



XXIII летняя школа молодых ученых и специалистов (Липня 2019)

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



Электроника инжекционного комплекса NICA

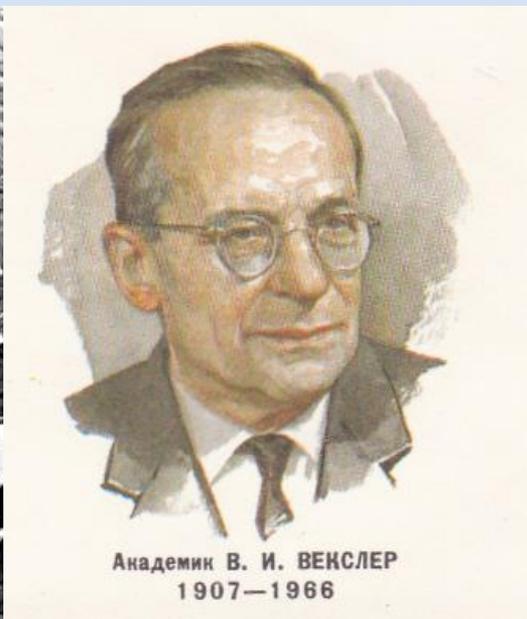
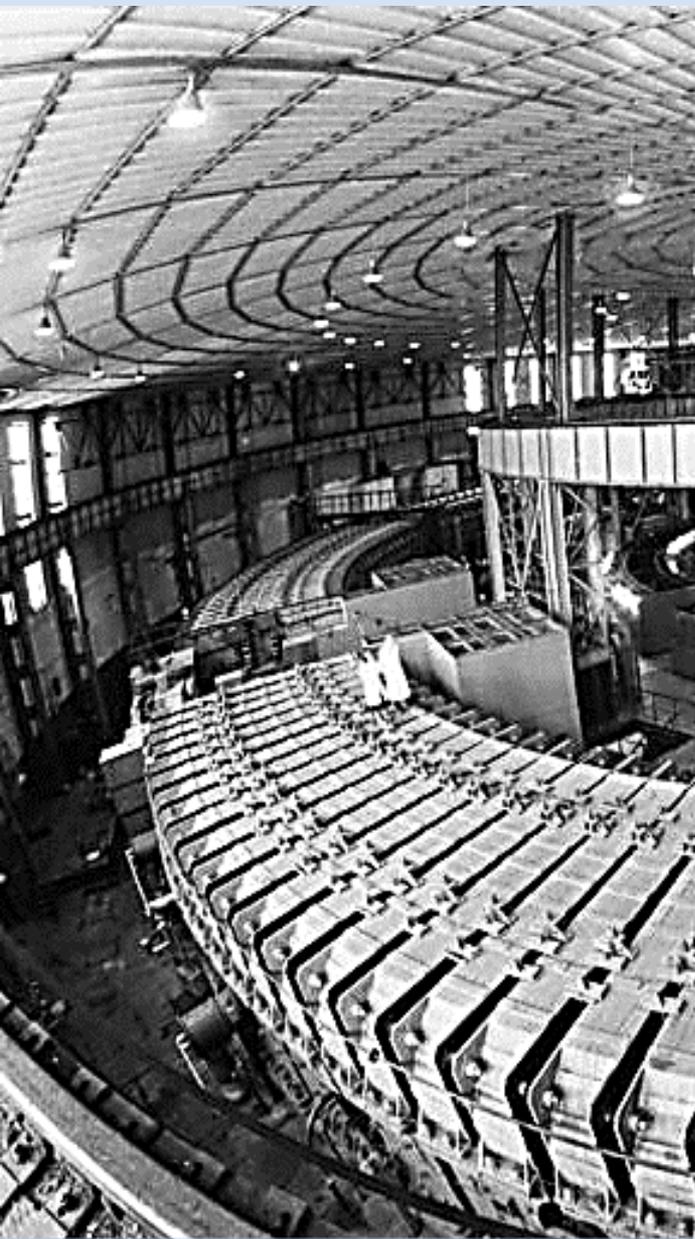
Понкин Дмитрий

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

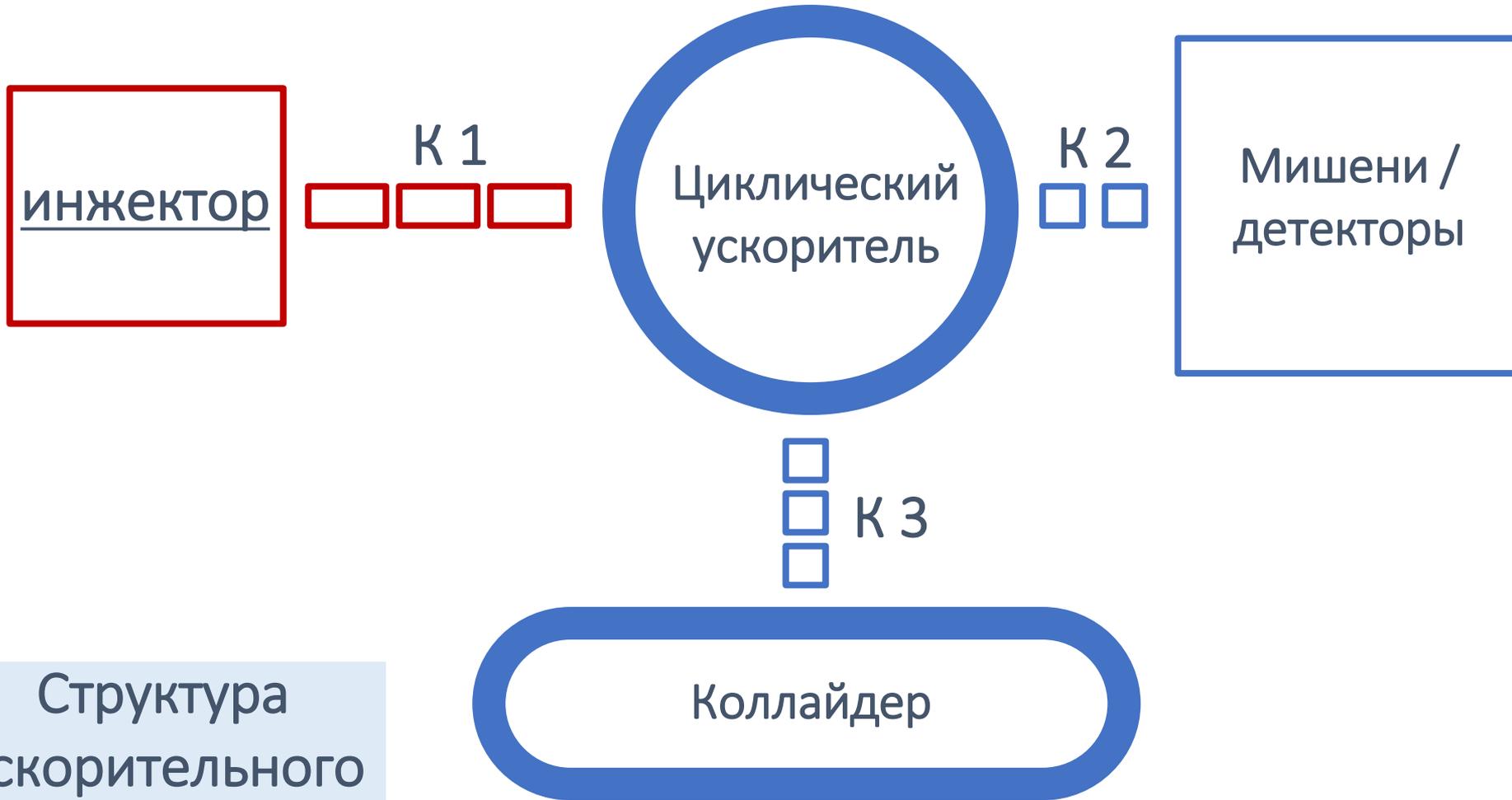
- E пучка - 6 ГэВ
- Базовая установка ОИЯИ
- Многозарядные ионы, протоны, поляризованные дейтроны
- Сверхпроводящий
- Внутренняя мишень
- Ускорение тяжелых ионов Kr, Xe, Fe
-

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

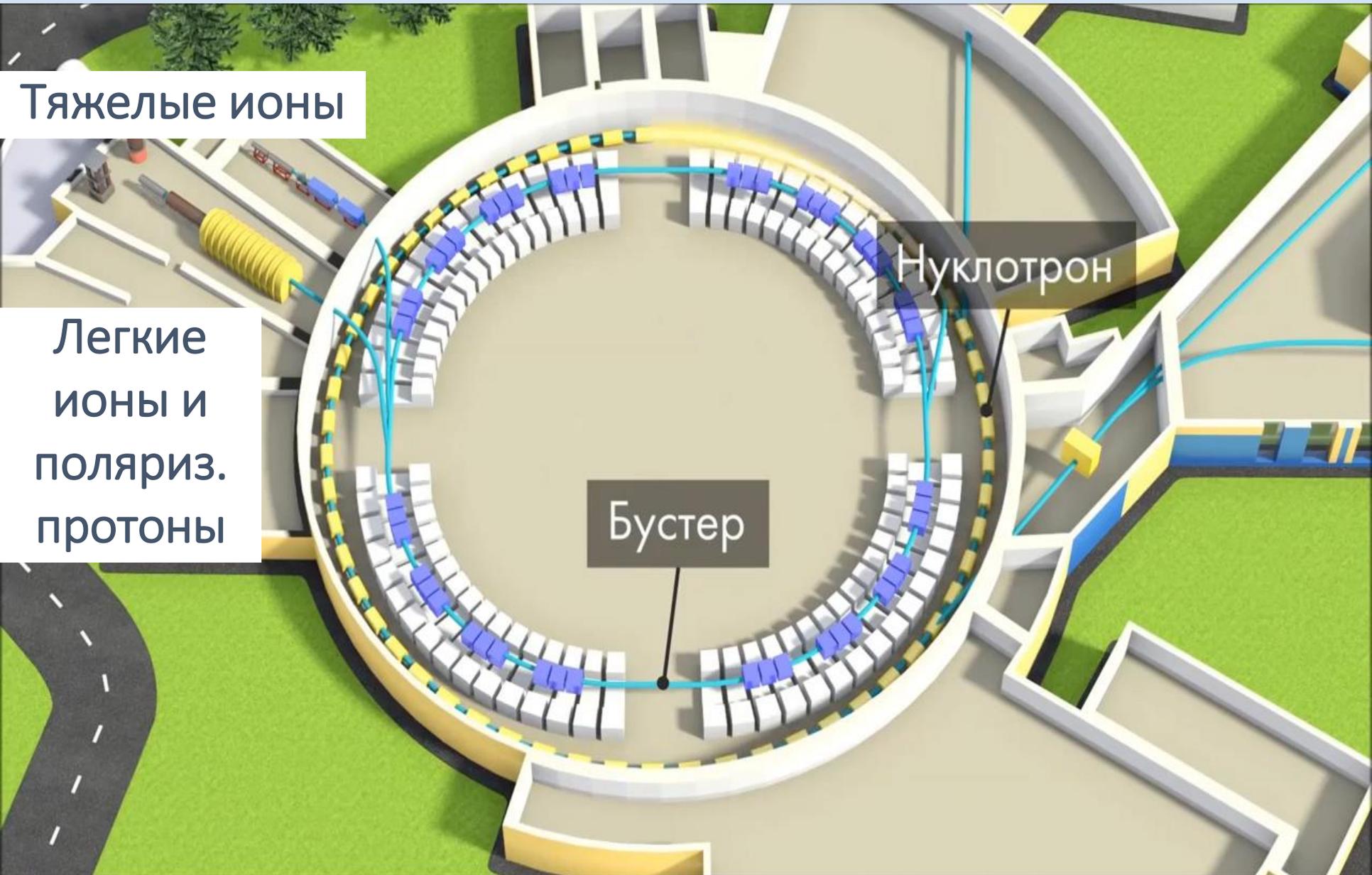
MPD

Коллайдер

Нуклотрон,
Бустер

Инжектор

Инжекционный комплекс



Инжекционный комплекс

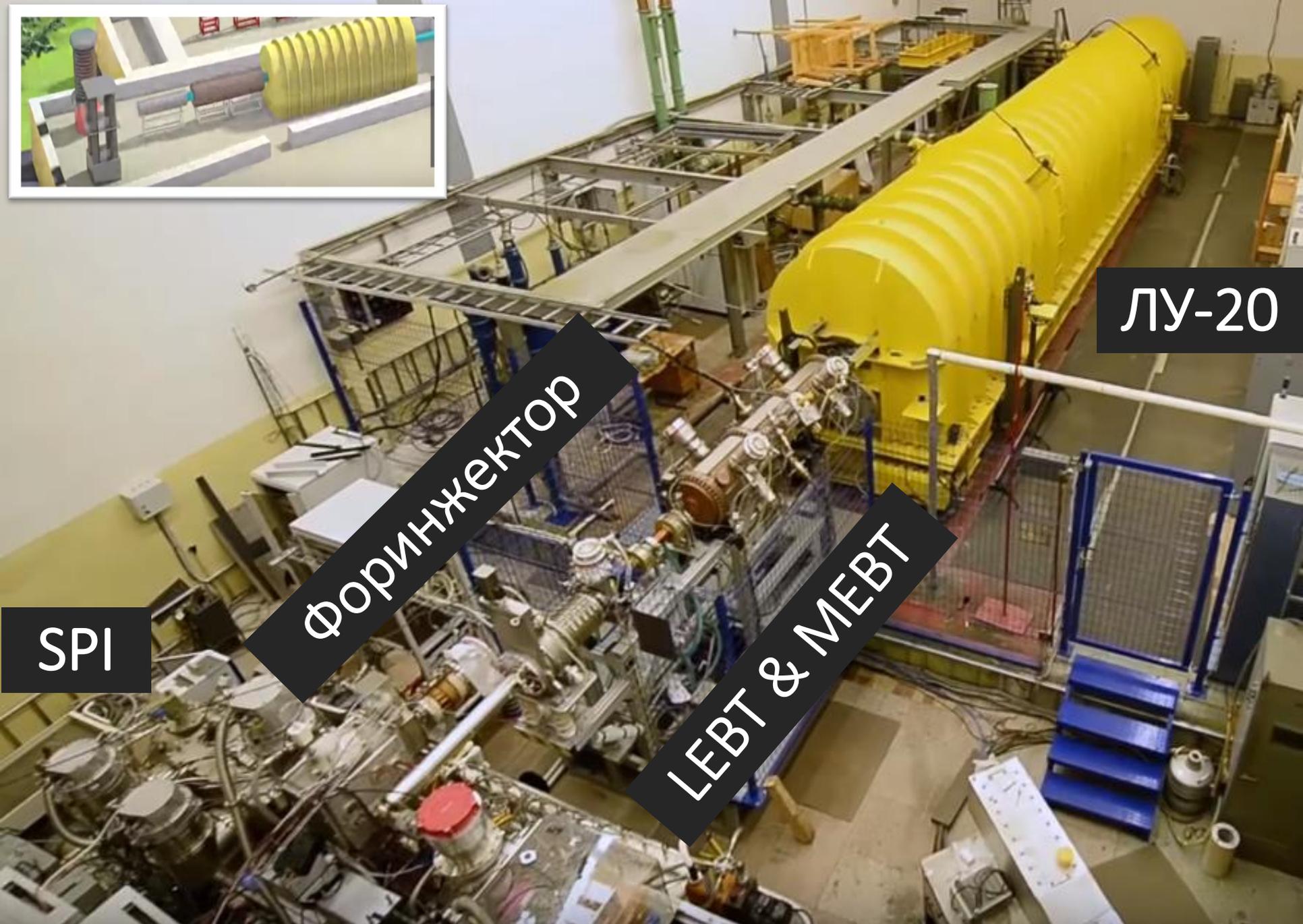
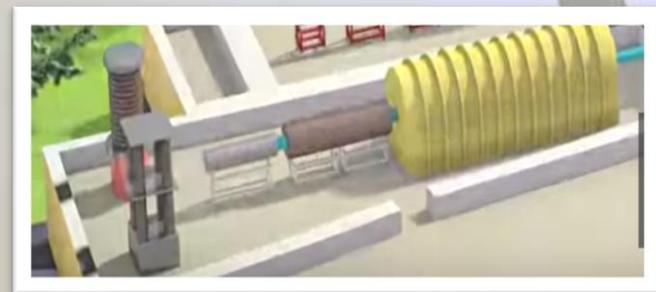


