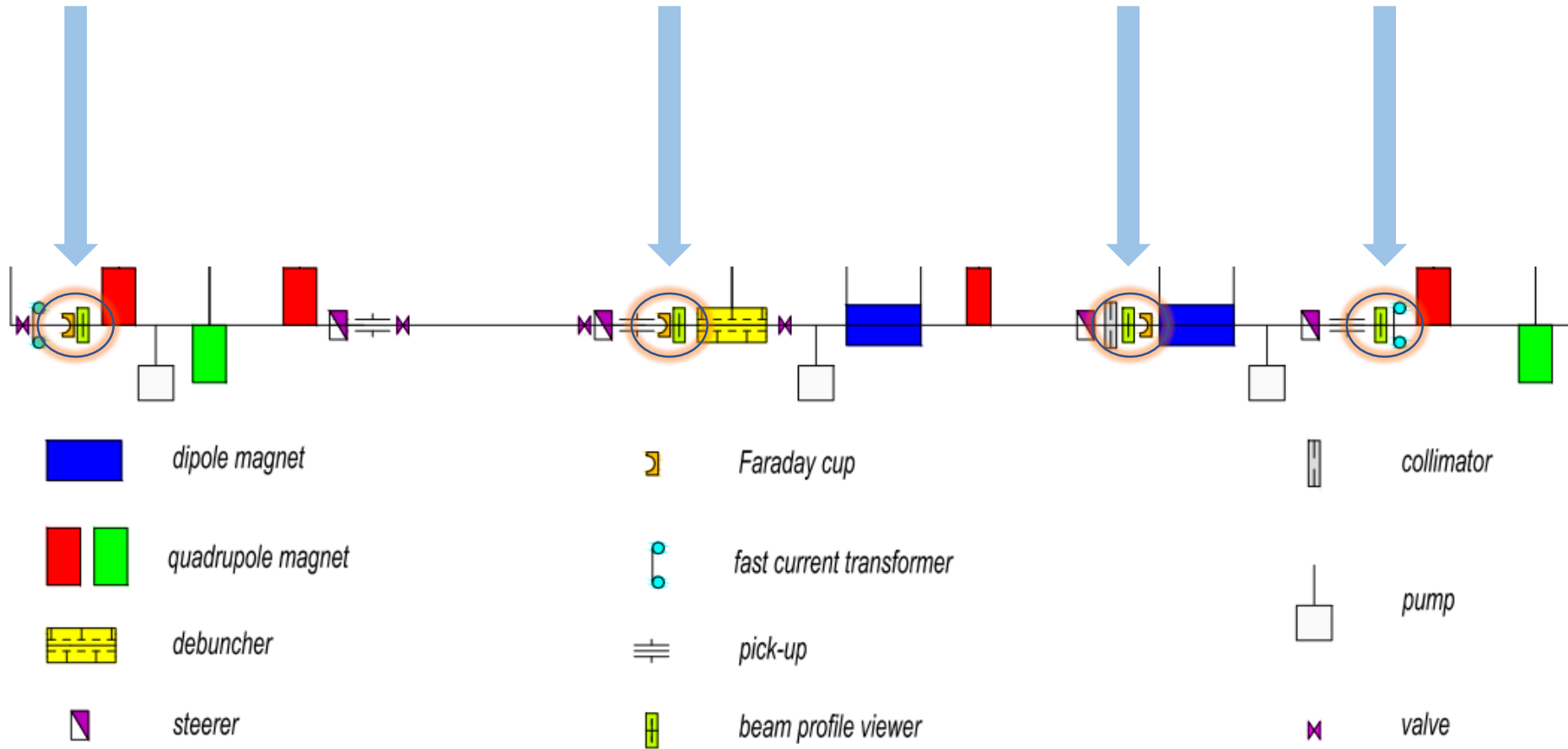
ИП дипольного магнита



вед. инж. Донец Д.Е.

