



XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта



КРИОН-N — электронно-струнный ионный источник для ускорительного комплекса NICA: ход работ

А.Ю. Рамздорф, А.Ю. Бойцов, Е.А.Бутенко, Е.Е. Донец, Д.Е. Донец,
Н.А. Малышев, Д.О. Понкин, Д.Н. Рассадов, В.В. Сальников и В.Б. Шутов



1. Характеристики КРИОН-N

2. Технические решения для КРИОН-N, отрабатываемые на существующем ионном источнике КРИОН-6Т

2.1 Градиентная структура ионной ловушки

2.2 Способ вывода ионов «бегущая волна»

2.3 Многоимпульсная инжекция

3. Прогресс в сборке КРИОН-N

3.1 Имеющиеся основные составные части ионного источника

3.2 Характеристики сверхпроводящего соленоида

3.3 Испытания сверхпроводящего соленоида

1. Характеристики разрабатываемого электронно-струнного ионного источника КРИОН-N

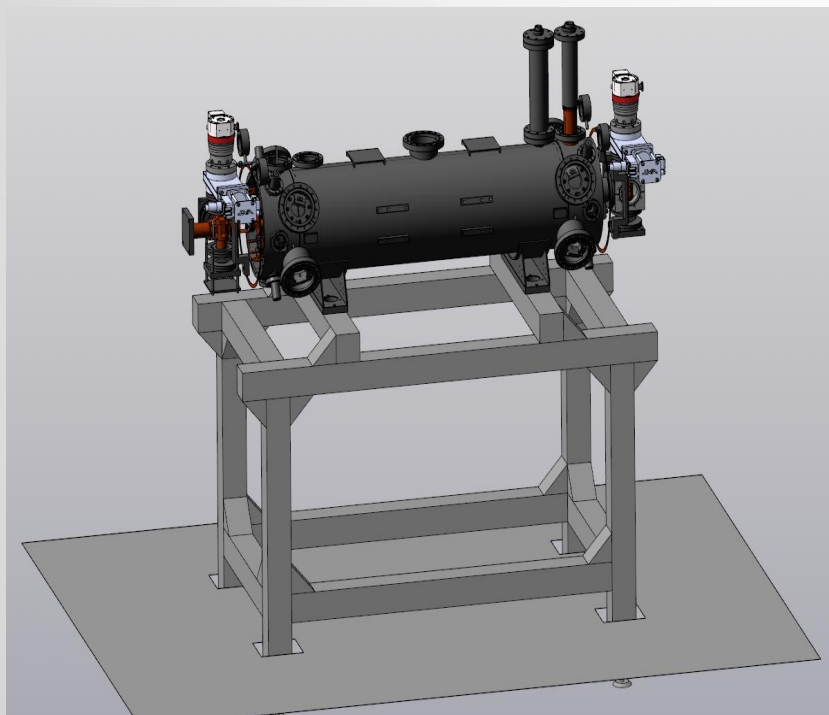


Рис. 1 3D-модель основной
части КРИОН-N

Таб.1 Характеристики	
Ёмкость гелиевого криостата, л	31 (17)
Период подливки жидкого гелия, сут	5 (1,5)
Ёмкость азотного криостата, л	31 (17)
Период подливки жидкого азота, сут	5 (2)
Максимальный ток в соленоиде, А	150 (95)
Максимальное поле, Тл	6,3 (5,4)
Максимальная энергия электронов, кэВ	10 (10)
Напряжение отражателя, кВ	20 (20)

2.1 Градиентная структура ионной ловушки

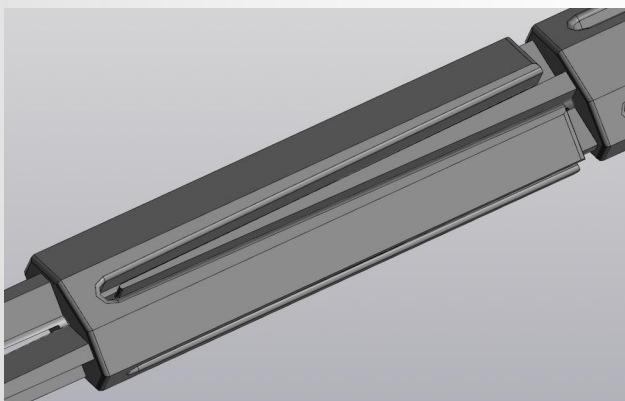
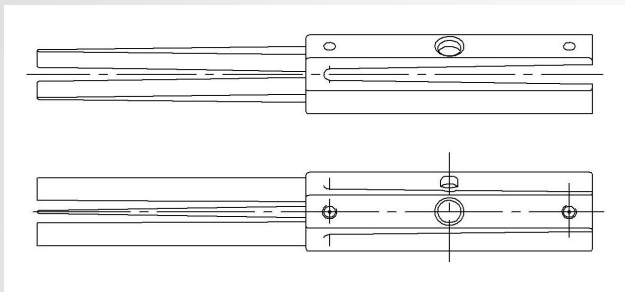