Тяжелые ионы

Каналы
транспортировки

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны



ЛУ-20

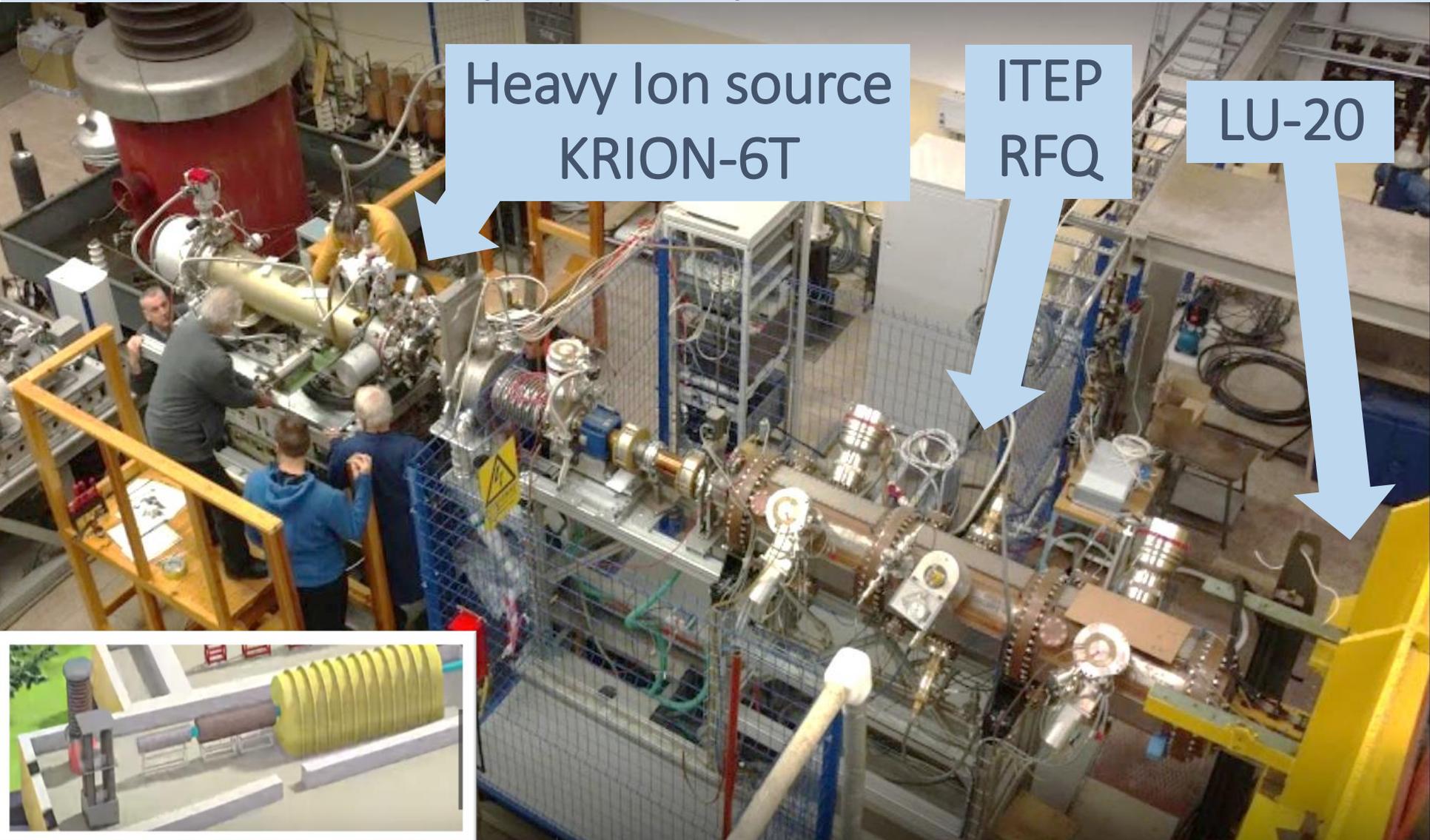
SPI

Форинжектор

LEBT & MEBT

Nuclotron injector view, 55th run

(Ar, Kr, C) spring 2018



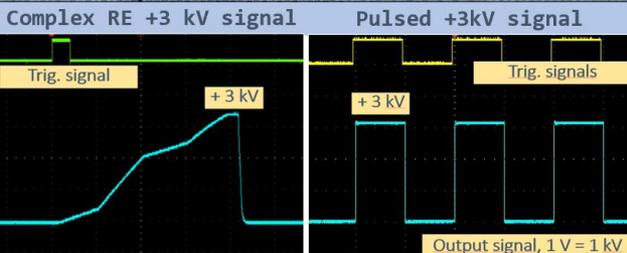
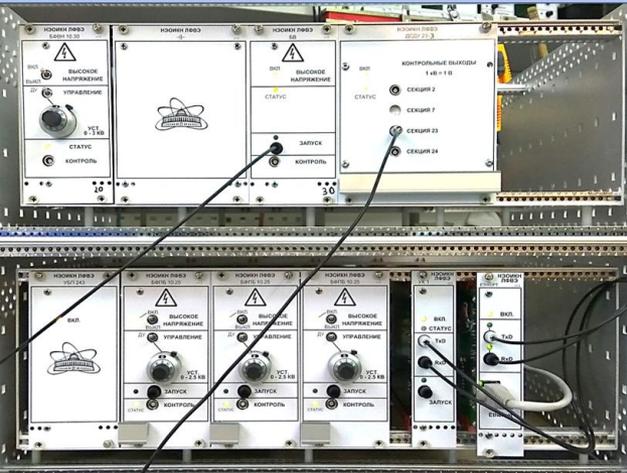
Heavy Ion source
KRION-6T

ITEP
RFQ

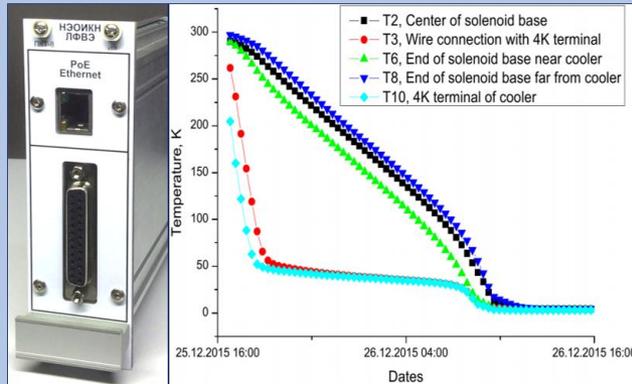
LU-20

ИТИ КРИОН 6Т

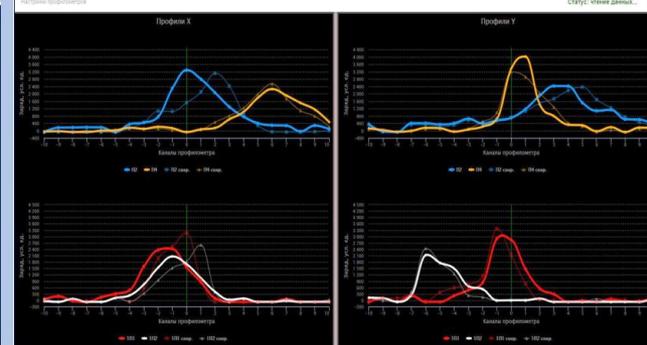
ESIS KRION-6T ion motion control electronics



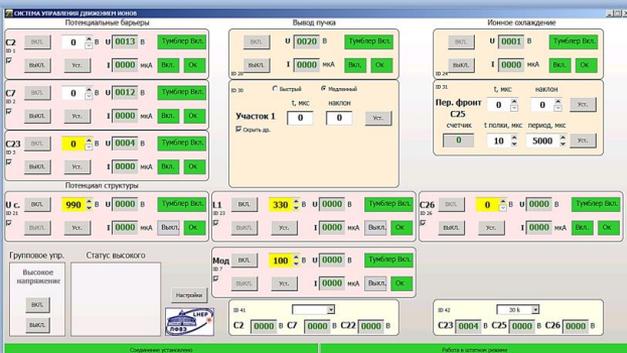
Low temperature measurement electronics



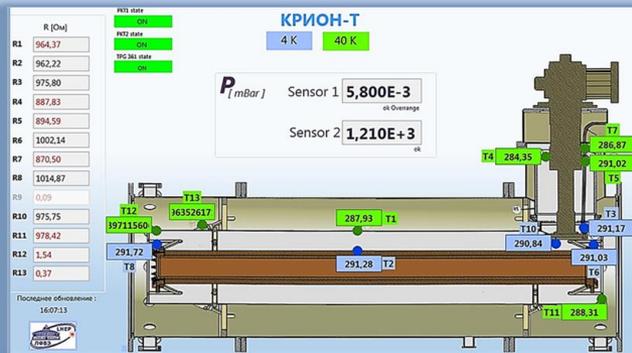
Beam profile measurement electronics



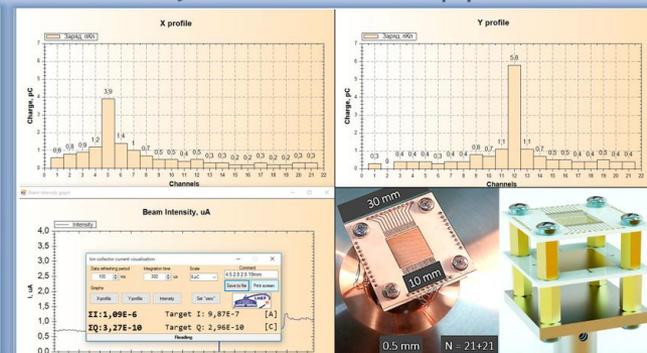
PC software

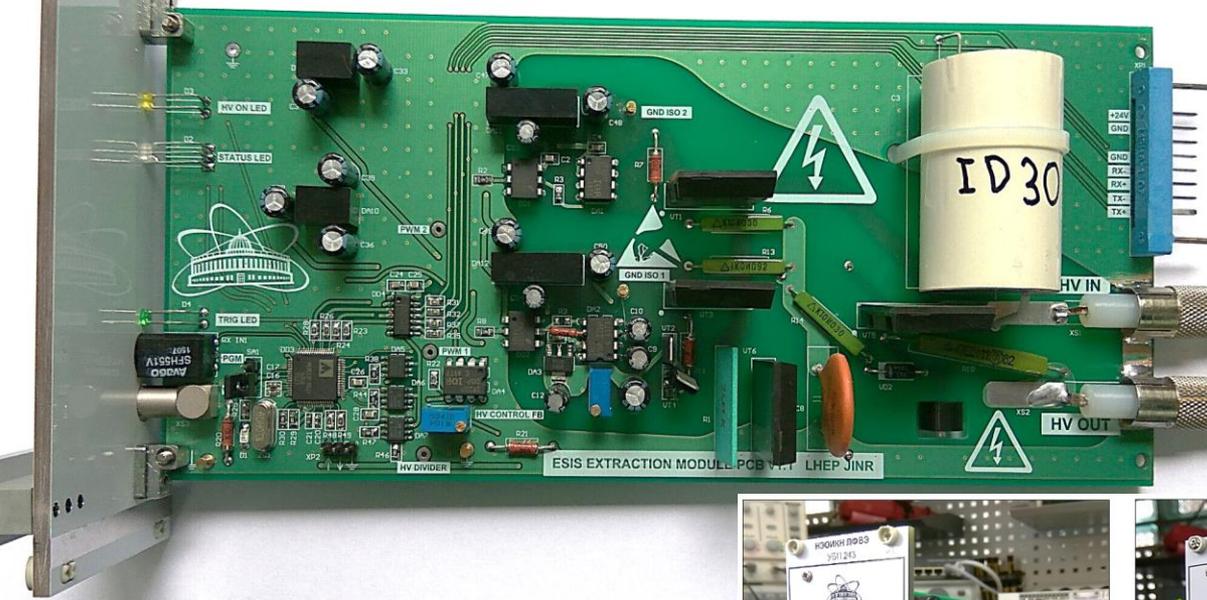


TANGO controls PC client

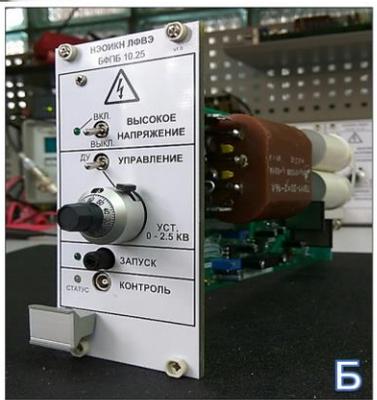


Web client, PC software and harp profilometer





А



Б



В



Г



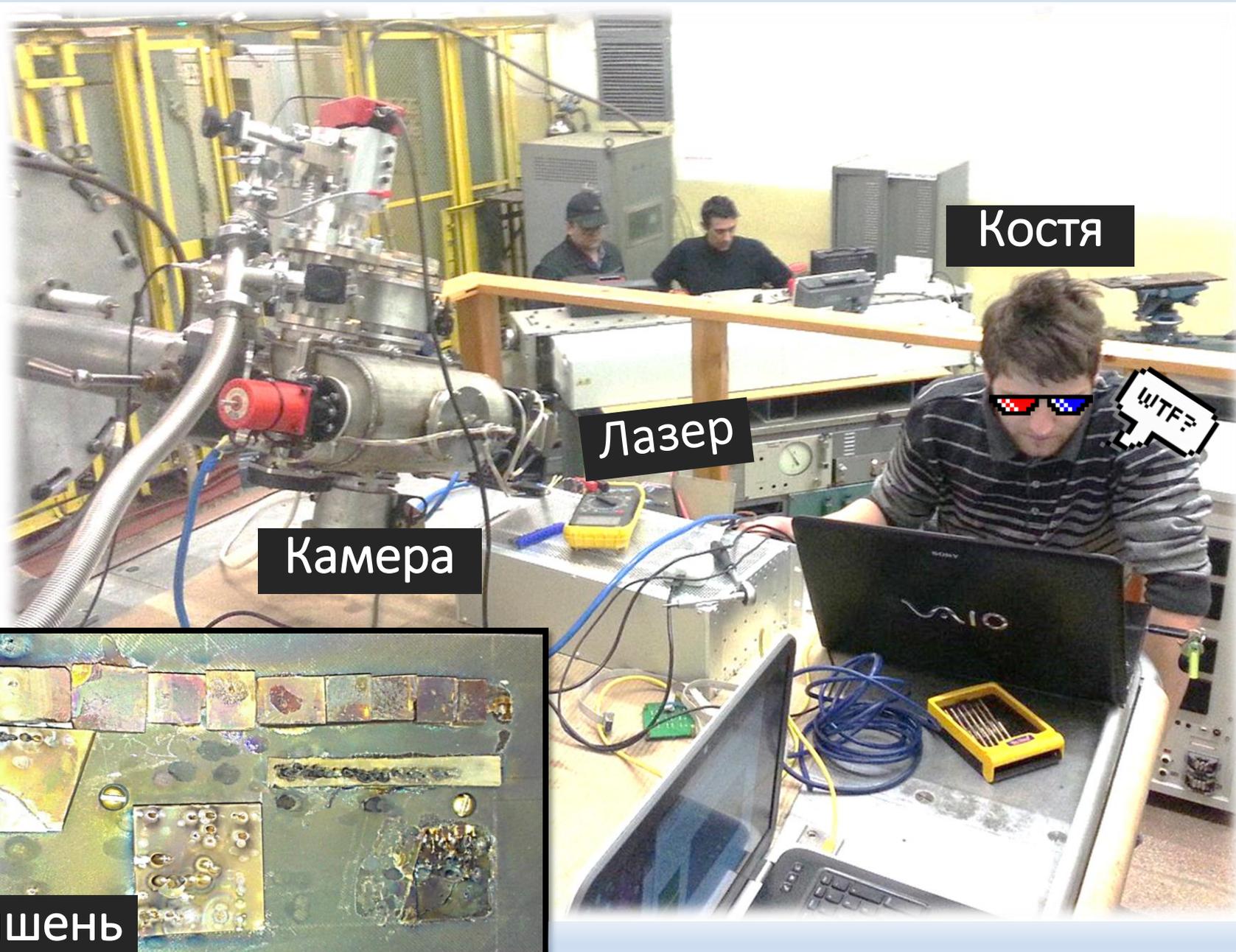
Д



Е

3. Электроника инжекционного комплекса

Мишень лазерного источника ионов





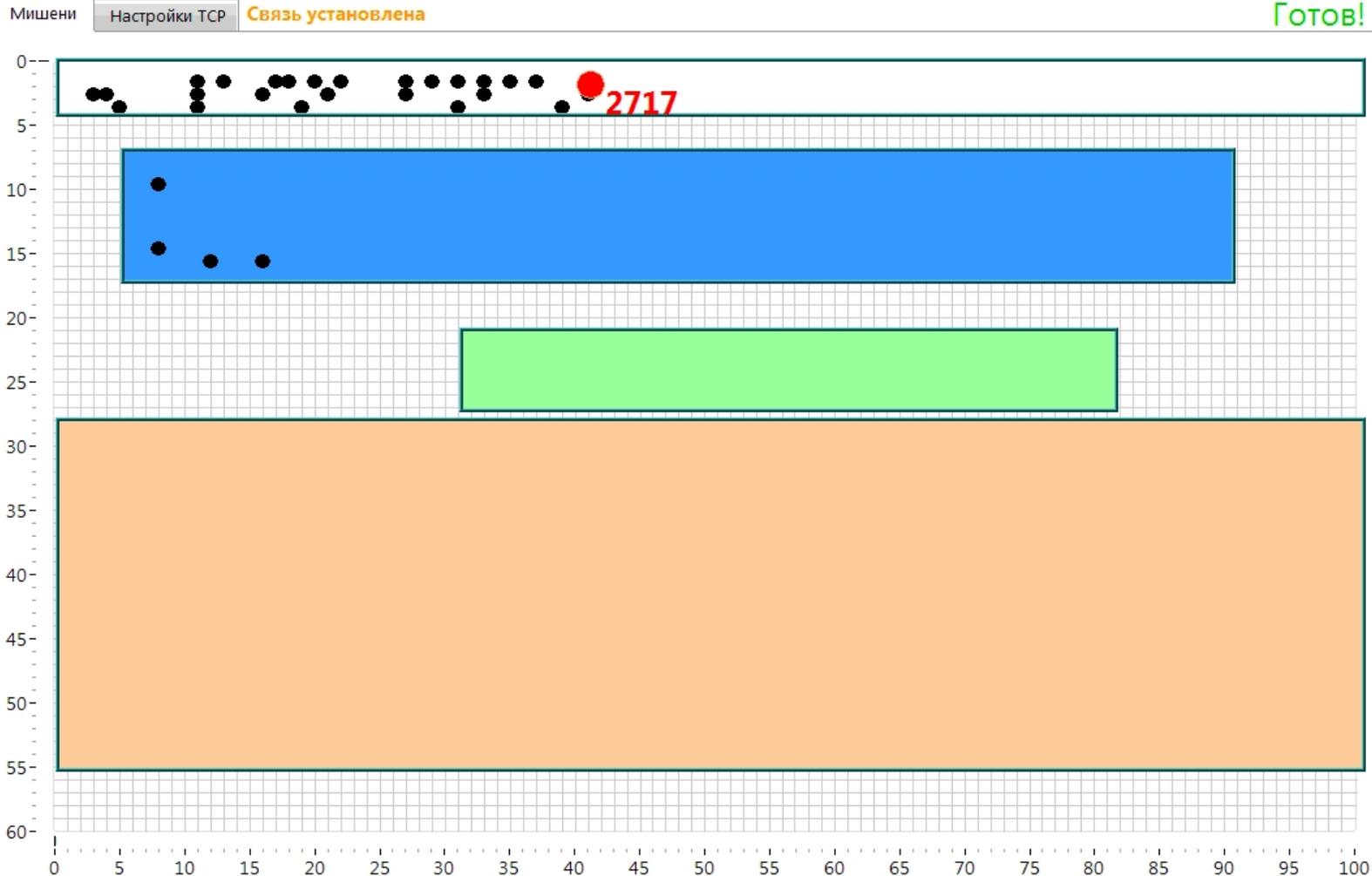
Донец Денис Евгеньевич



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:

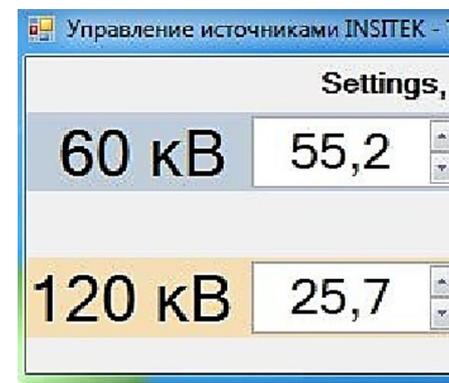
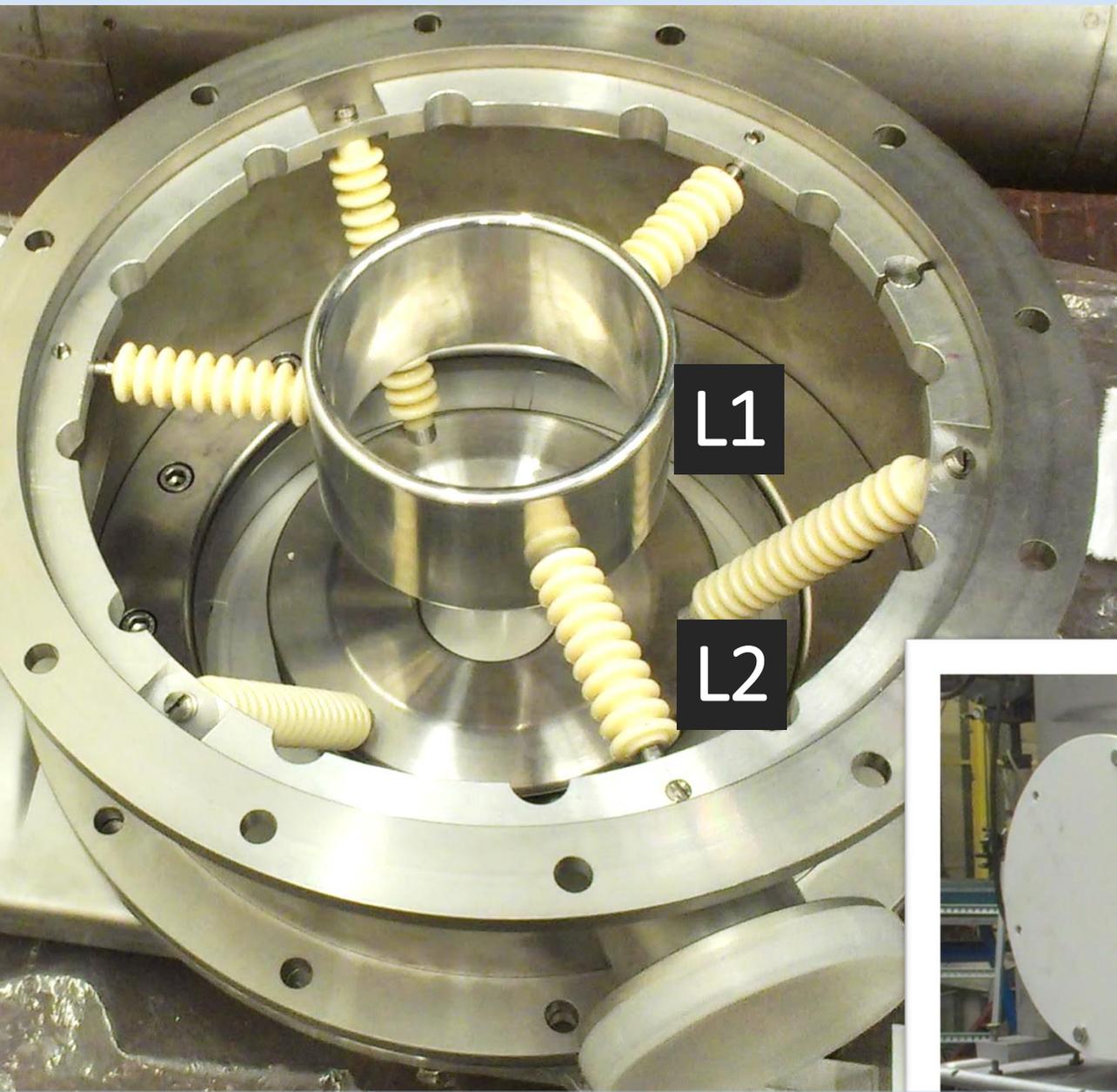
Углерод1

Файлы Мишени Доп. настройки

Выстрелов до перемотки пленки
Задано: 1250
Осталось:

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

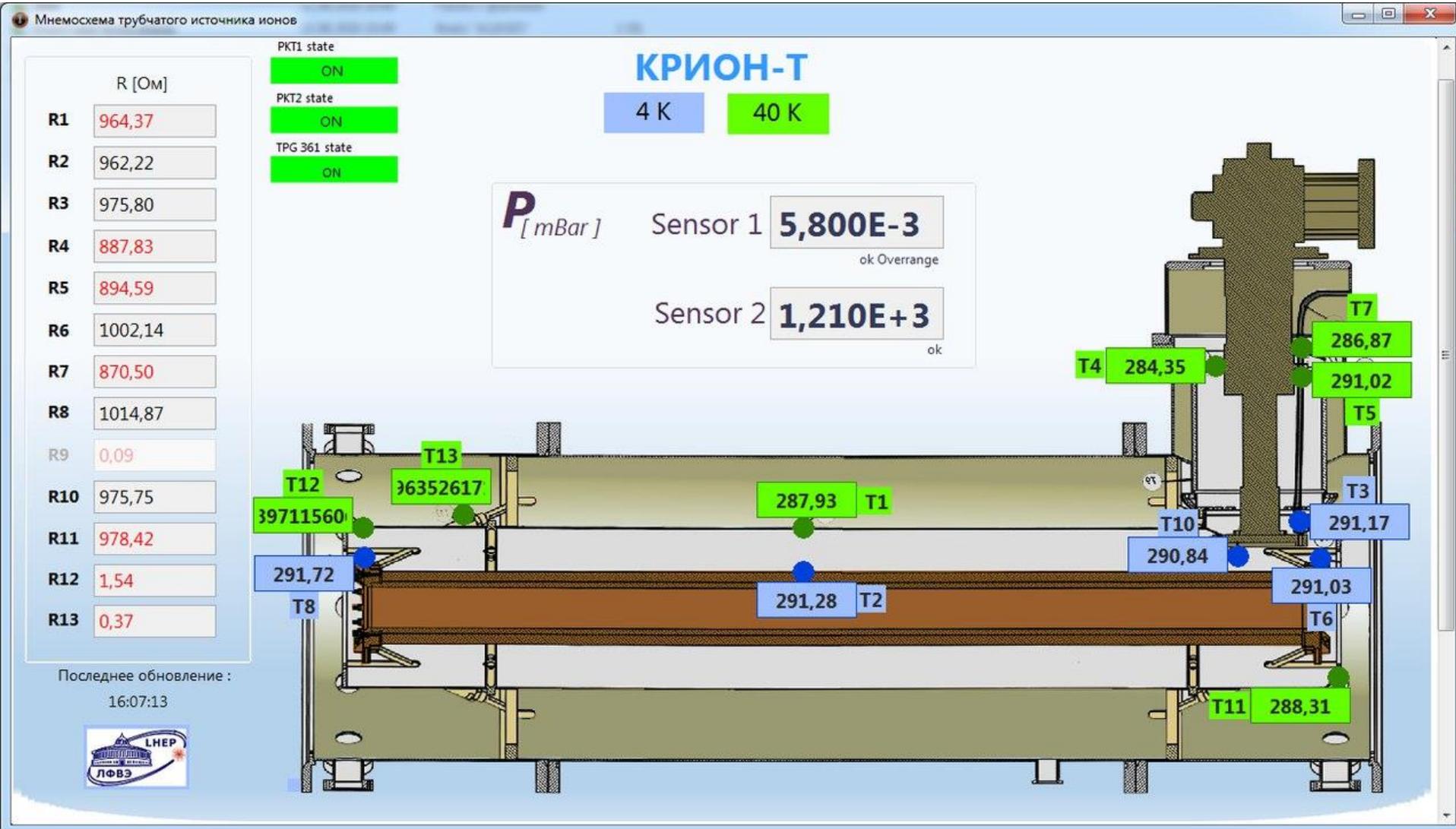


@Томск

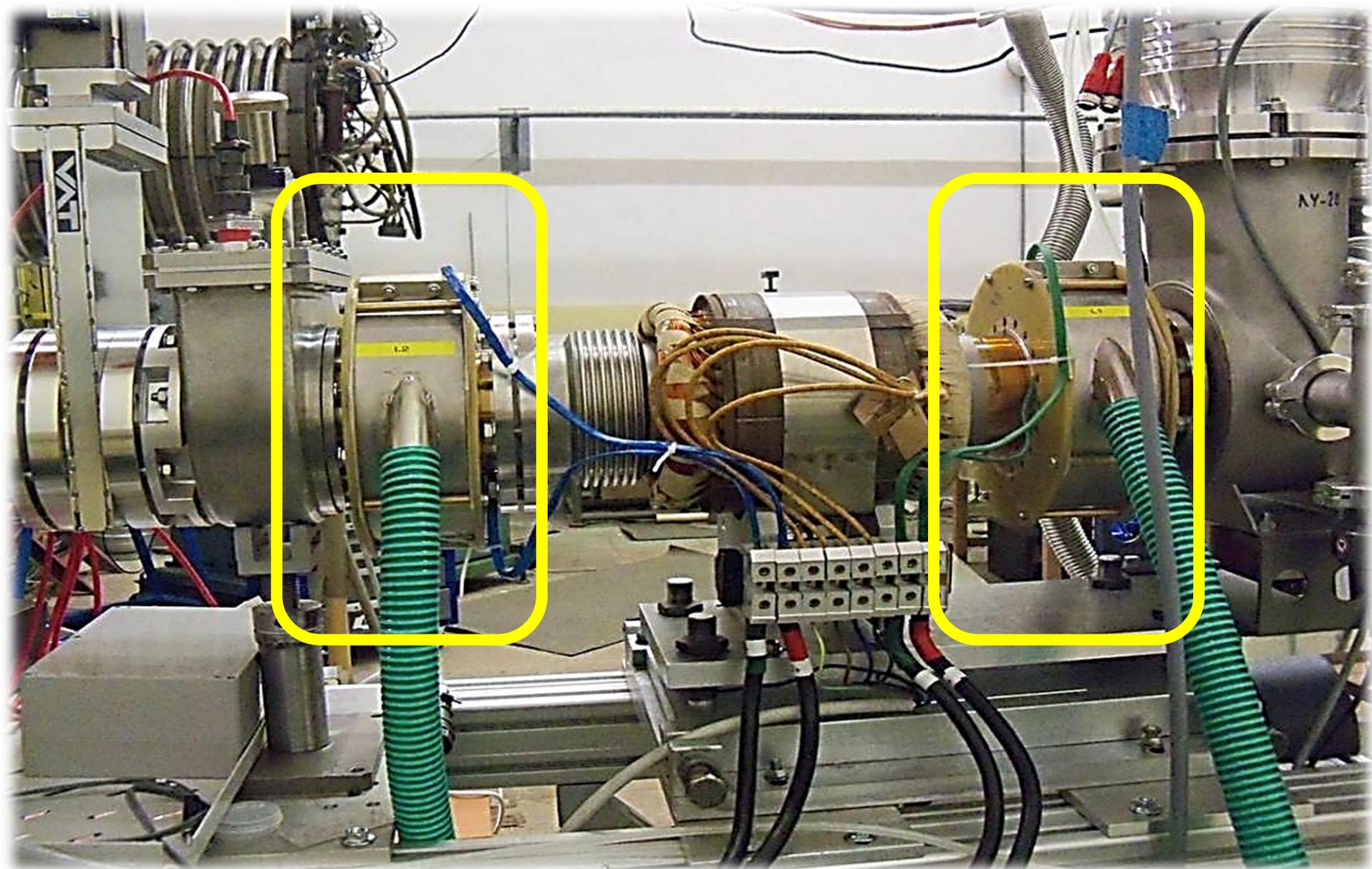
RS-485
Modbus
RTU



Мнемосхема источника ионов



Соленоидальные магнитные линзы



Соленоидальные магнитные линзы



ОптоСистемы

ИП701 @Троицк

Set U, B	U out, B	Output
L1.1 300 Уст. U	293	ВКЛ. ВЫКЛ. Блокировка снята
L2.1 1351 Уст. U	1013	ВКЛ. ВЫКЛ. Блокировка снята

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



 Охлаждение магнитов [Открыть отдельно](#)

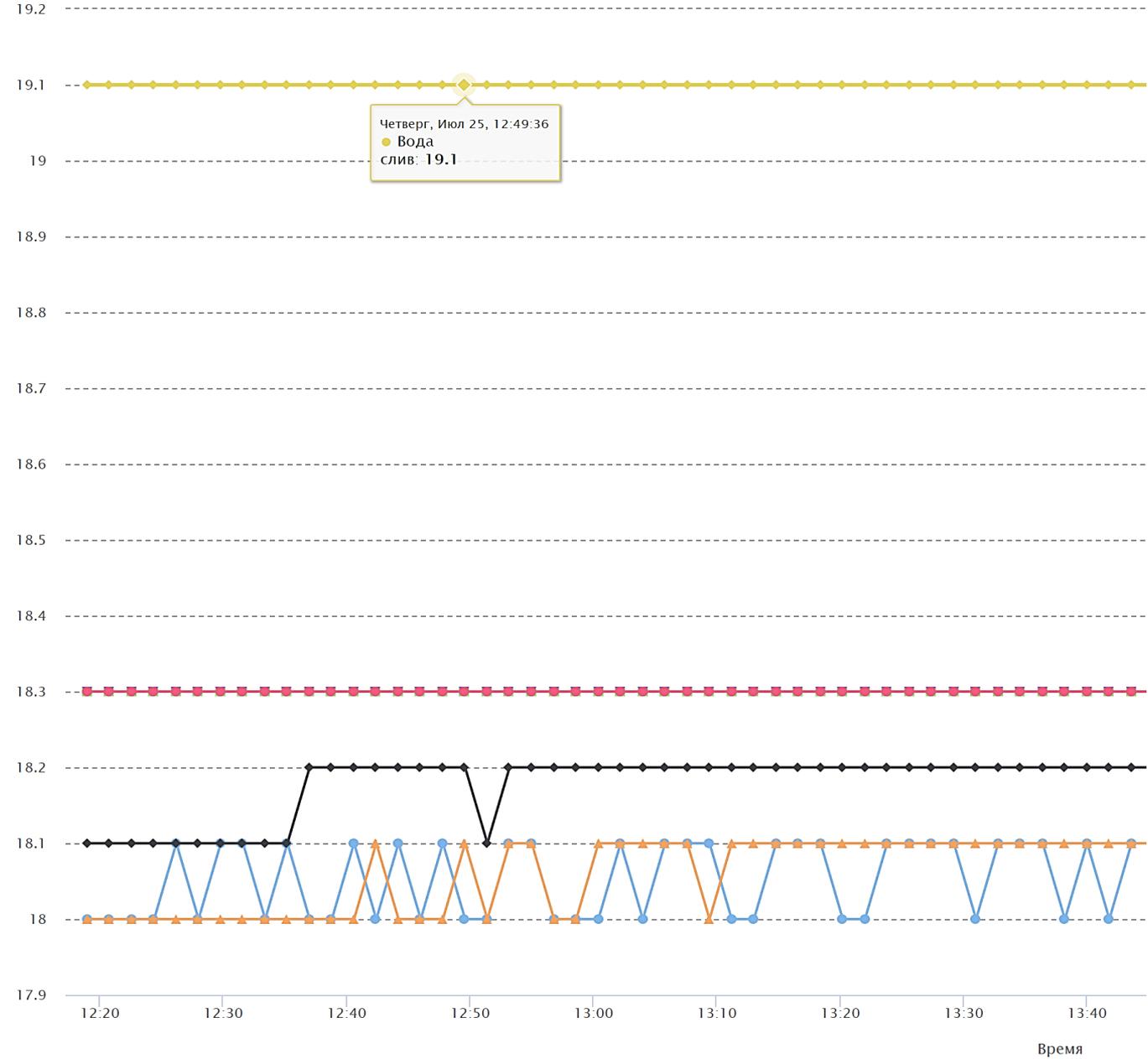
Данные по температуре обновились



Посмотреть данные за последние 6 часов



[Показать график](#)