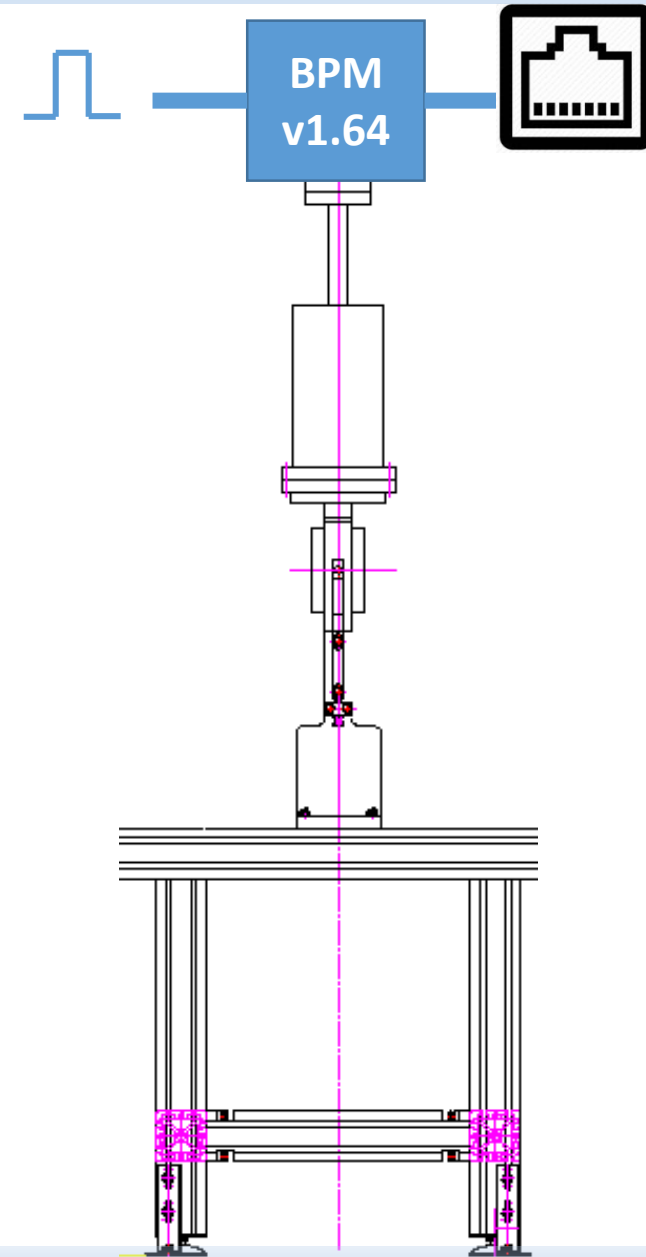
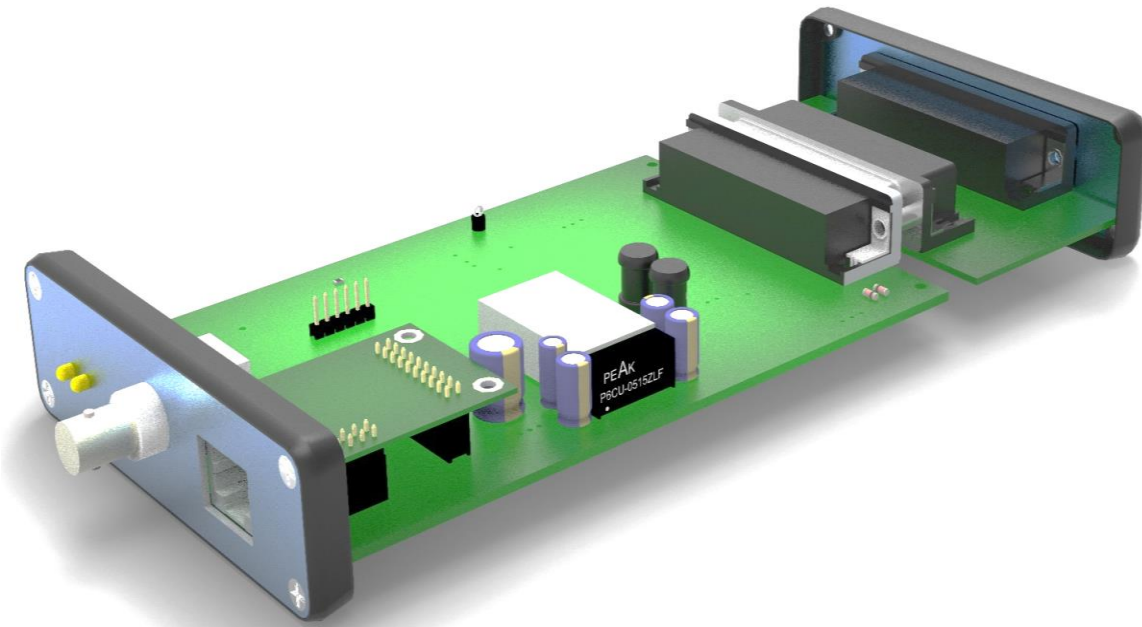
ст. инж. Люосев Д.А.

Профилометры в канале ЛУТИ - Бустер



4 x 32/32

Измерительная электроника профилометров



Parameter	Value
Meas. charge	up to 12 pC
channel N	42 or 64
Min integration time	10 us
ADC	14 bits
Supply	PoE
Size	EuroCard 3U 8HP

Вместо заключения



Бутенко Андрей Валерьевич

Богатов Алексей Сергеевич

Гудков Станислав Вячеславович

Донец Денис Евгеньевич

Егоров Дмитрий Сергеевич

Ёлкин Владимир Геннадьевич

Леушин Дмитрий Олегович

Леткин Дмитрий Сергеевич

Люосев Дмитрий

Понкин Дмитрий Олегович

Бутенко Елизавета Андреевна

Шириков Илья Вячеславович

Шевченко Константин и все все!

Спасибо за внимание!