Рис. 2 Чертёж и 3D модель
секции градиентной структуры

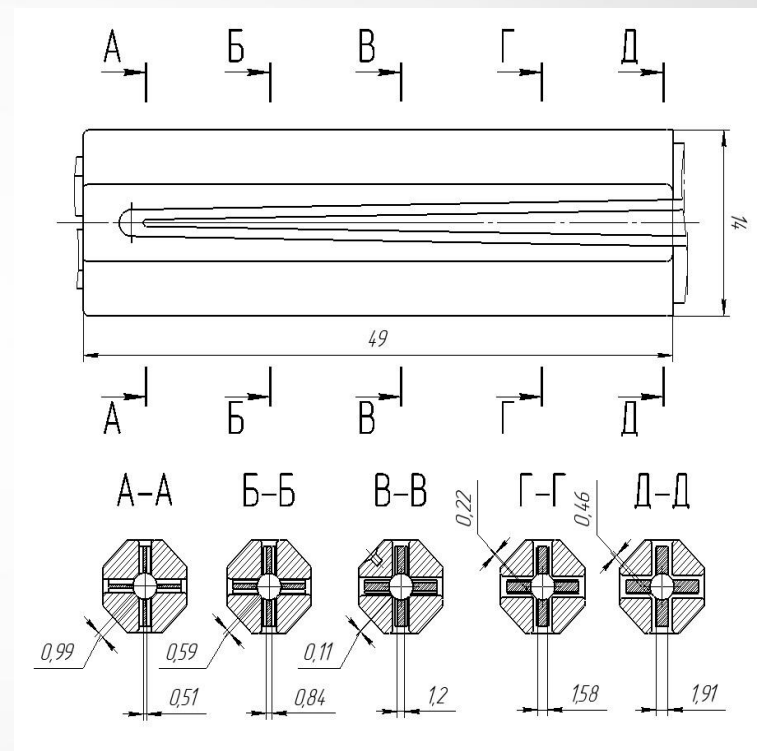


Рис. 3 Взаимопроникновение соседних
секций

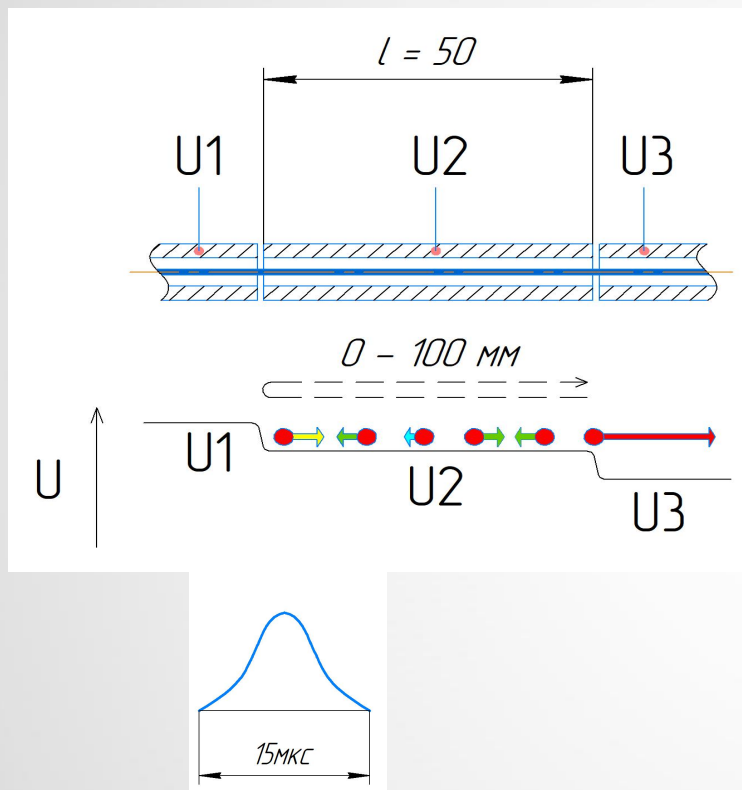


Рис. 4 Схема способа вывода ионов из **классической** ловушки и типичные длительности ионных пучков из неё

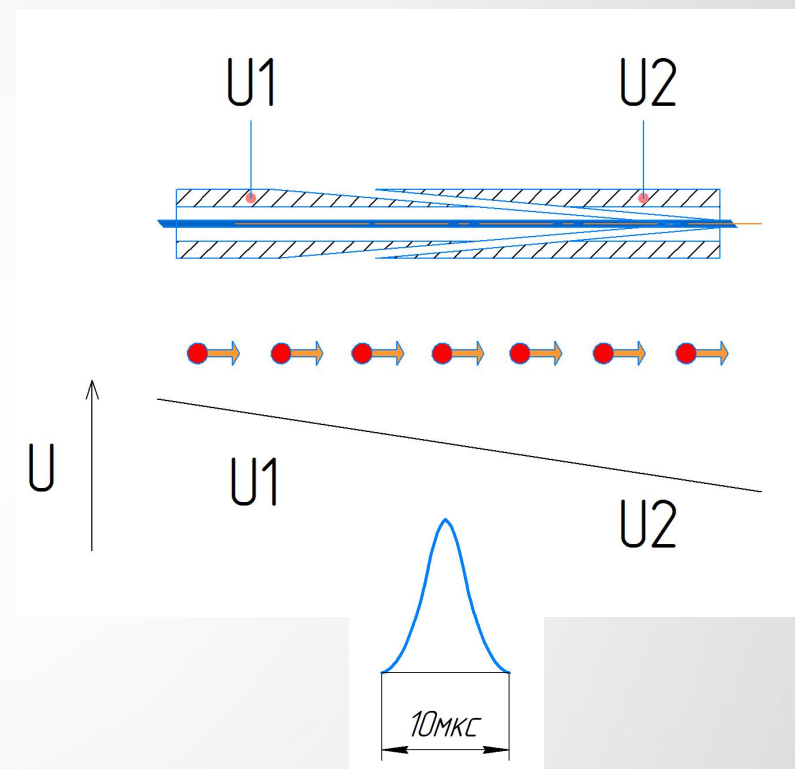


Рис. 5 Схема способа вывода ионов из **градиентной** ловушки и типичные длительности ионных пучков из неё



Рис. 6 Секции градиентной структуры



Рис. 7 Межсекционные конденсаторы.
Гибкая печатная плата на каптоне.



Рис. 8 Конденсатор,
подготовленный к монтажу



Рис. 9 Юстировка секций. Выставление
высоты установки секций слоями каптона

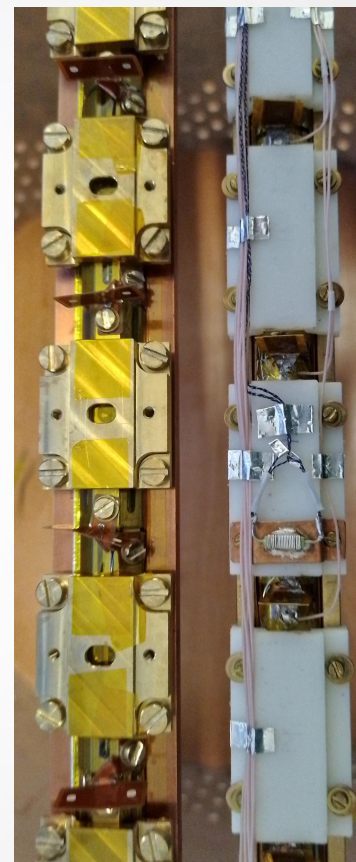
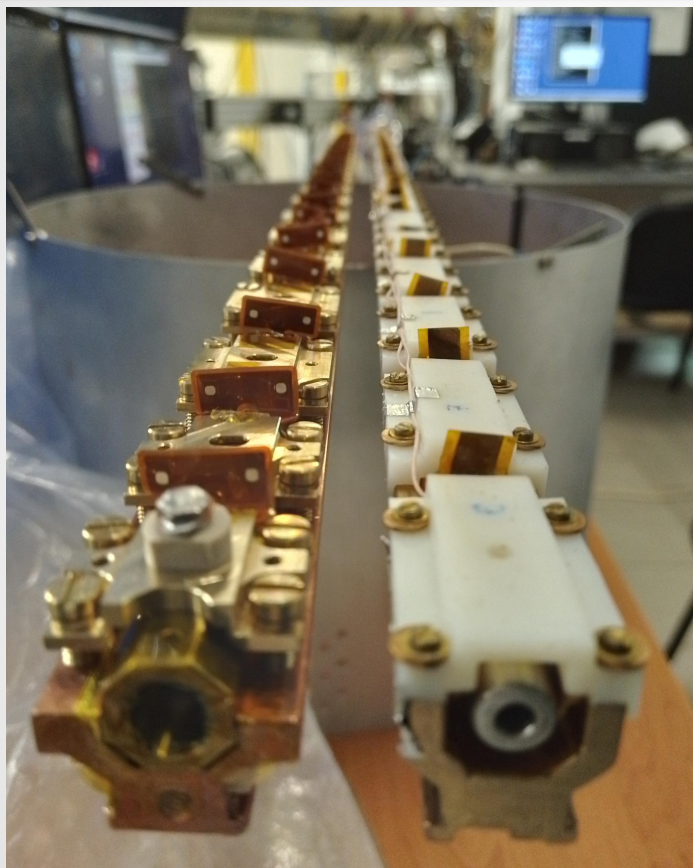
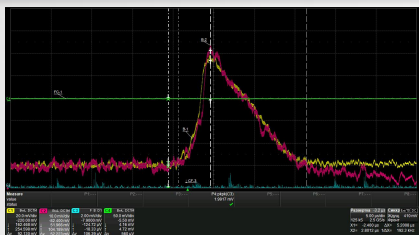