Инжекционный комплекс



ЛУ-20, 1974

Е инъекции протонов

600 кэВ

Е инъекции протонов

600 кэВ

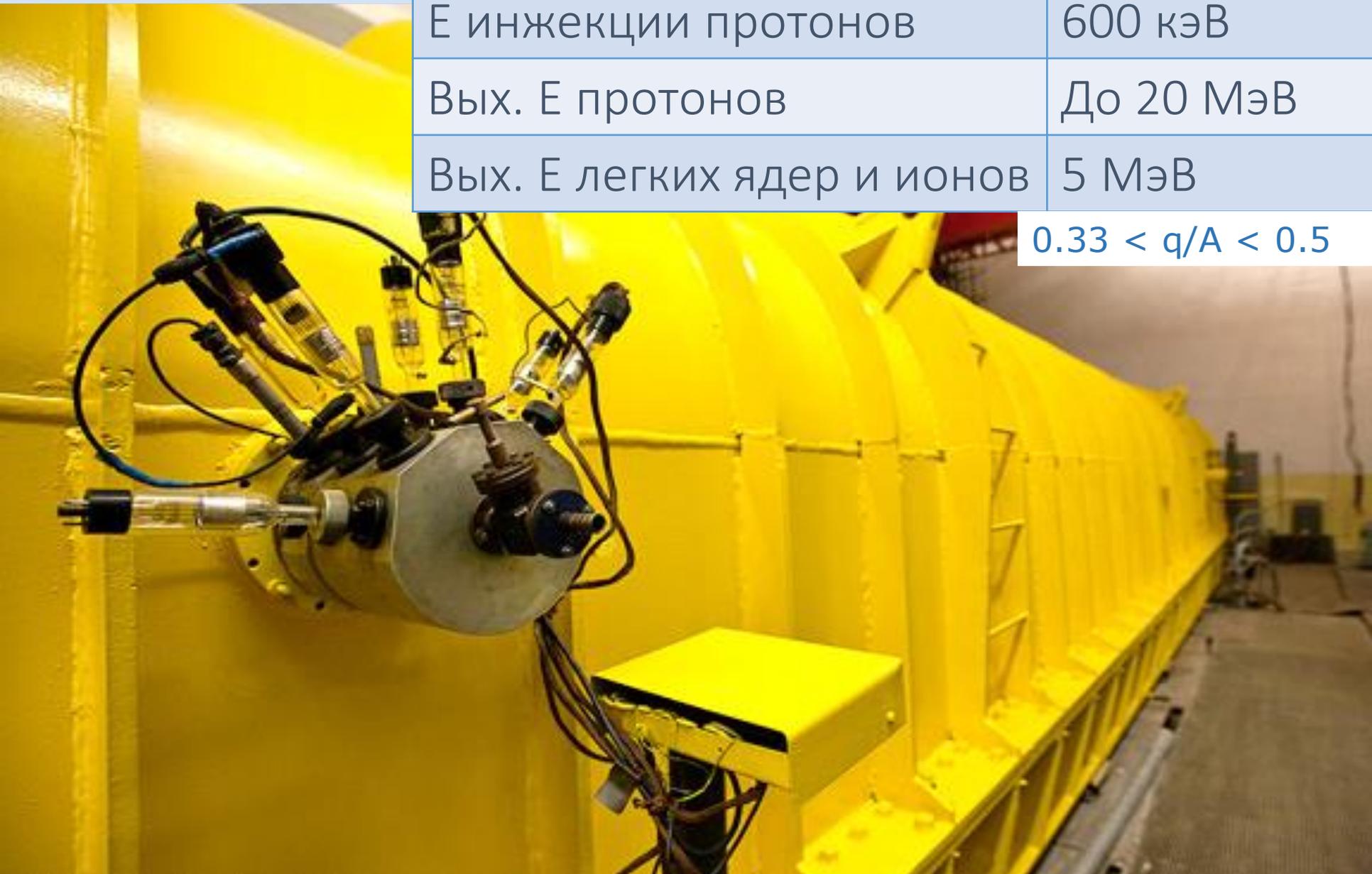
Вых. Е протонов

До 20 МэВ

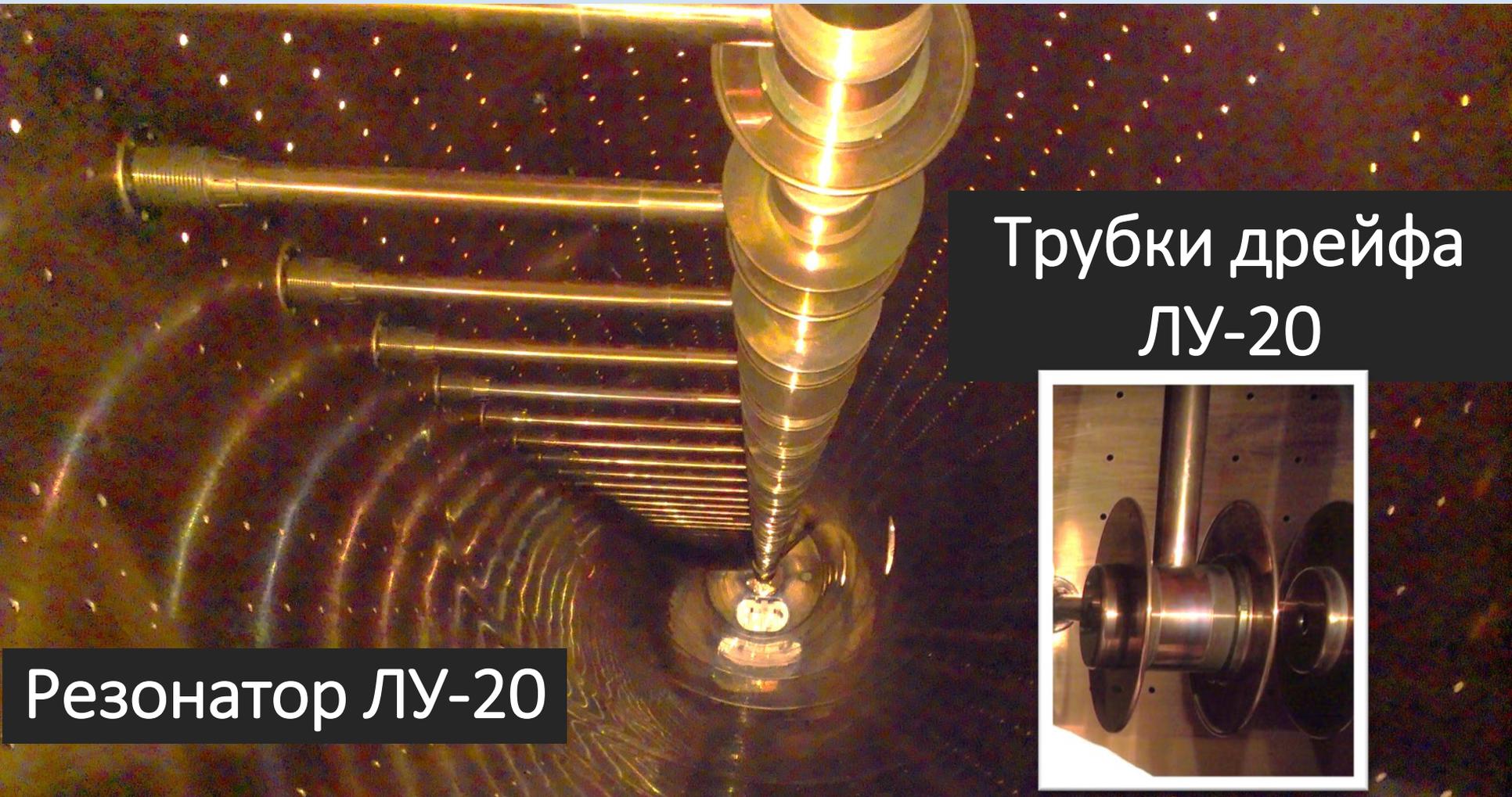
Вых. Е легких ядер и ионов

5 МэВ

$0.33 < q/A < 0.5$



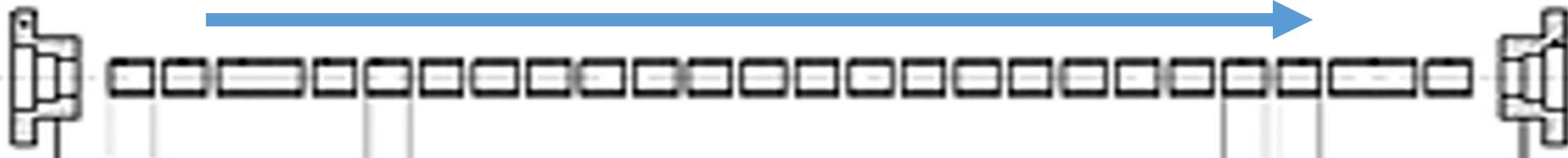
Трубки дрейфа ЛУ-20



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 

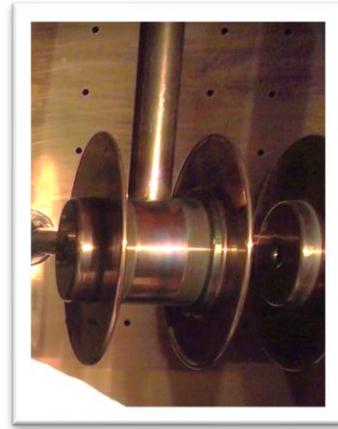
31  Задать ТОК I

18  Задать НАПРЯЖЕНИЕ U

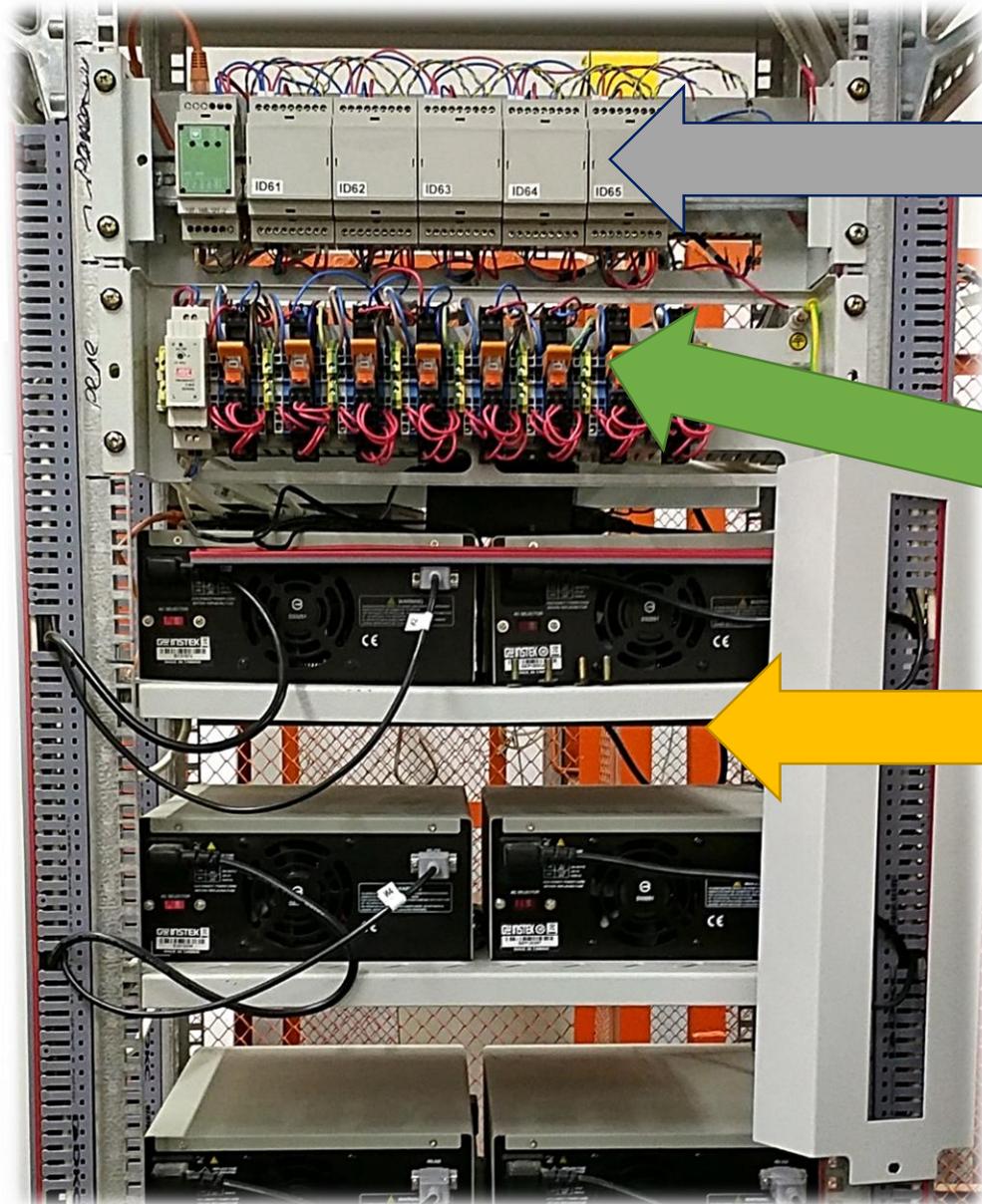
Вкл. выход 

Выкл. выход 





Питание корректоров ЛУ-20: шкаф

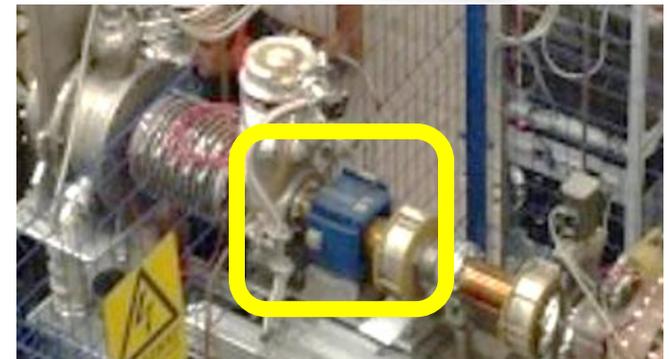


PSP-Modbus

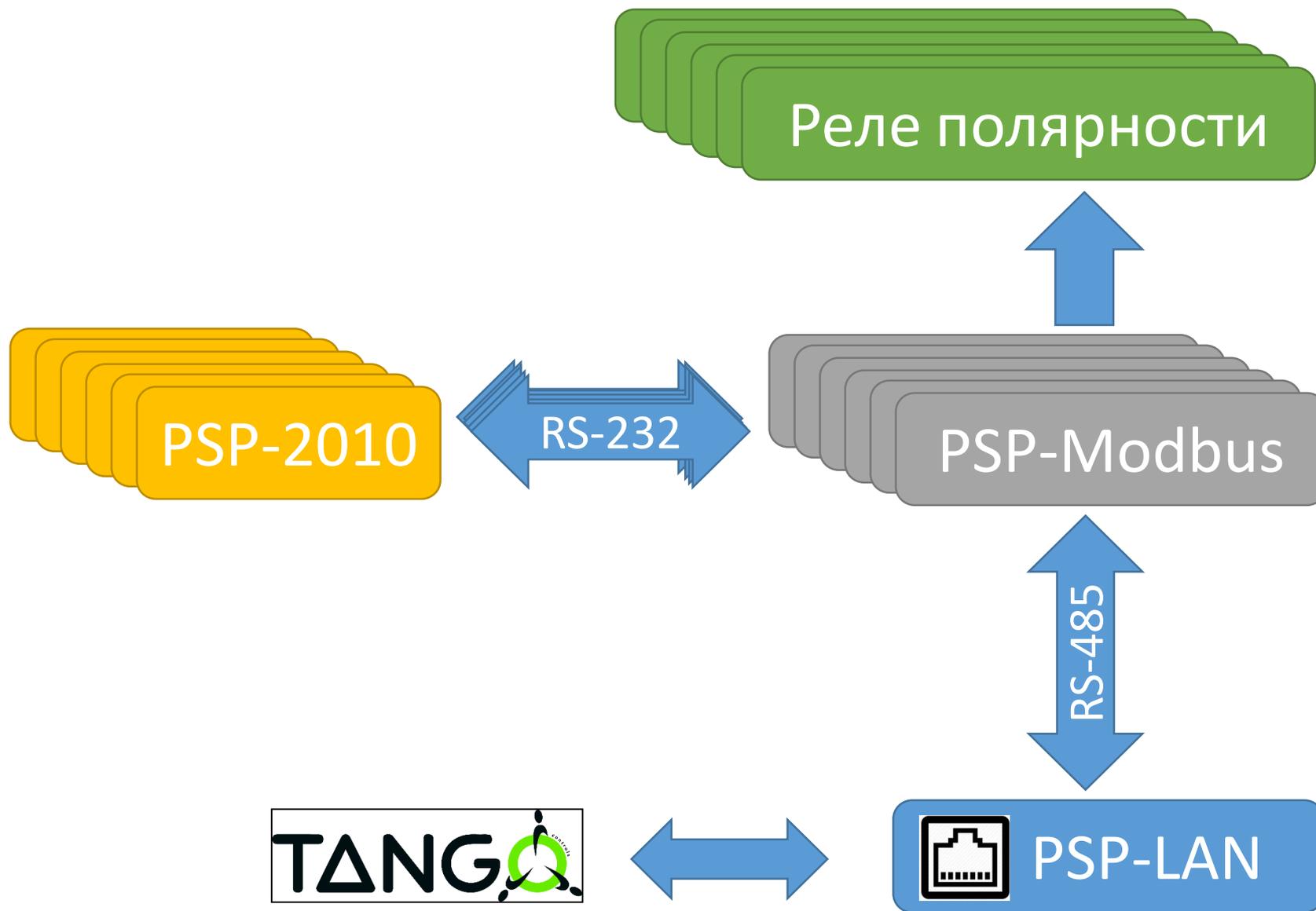


PSP-LAN

Реле полярности



Питание корректоров ЛУ-20: схема



«Птичий» протокол в Modbus



```
/1?2500R -  
/1h27{...}R  
/1h28{...}R
```



Modbus Poll - generator-2

File Edit Connection Setup Function

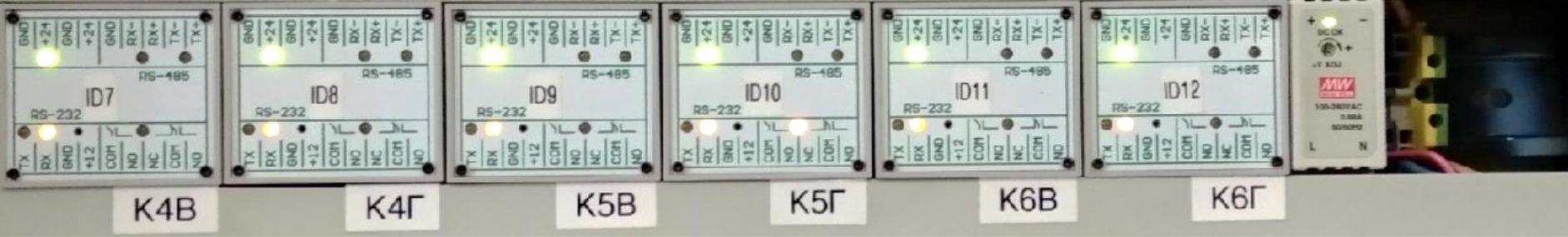
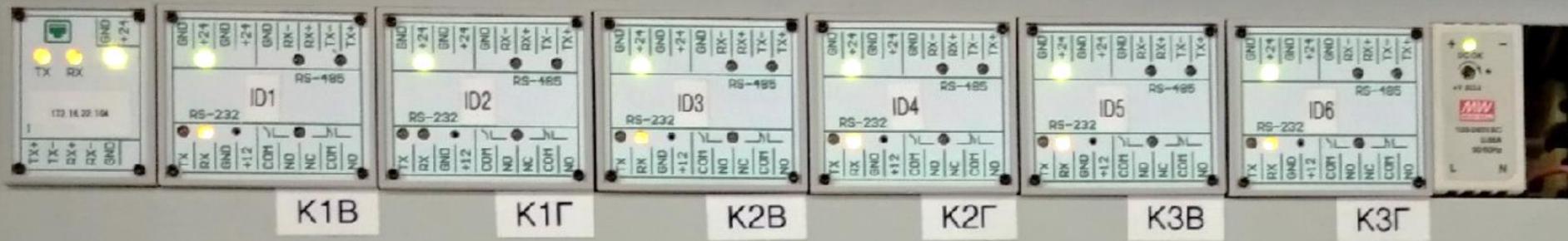
generator-1

Tx = 115: Err = 0: ID = 1: F = 03: S

	Alias	00000
0	U-L1L2 [V]	401
1	U-L2L3 [V]	400
2	U-L3L1 [V]	402
3		0
4	P [kW]	1232
5	S [VA]	1350
6	Oil Pressure	5
7	Temp	88
8	Config	0x000B
9		0

For Help, press F1.