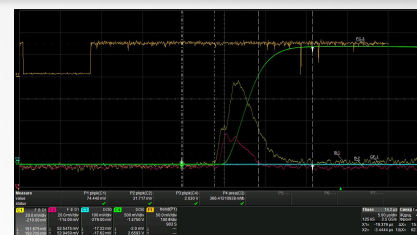
Рис. 10 Градиентная(слева на обоих фото) и классическая
ионные ловушки



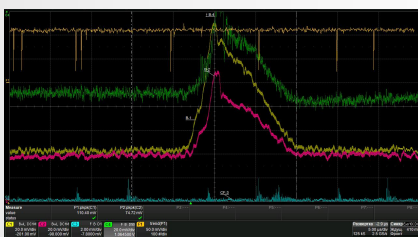
XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта



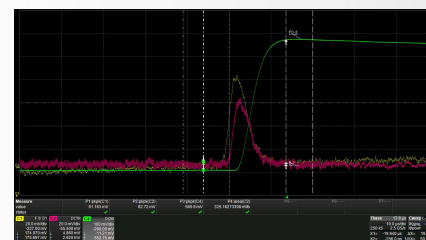
03.11.2022/15 мс/6 мс



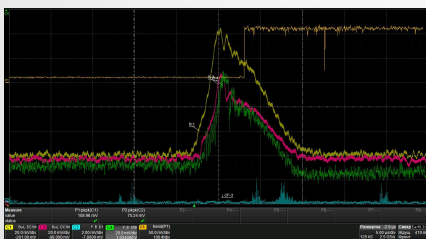
09.02.2024/10 мс/5 мс



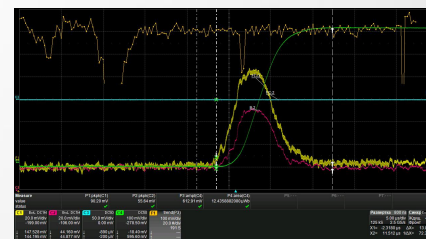
18.01.2023/13 мс/7 мс



26.07.2024/12 мс/6 мс



21.01.2023/13 мс/6 мс



17.07.2024/12 мс/5 мс

Рис. 11 Осциллограммы сигналов с В1, В2 ускоренного пучка в сеансах ЛУТИ

2.2 Способ вывода ионов «бегущая волна»

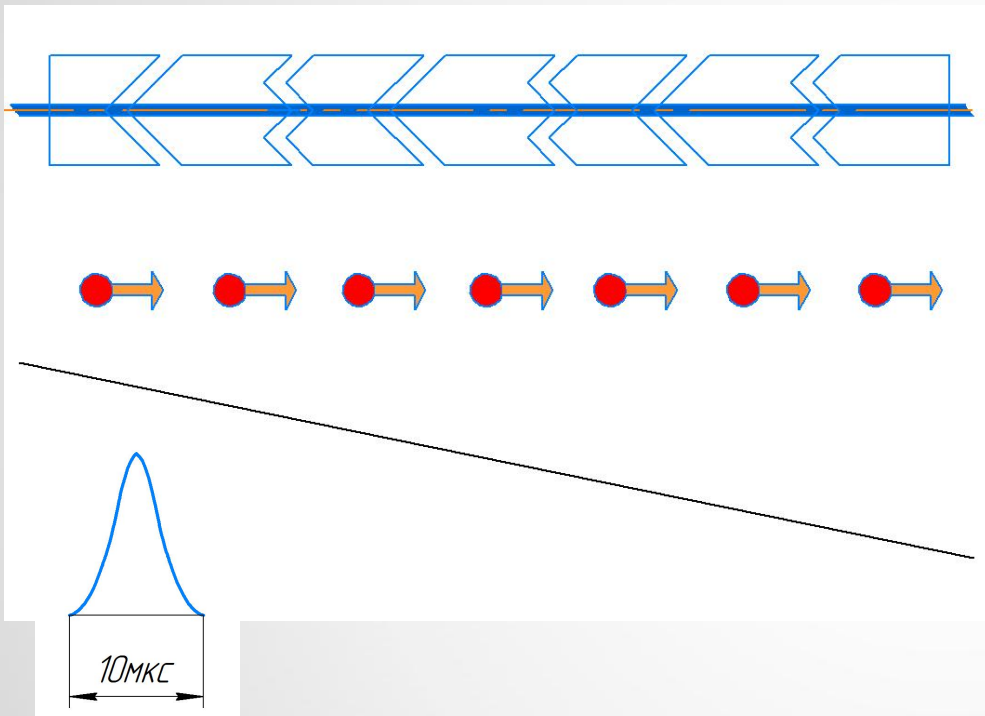


Рис. 12 Схема вывода ионов из градиентной ловушки и типичные длительности ионных пучков из неё