Питание корректоров – блоки управления



Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Каналы
транспортировки

Форинжектор

Легкие ионы и
поляриз. протоны

Линейный ускоритель тяжелых ионов

Е инъекции ионов

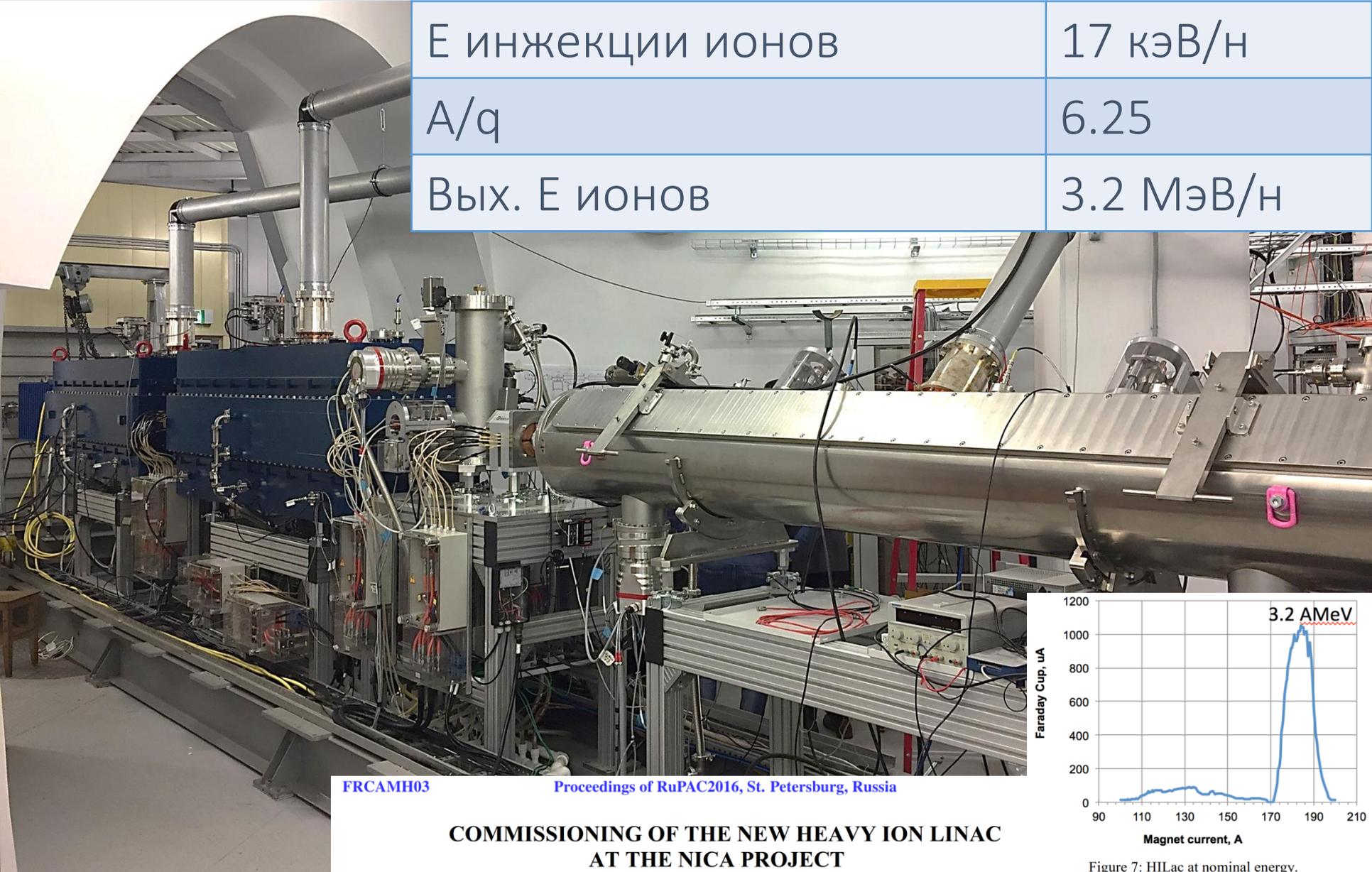
17 кэВ/н

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**

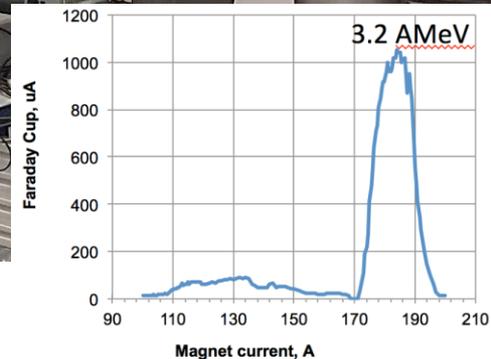
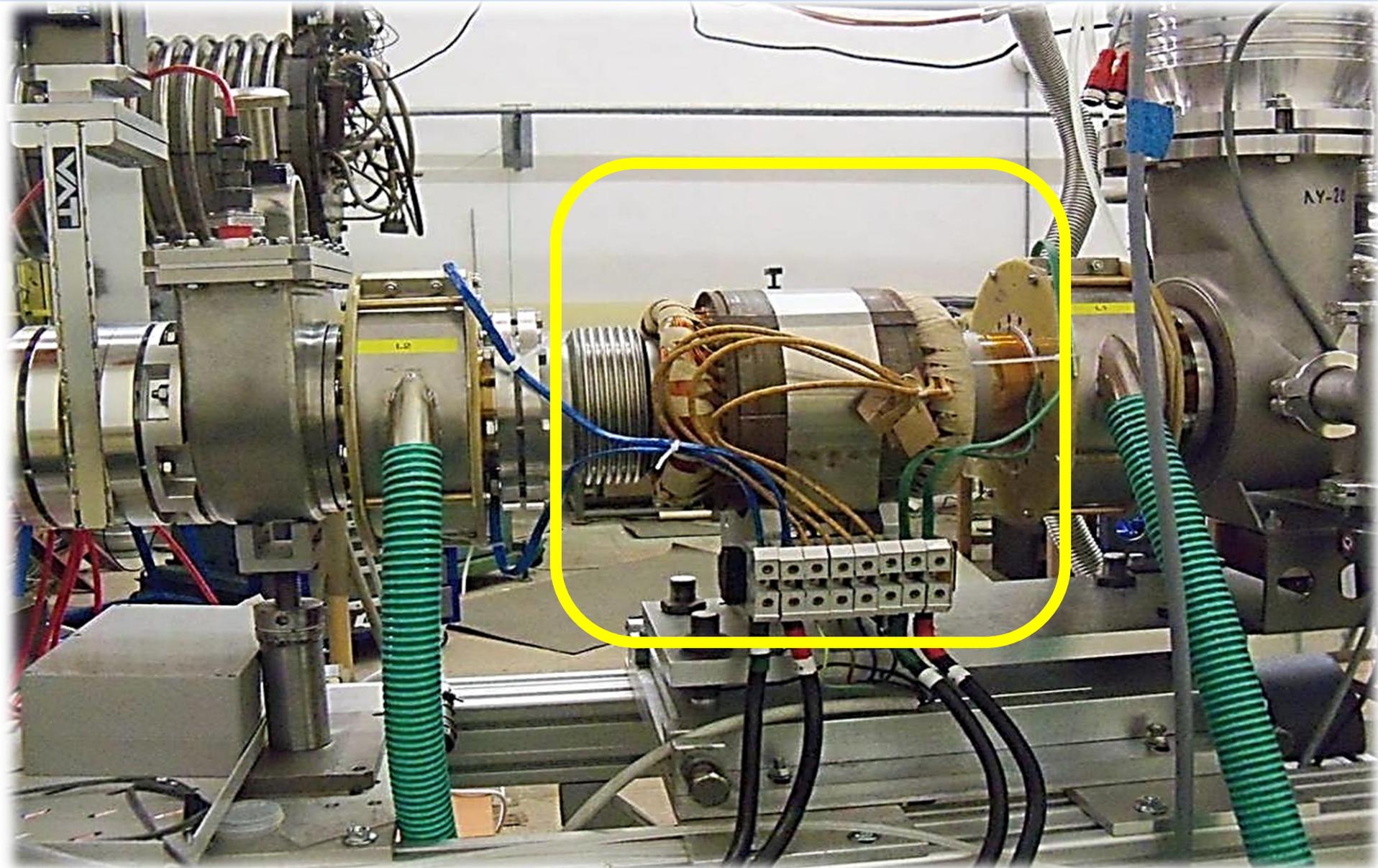


Figure 7: HILac at nominal energy.