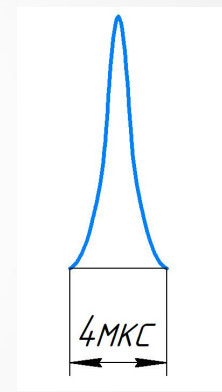
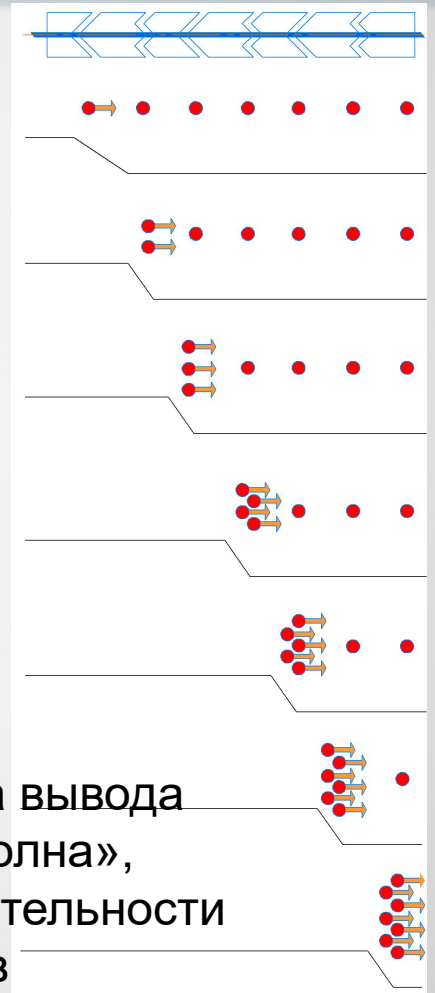


Рис. 13 Схема вывода «бегущая волна», ожидаемые длительности пучков



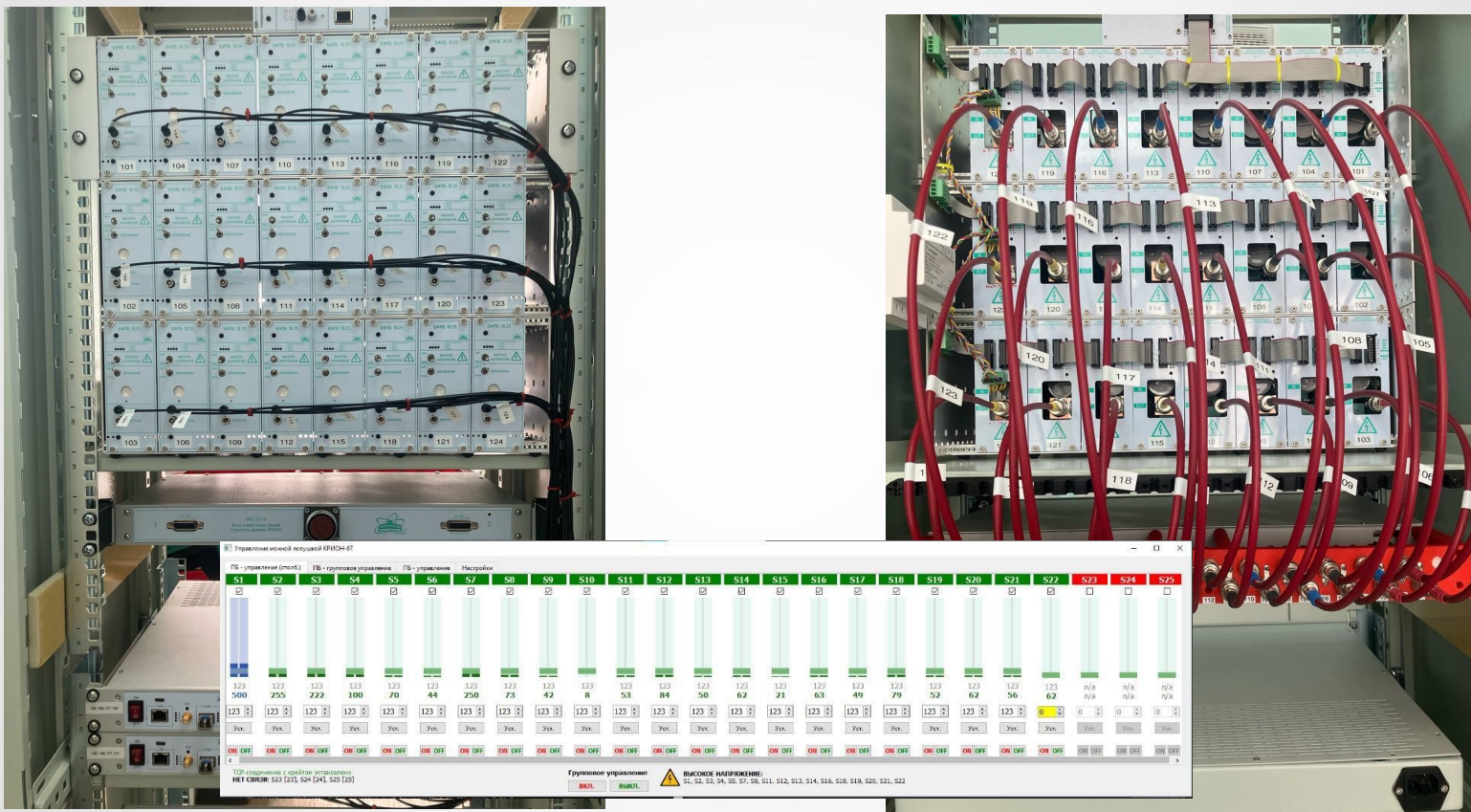


Рис. 14 Блок электроники для осуществления вывода ионов способом «бегущая волна». Управляющая программа.

2.3 Многоимпульсная инжекция

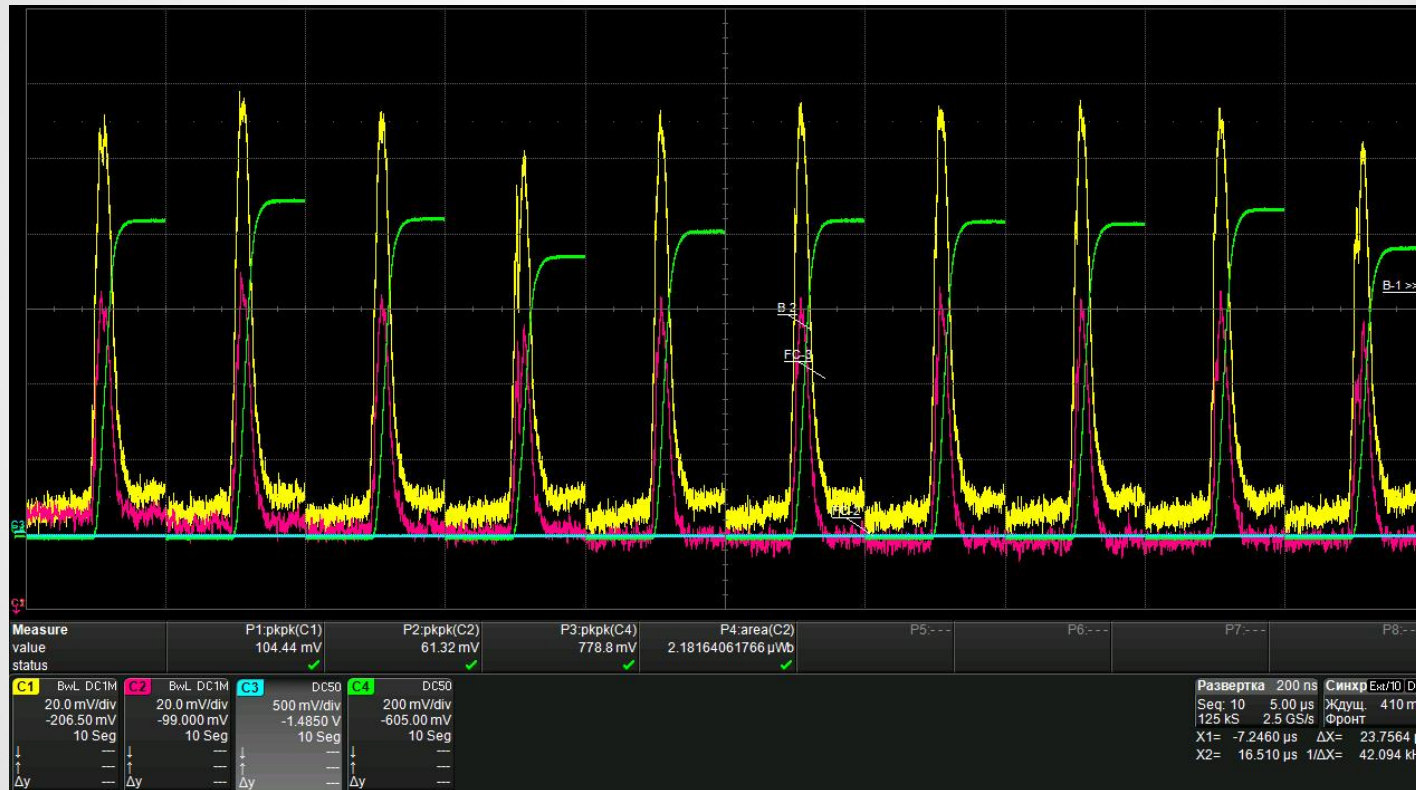


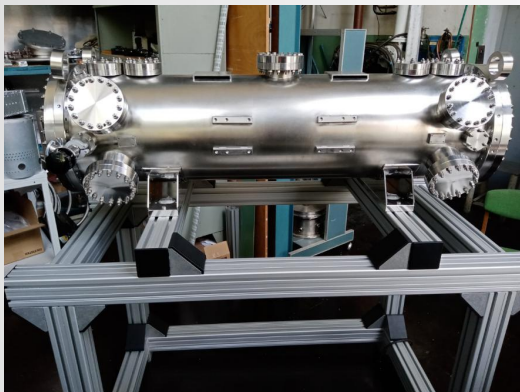
Рис. 15 Десятикратный вывод ионов Xe^{26+} , июль 2024 г. Осциллограммы сигналов ускоренных пучков с В1 и В2 ЛУТИ. 100 мс период между импульсами.



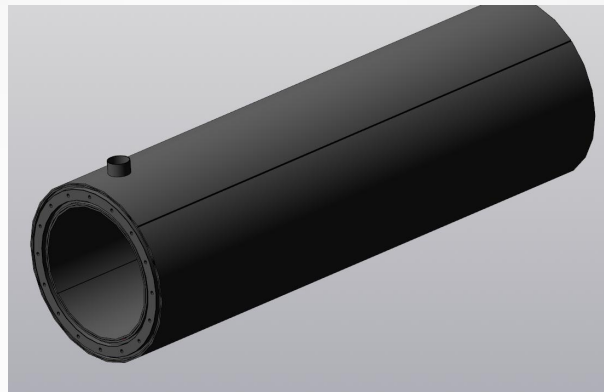
XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта



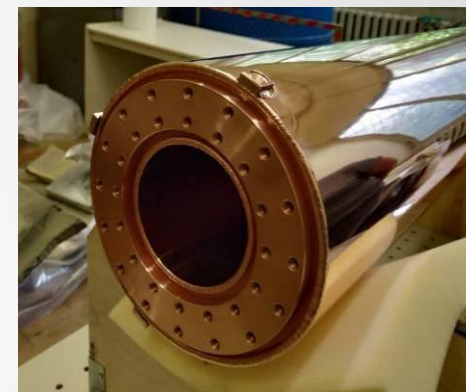
3.1 Имеющиеся основные части ионного источника КРИОН-N (Рис.16)



А. Вакуумная камера



Б. Азотный криостат



В. Гелиевый криостат



Г. Система подвесок



Д. Трубки заливки криостатов



Е. Откачная система,
расходо/уровнемеры

3.2 Характеристики сверхпроводящего соленоида

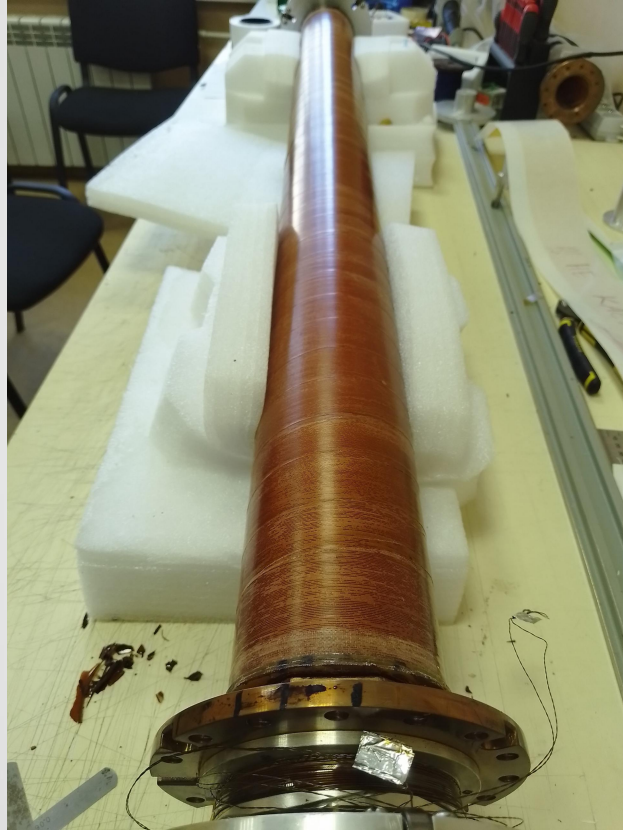
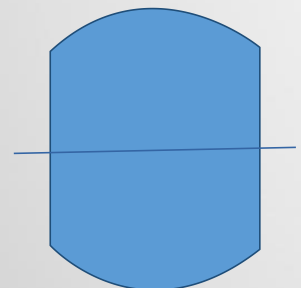
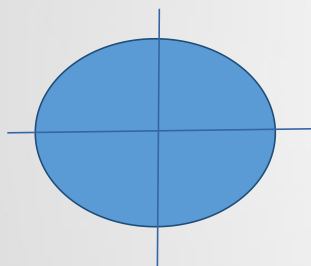
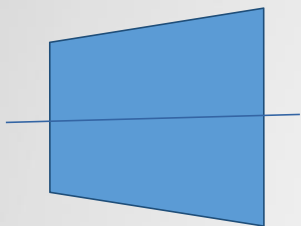