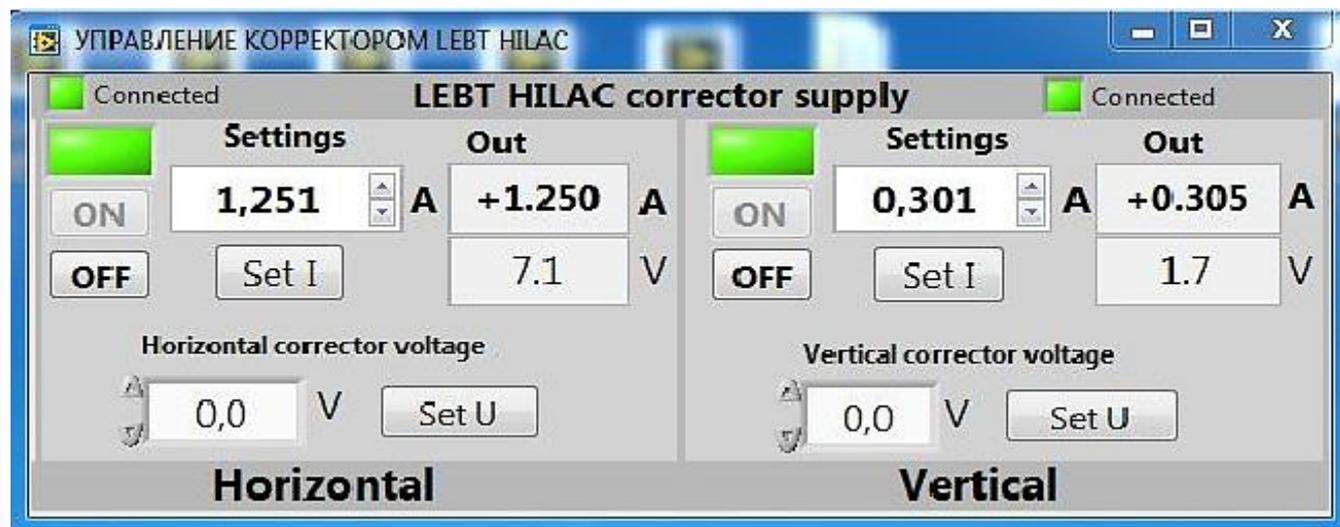


Магнитный корректор ЛЕВТ ЛУТИ



Магнитный корректор LEVT и MEVT HILAC

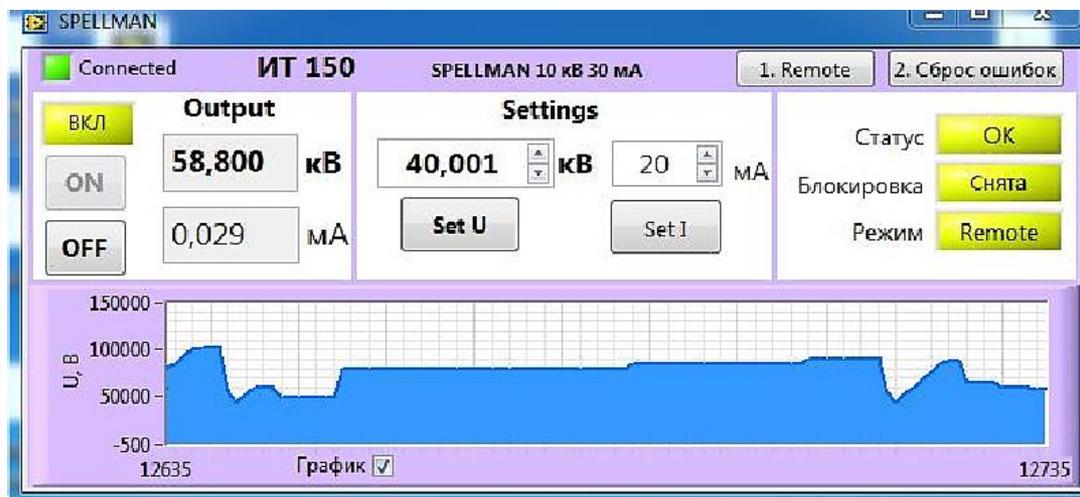
GW INSTEK PSW 3072



Источник зарядного напряжения для высоковольтного импульсного генератора ИТ-150М



Разработан консультантом при дирекции ЛФВЭ
В. А. Мончинским



Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

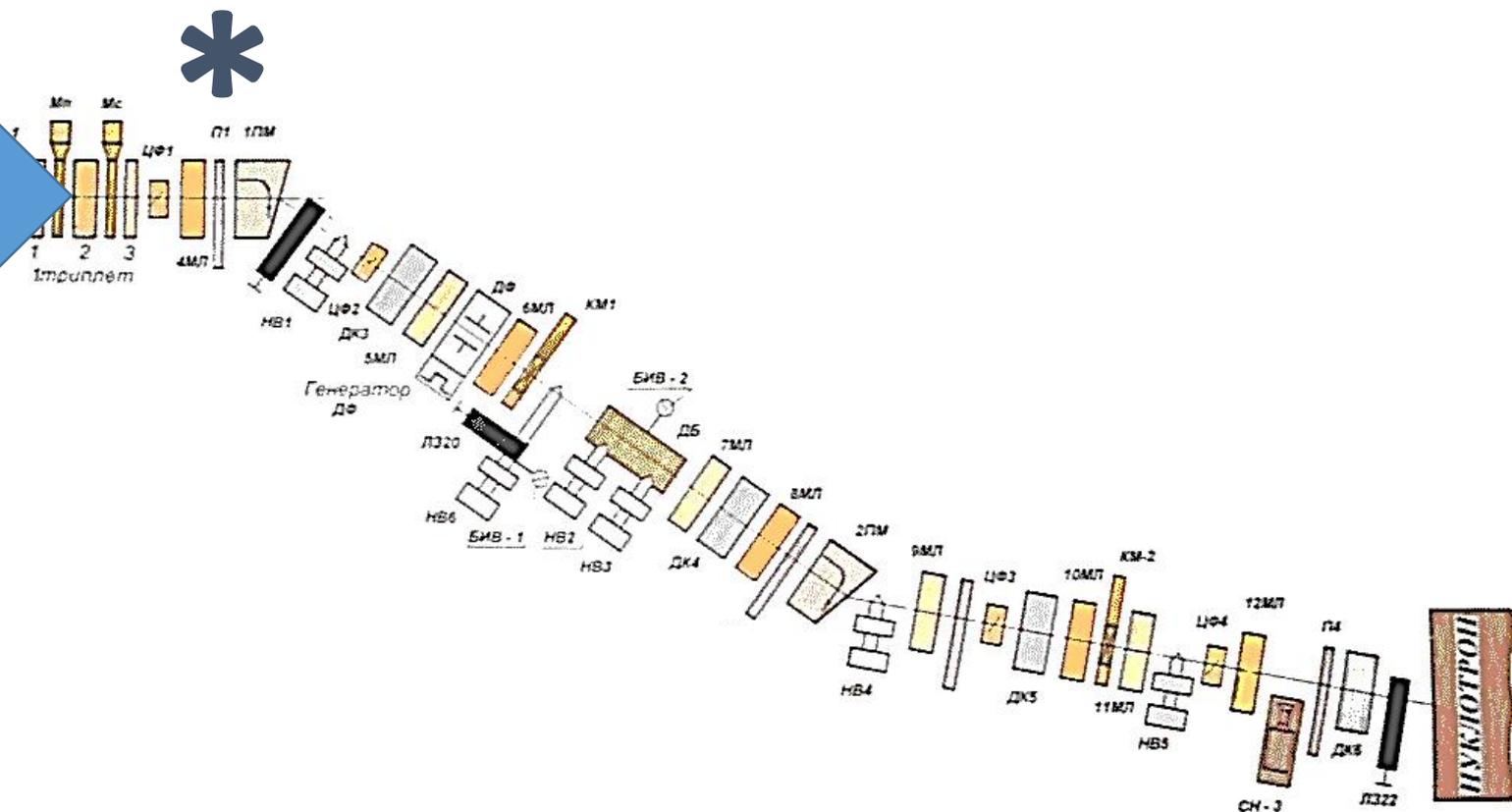
Канал
ЛУ-20 => Нуклотрон

Форинжектор

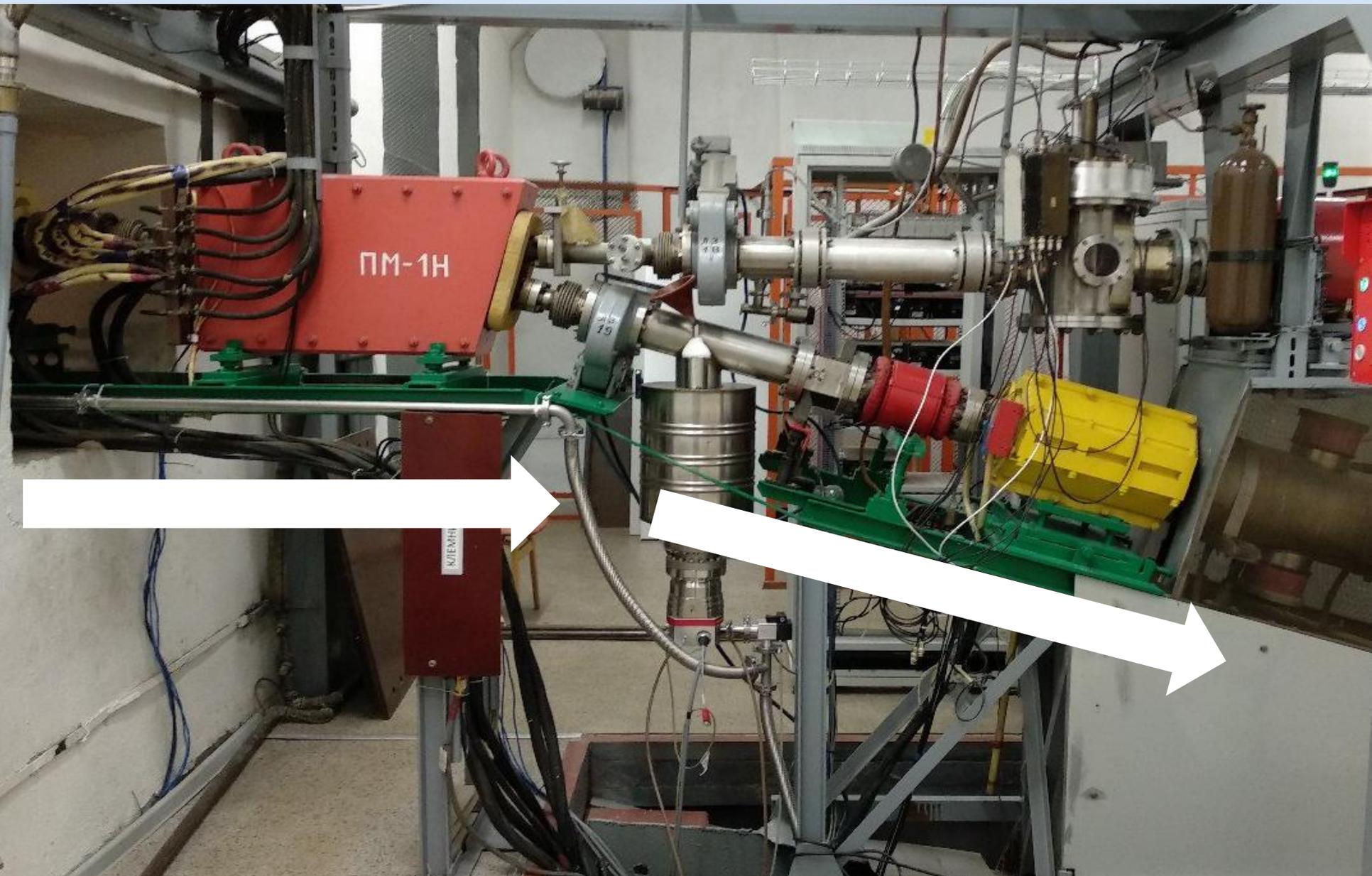
Легкие ионы и
поляриз. протоны

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

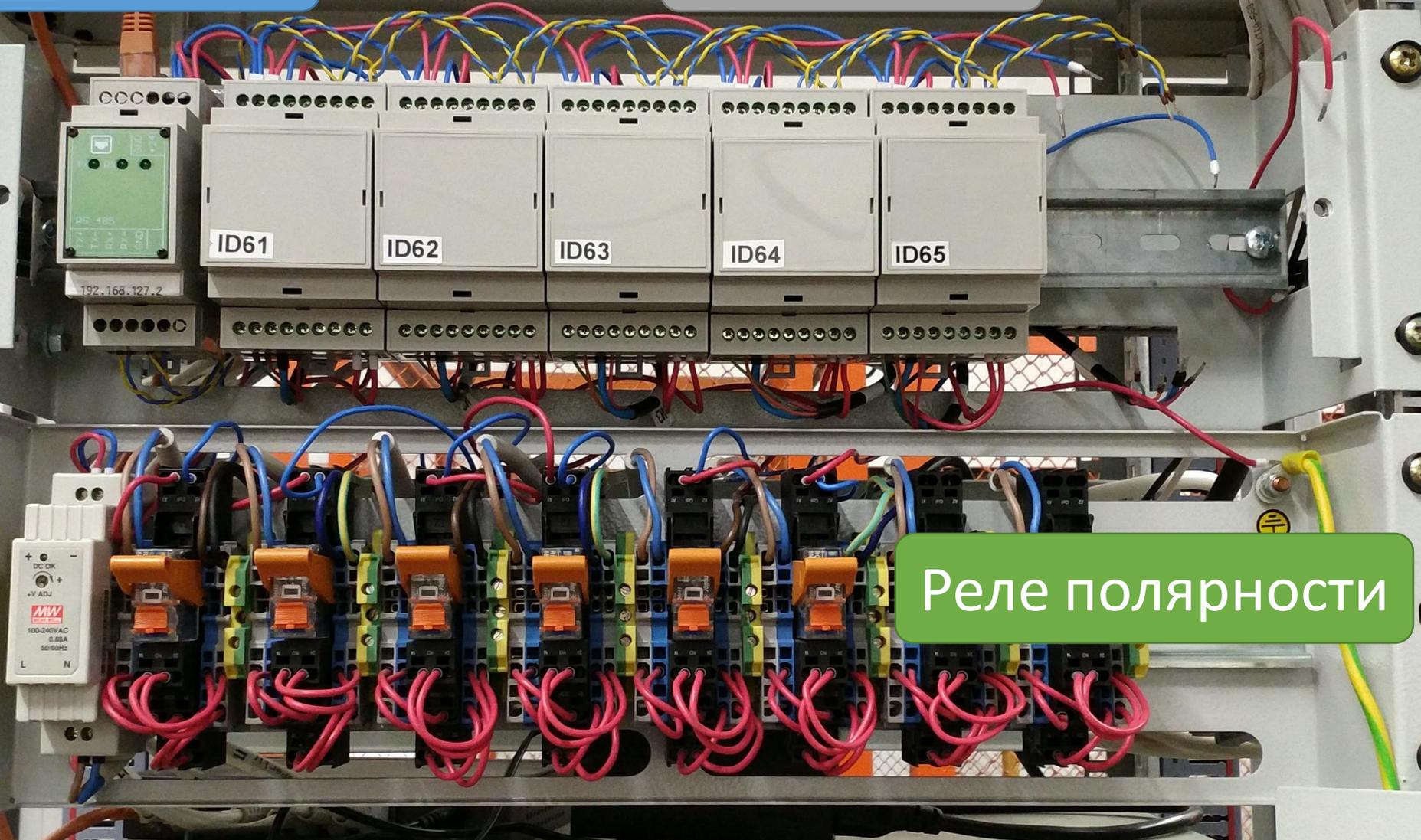


Питание корректоров – блоки управления



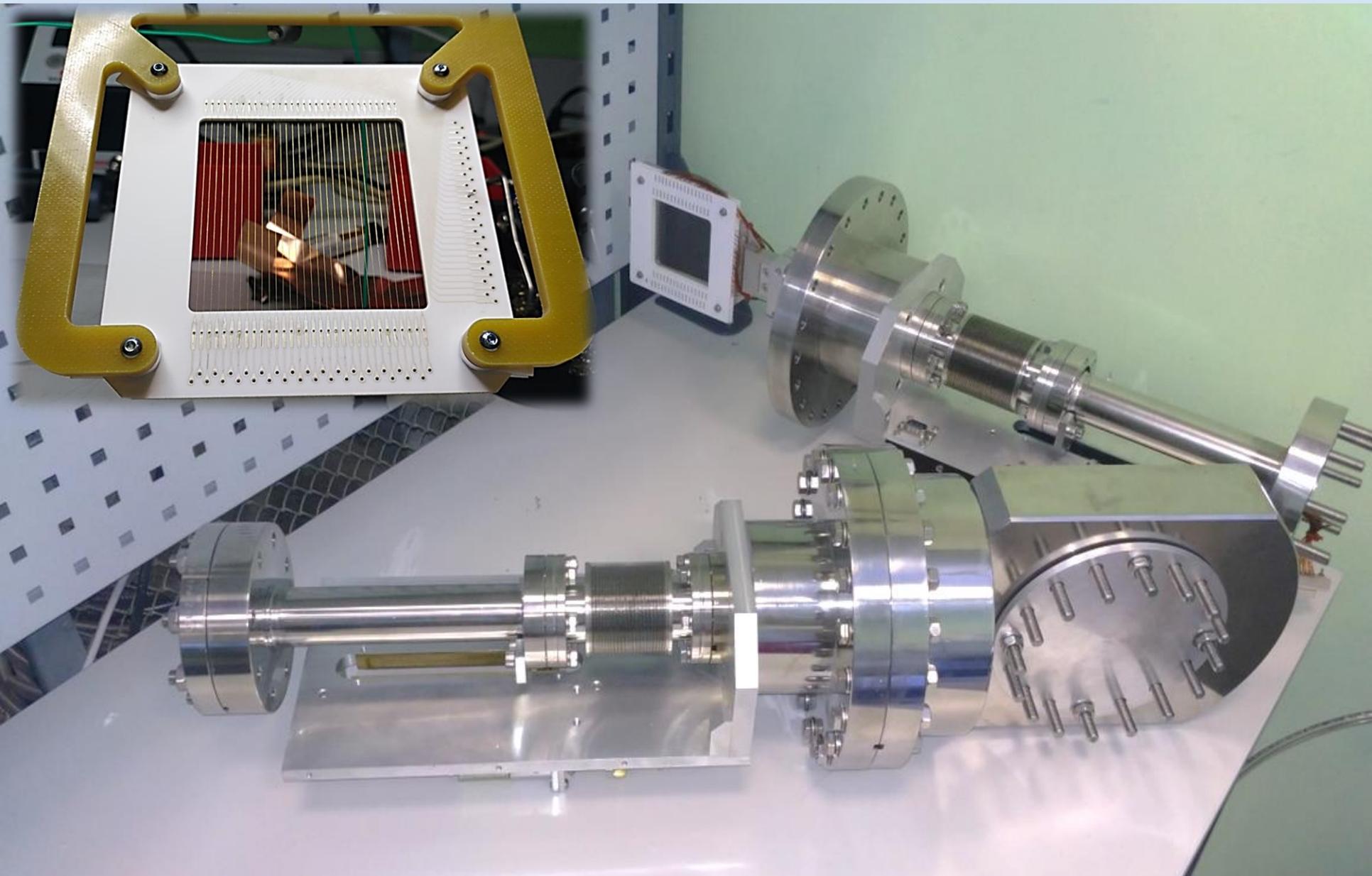
PSP-LAN

PSP-Modbus



Реле полярности

Измерения профилей пучка

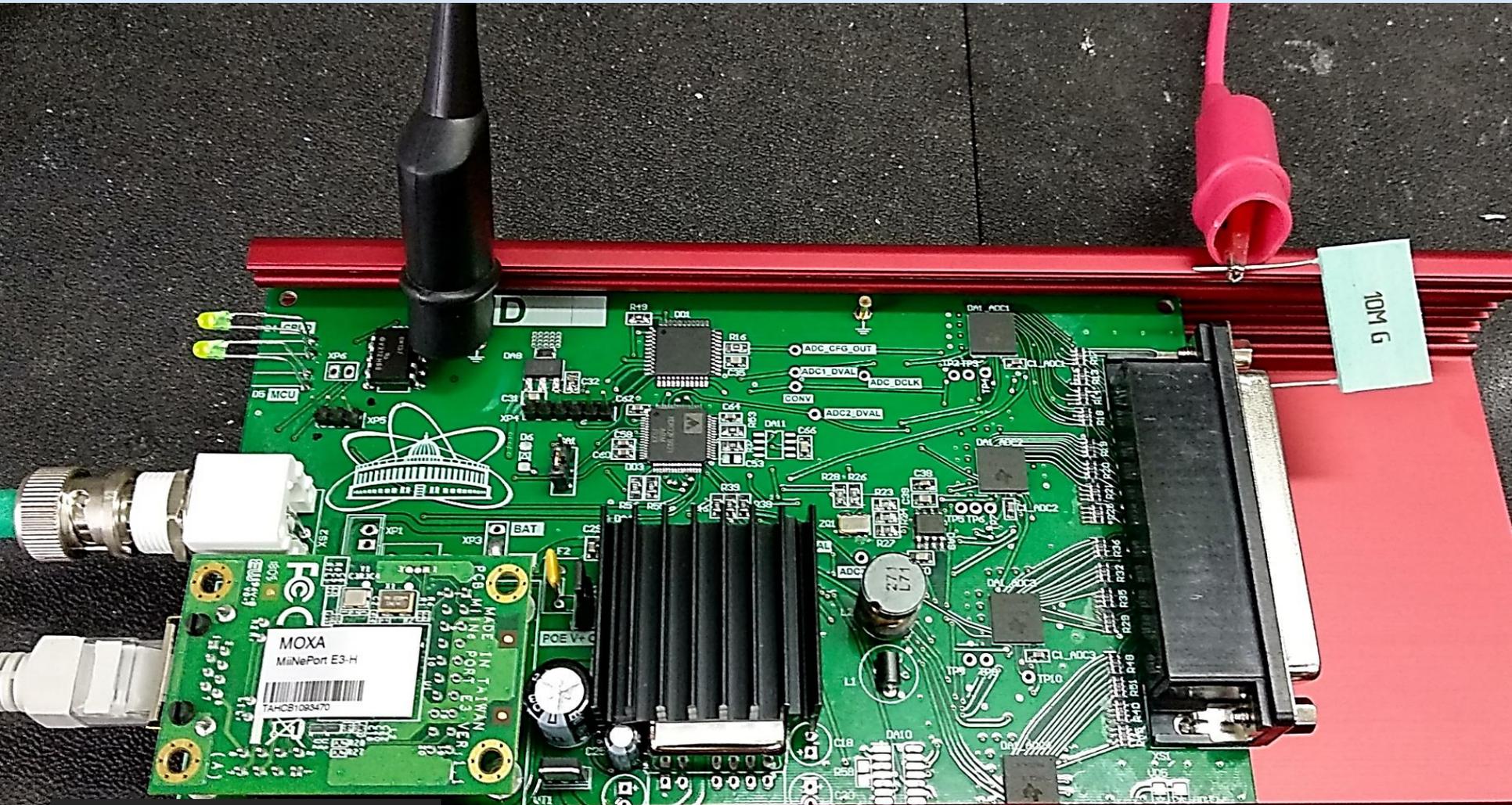


Измеритель профиля пучка BPM v1.42



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