Рис. 17 Соленоид, намотанный и запеченный

Таб. 2 Характеристики соленоида	
Длина обмотки (факт.), мм	1173
Диаметр каркаса, мм	56
Диаметр СП кабеля, мм	0,7
Кол-во слоёв обмотки	24
Кол-во слоёв бандаж	2
Кол-во витков обмотки	37195
Проектный ток, А	150
Максимальное поле при проектном токе, Тл	6,27
Длина сверхпроводника, км	~9



Анализ фактической геометрии обмотки соленоида (Таб. 3)



Конусность каркаса	
Диаметр каркаса у БФ, мм	55,8
Диаметр каркаса у МФ, мм	55,9
Макс. откл. диаметра каркаса от среднего значения, %	0,09
Эллиптичность обмотки	
Диаметр обмотки в центре (азимут 0 гр.), мм	95,7
Диаметр обмотки в центре (азимут 90 гр.), мм	95,8
Эллиптичность, %	0,05
Бочкообразность обмотки	
Диаметр обмотки у БФ (азимут 0 гр.), мм	95,0
Диаметр обмотки в центре (азимут 0 гр.), мм	95,7
Диаметр обмотки у МФ (азимут 0 гр.), мм	94,9
Макс. откл. диаметра обмотки от среднего значения, %	0,42

3.3 Испытания сверхпроводящего соленоида



Рис. 18 Криостат для испытаний
сверхпроводящего соленоида



Рис. 19 Верхняя часть криостата

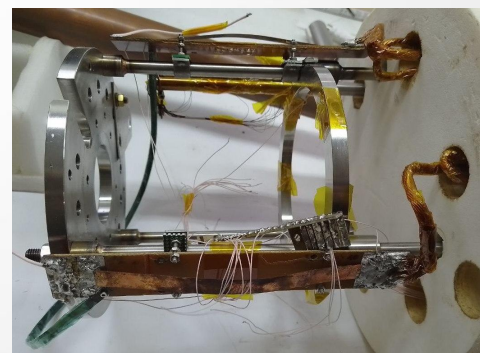


Рис. 20 Узел ВТСП тоководов

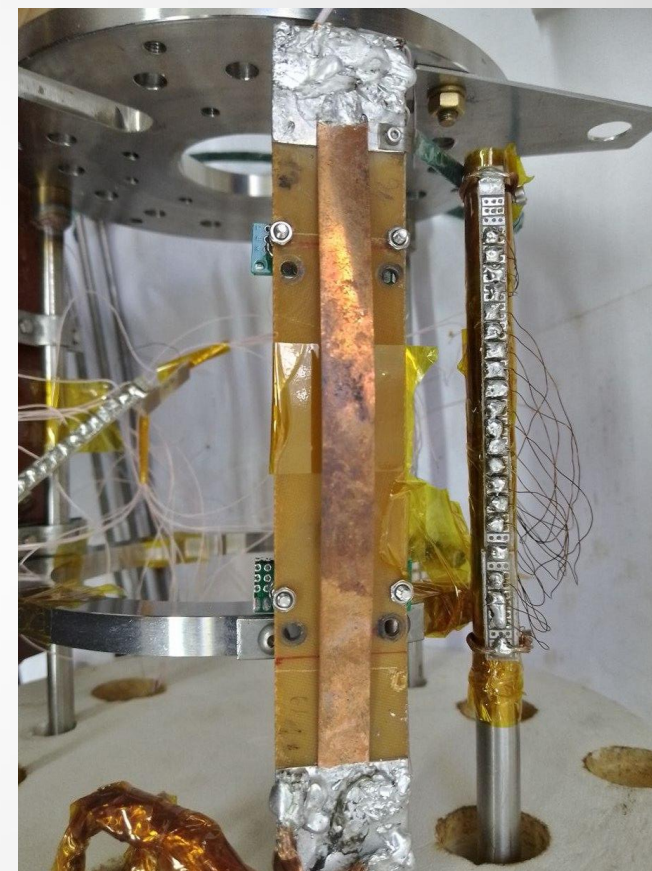
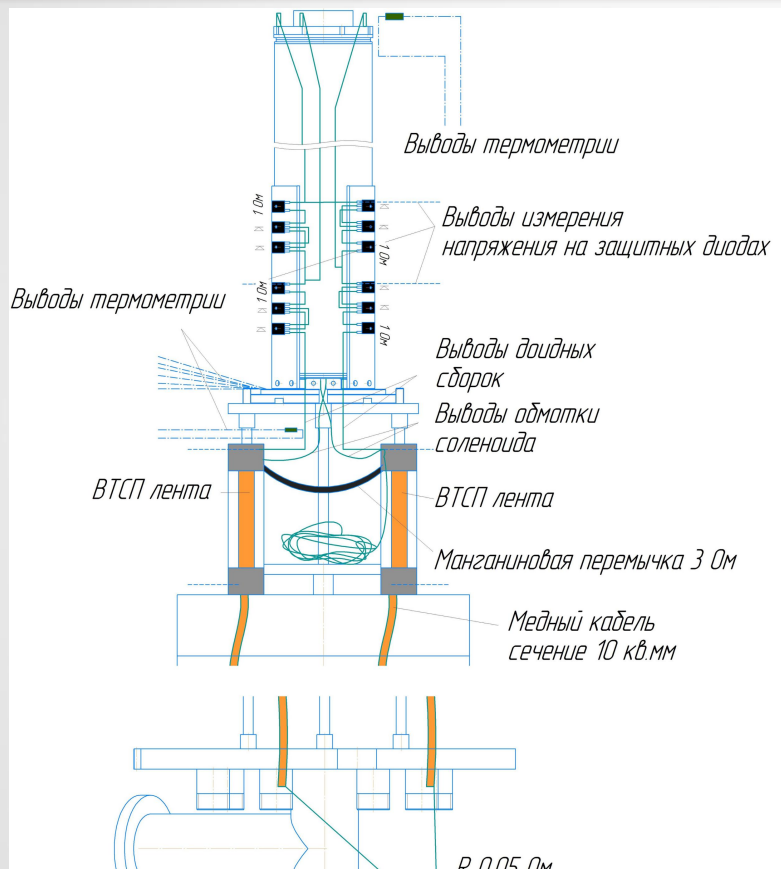