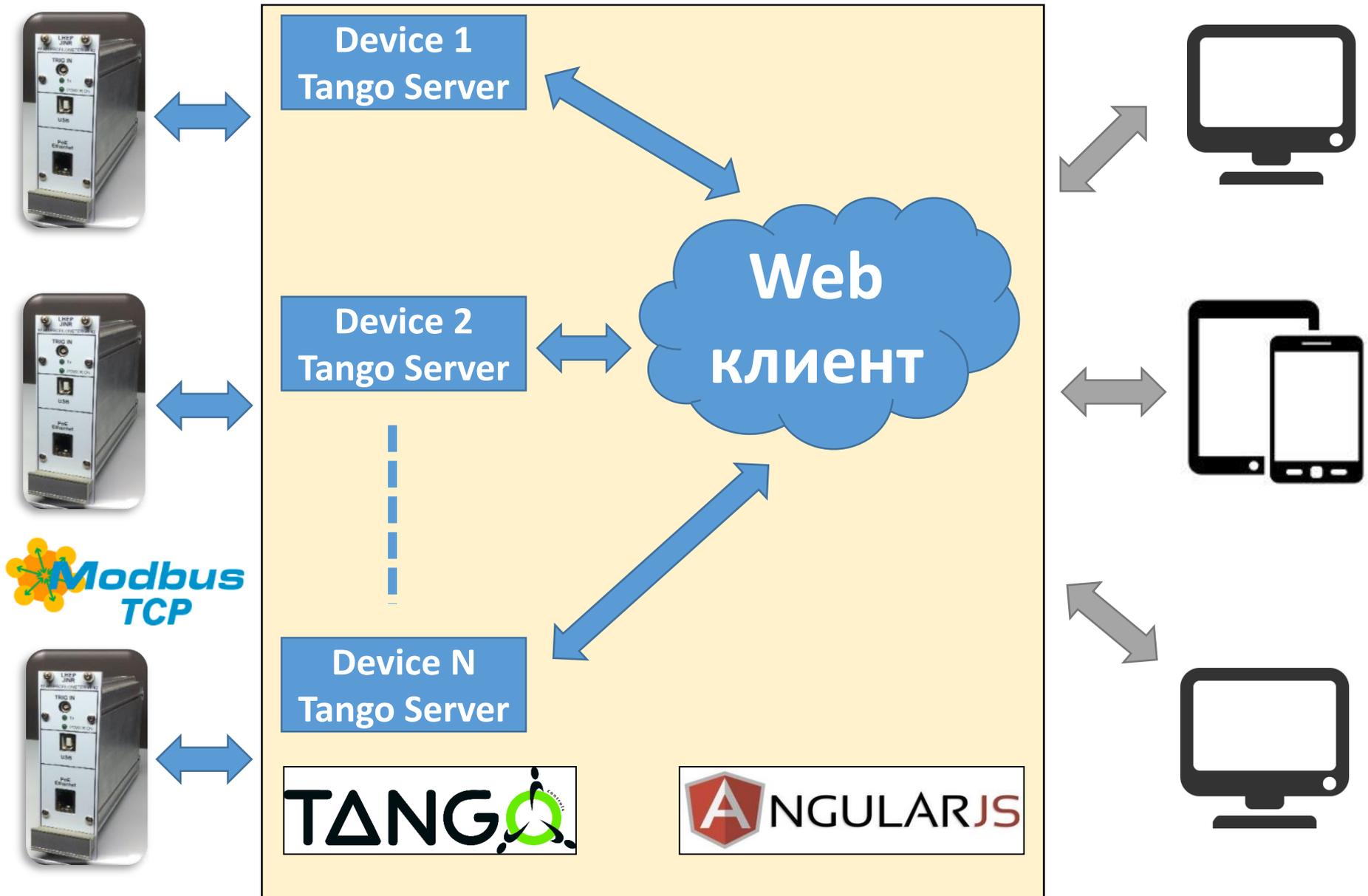


Запуск &
Ethernet + PoE

Управление

QDC

Структурная схема



Web интерфейс

Цикл: 22:03:19 Период 12 сек

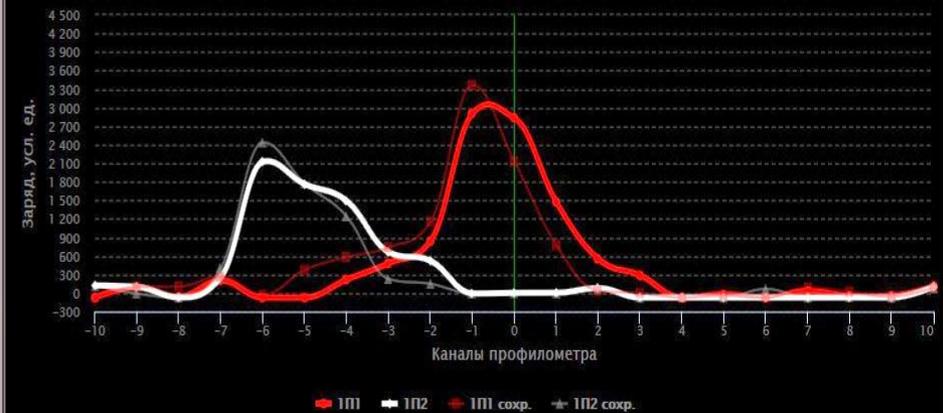
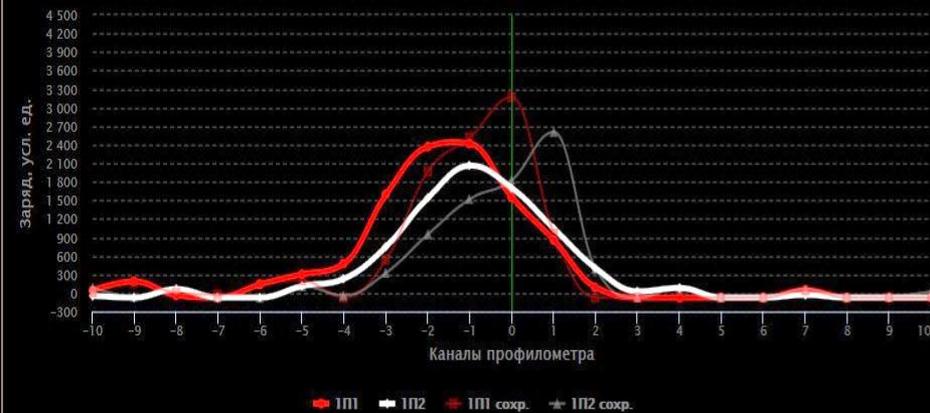
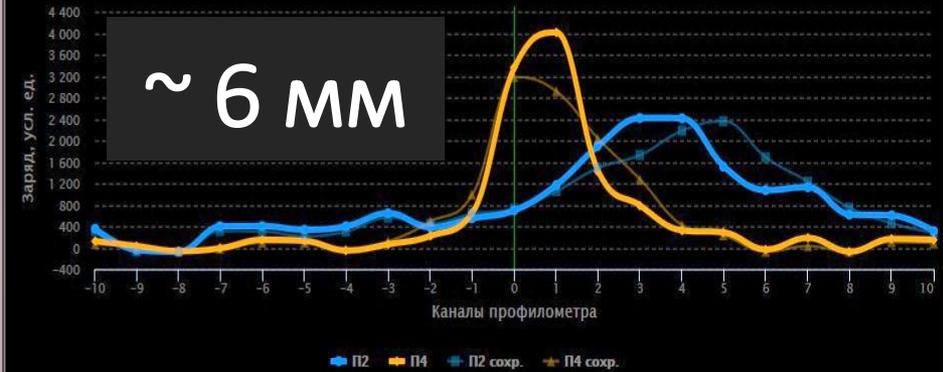
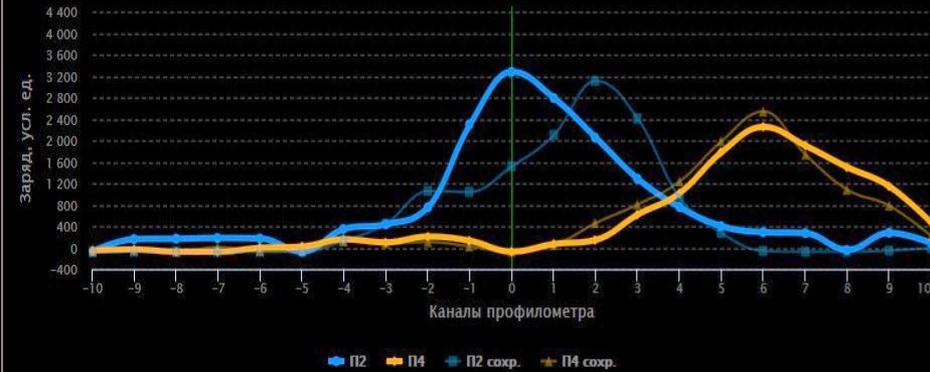
Профили инъекции

Статус: чтение данных...

Настройки профилометров

Профили X

Профили Y



Ar 16+ ~ 500 мкА

Инжекционный комплекс



Тяжелые ионы

Канал
ЛУТИ => БУСТЕР

Форинжектор

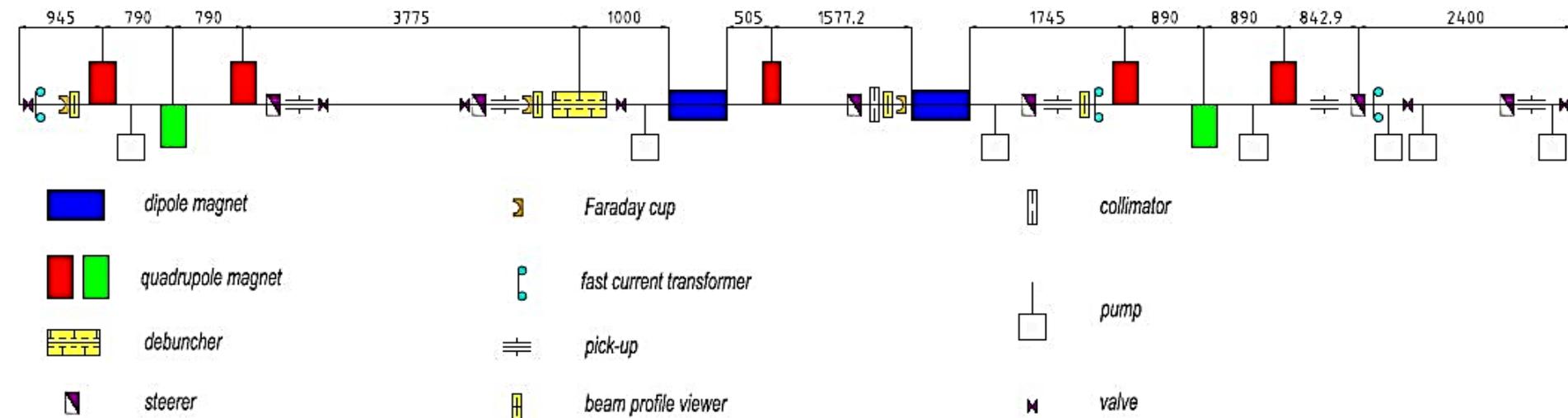
Легкие ионы и
поляриз. протоны

Структура канала ЛУТИ - Бустер

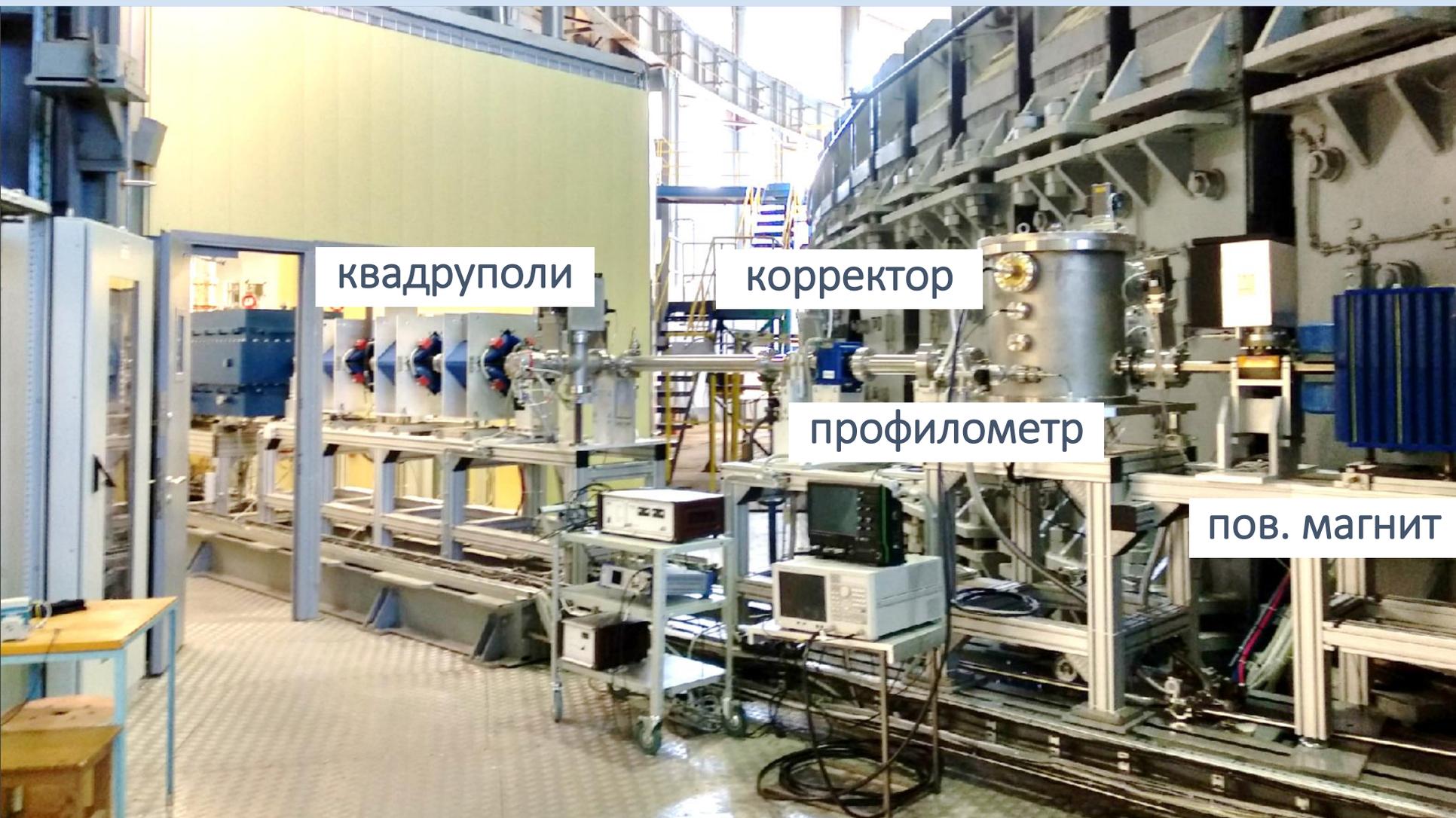
2 x дипольных магнита
7 x квадрупольных линз
6 x дипольных корректоров

4 x
профилометра

синхронизация



HILAC - Booster transport channel



квадруполи

корректор

профилومتر

пов. магнит

синхронизация

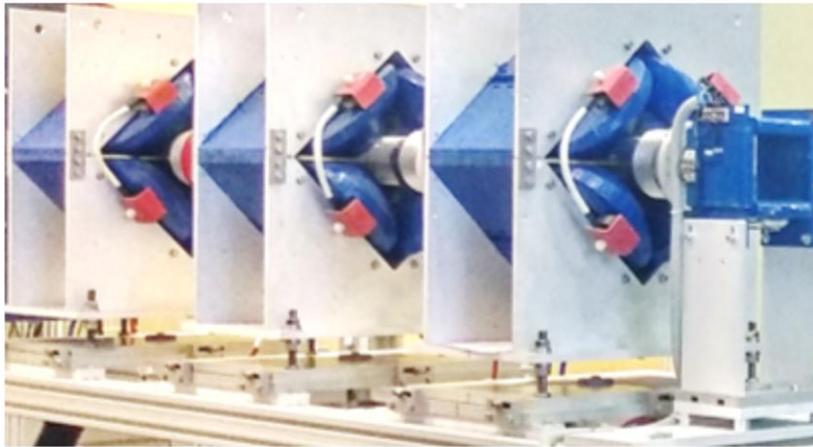
удаленное упр.

запуск

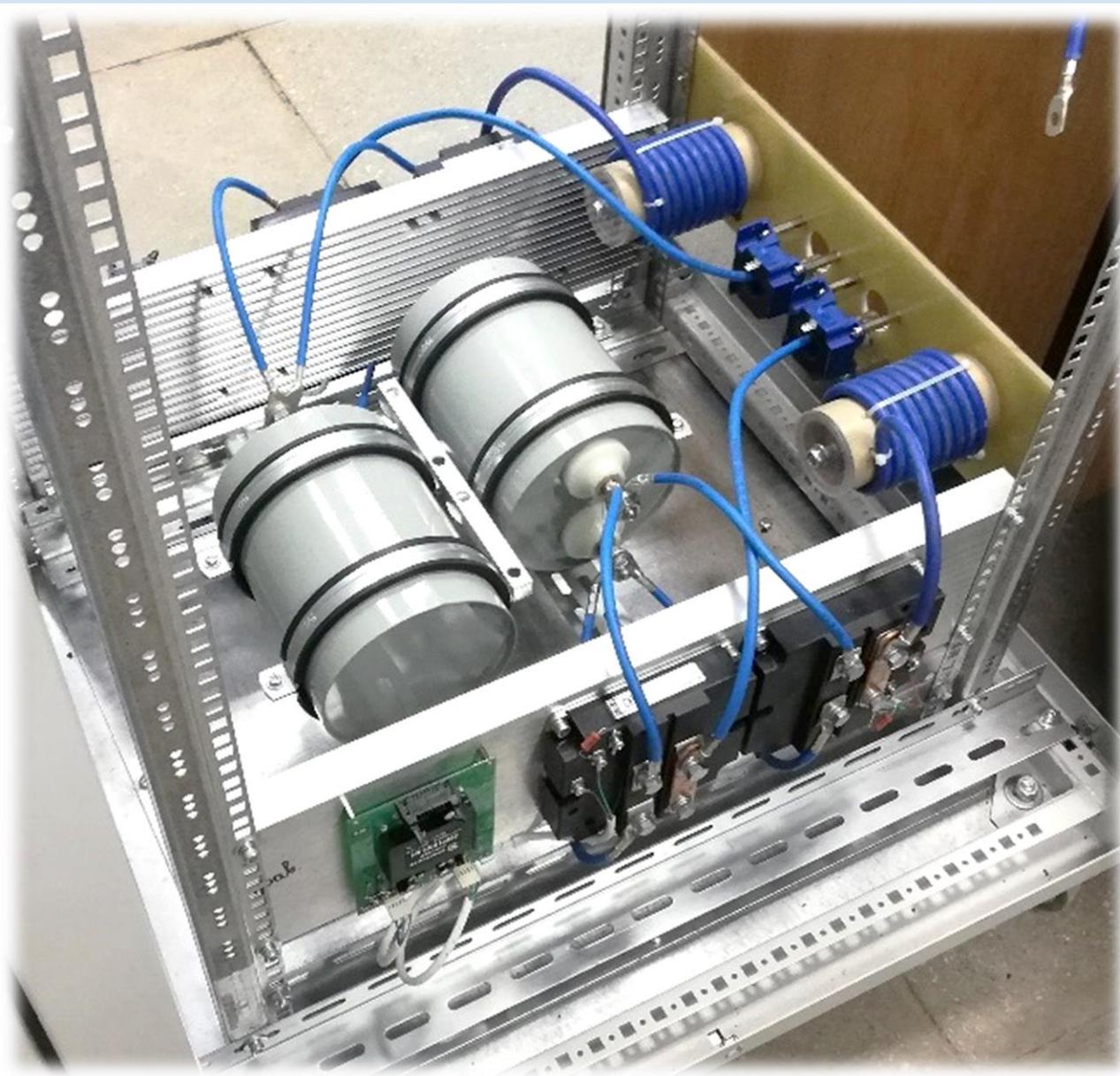
26.07.19

Магнитные элементы

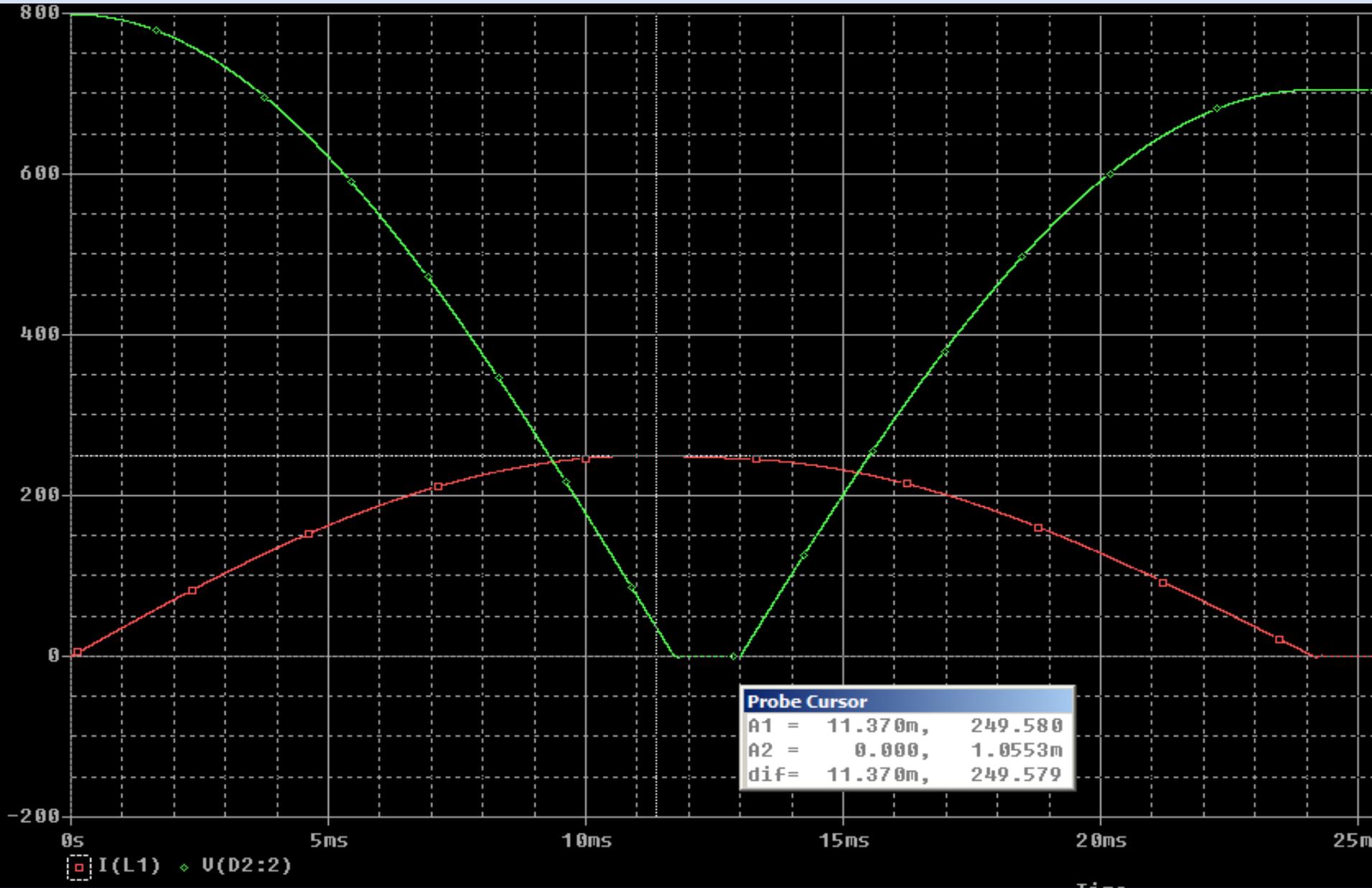
	value	stability
Dipole magnets	450 A	± 0.15 mA
Quadrupole lenses	230 A	± 1 mA
Dipole correctors	20 A	± 10 mA



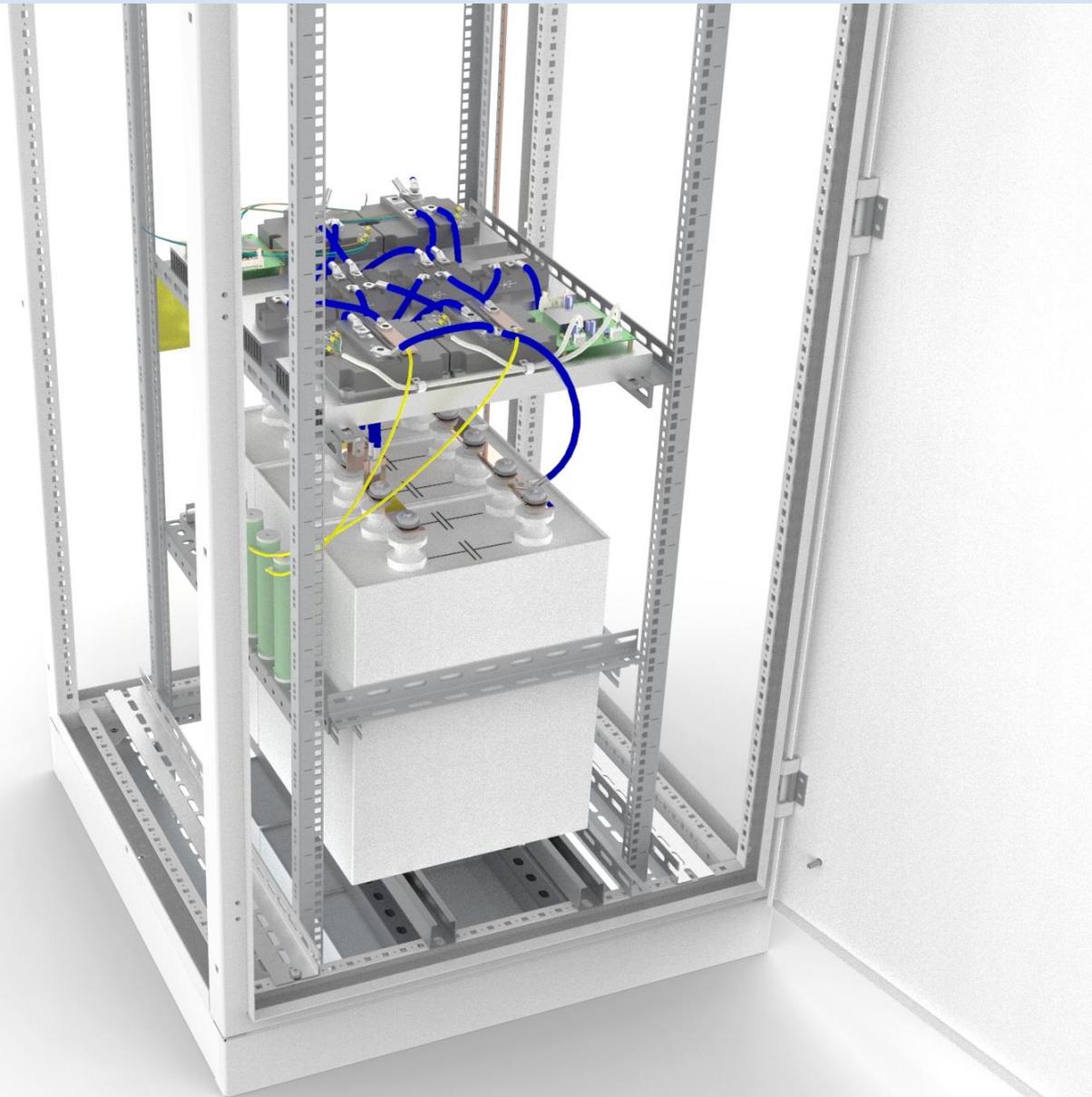
ИП квадруполей



Моделирование



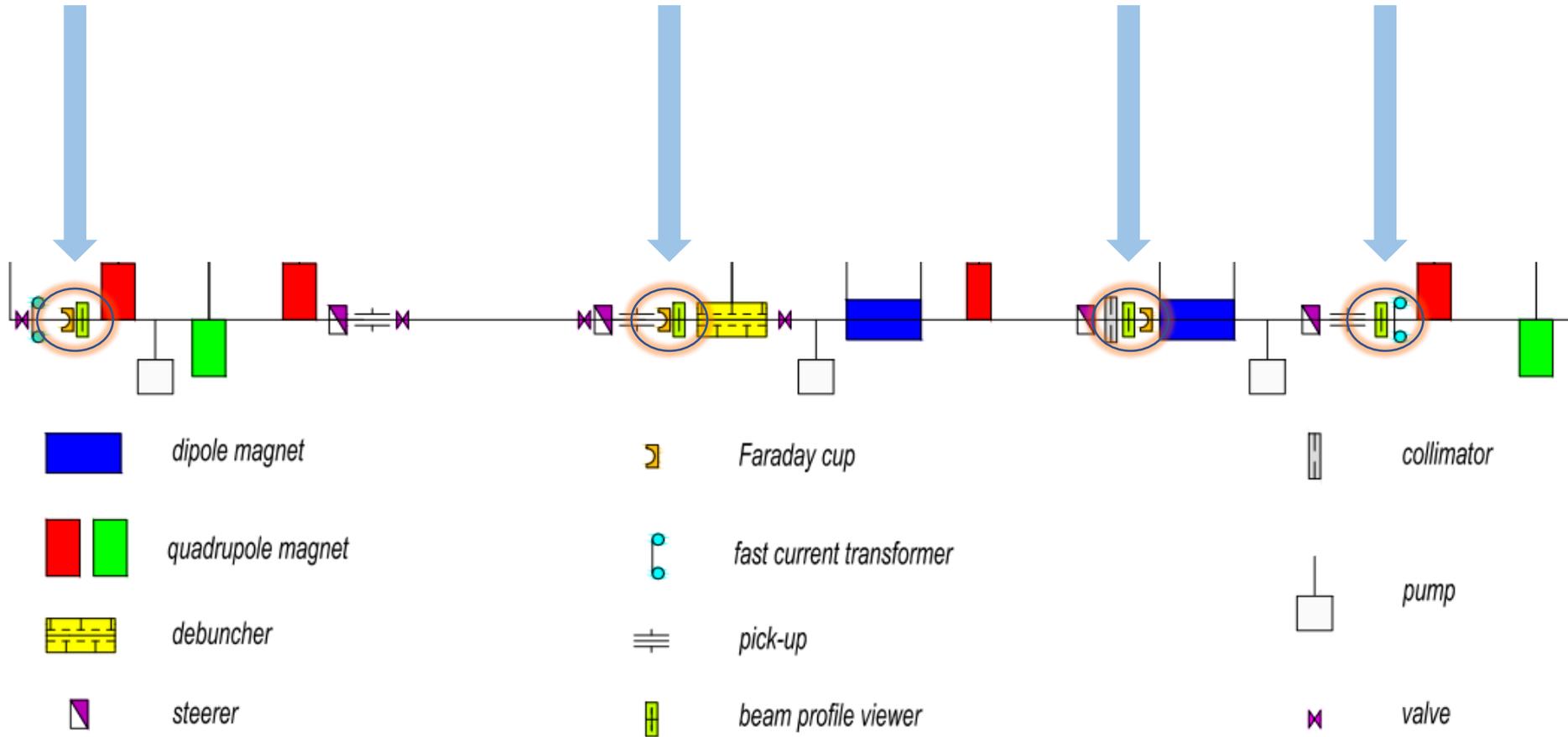
ИП дипольного магнита



вед. инж. Донец Д.Е.

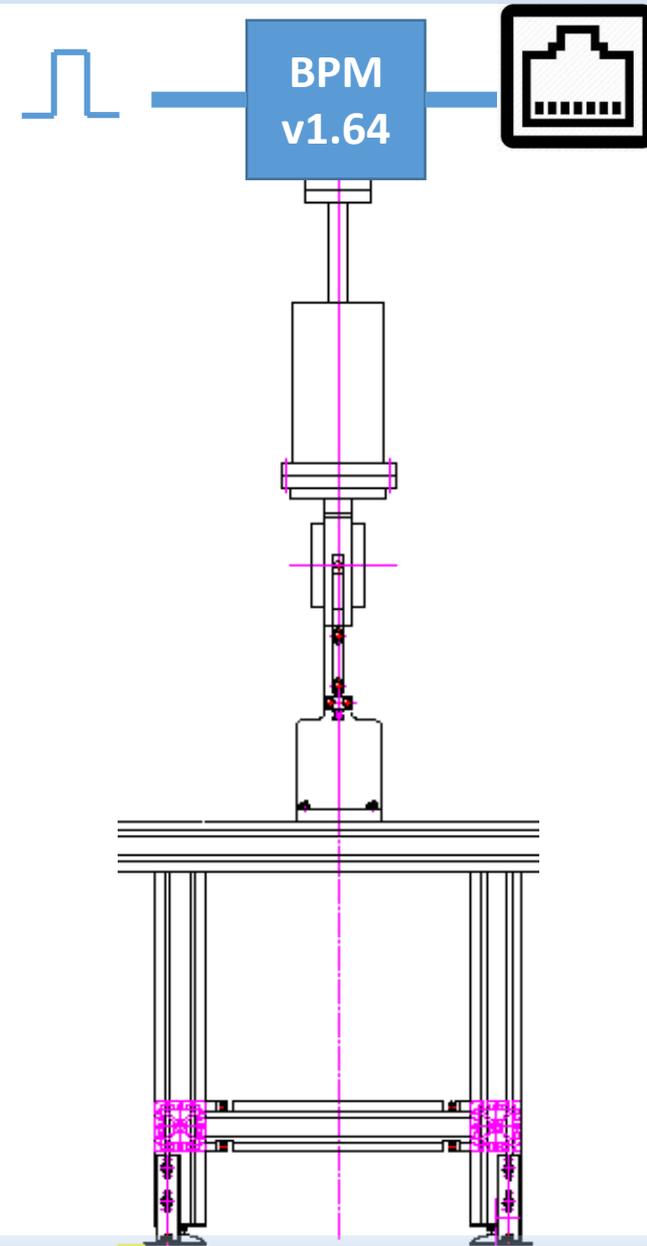
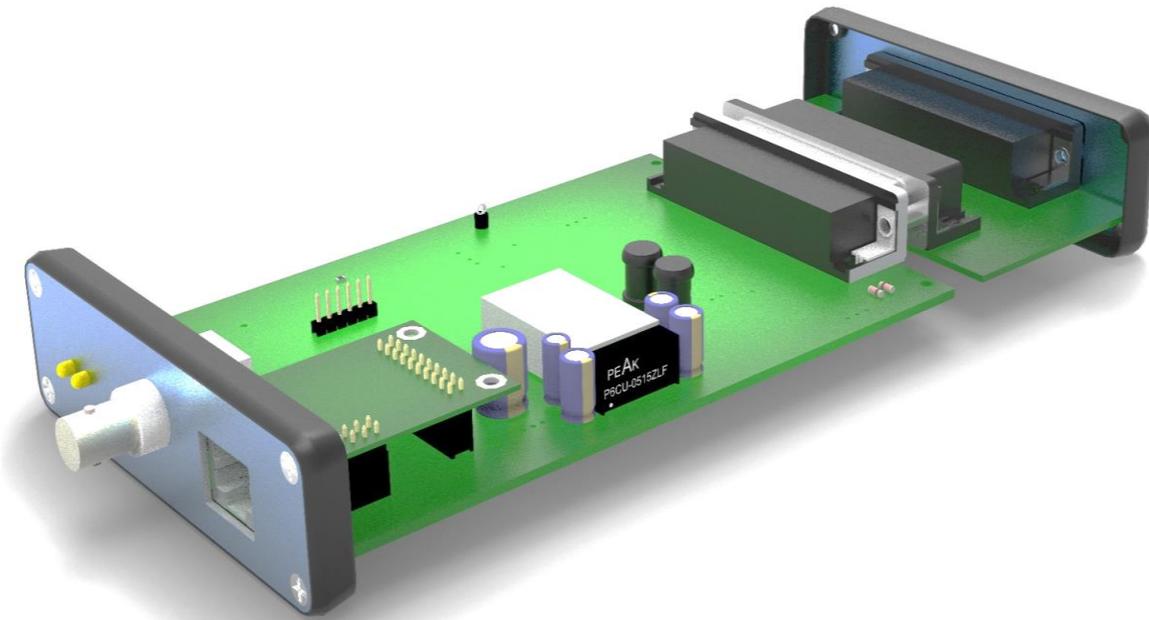
ст. инж. Люосев Д.А.

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

Широв Илья Вячеславович

Шевченко Константин и все все!

Спасибо за внимание!