Рис. 21 Схема подключения сверхпроводящего соленоида при испытаниях

Рис. 22 ВТСП токовод



XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта

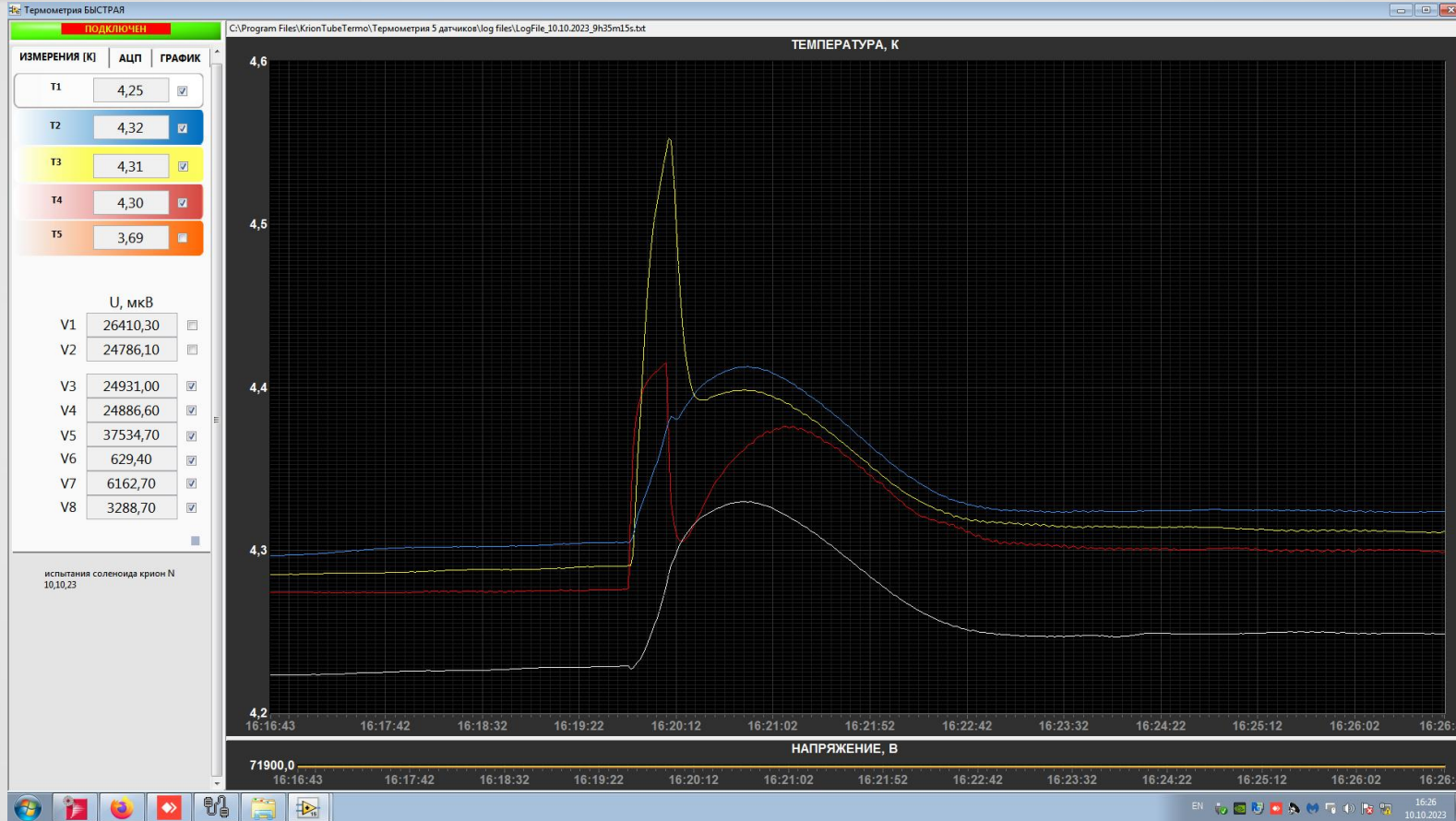


Рис. 23 График нагрева при переходе (ток 86 А, скорость заводки тока 0,1 А/с)



XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта

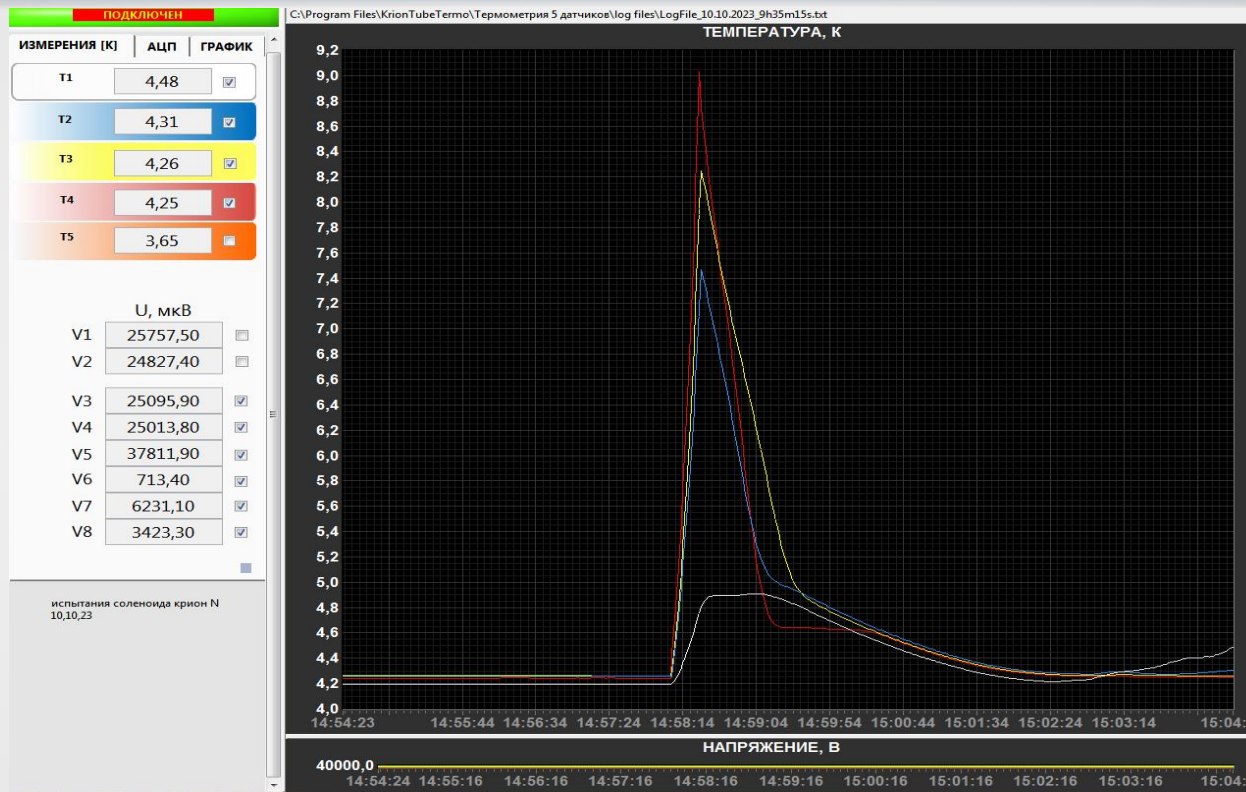


Рис. 24 График нагрева при переходе (ток 170 А, скорость заводки тока 0,05 А/с)

Результат испытаний свехпроводящего соленоида:

Подтверждена стабильная длительная работа при 160 А - 6,45 Т

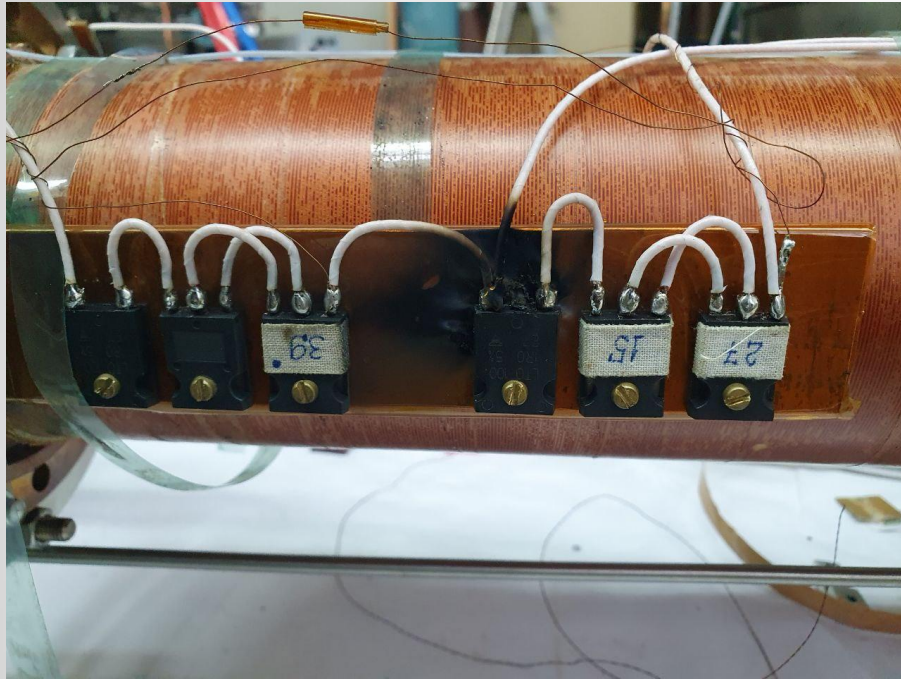


Рис. 25 Повреждение сменного резистора системы защиты соленоида в результате перехода в нормальное состояние

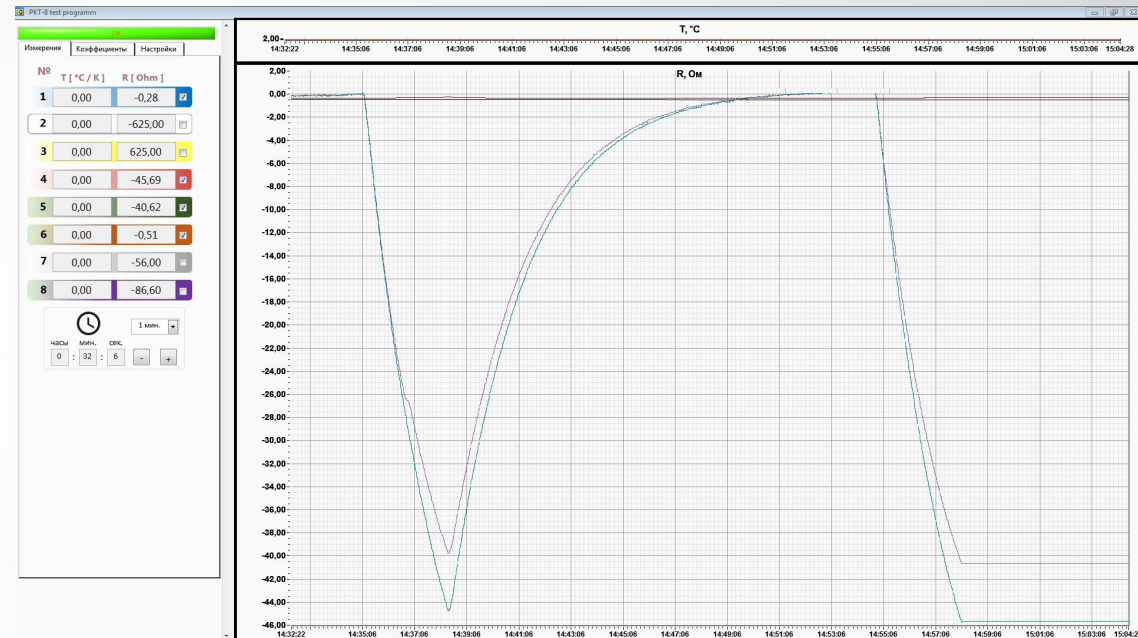


Рис. 26 График напряжений на диодах системы защиты при заводке тока и в момент перехода

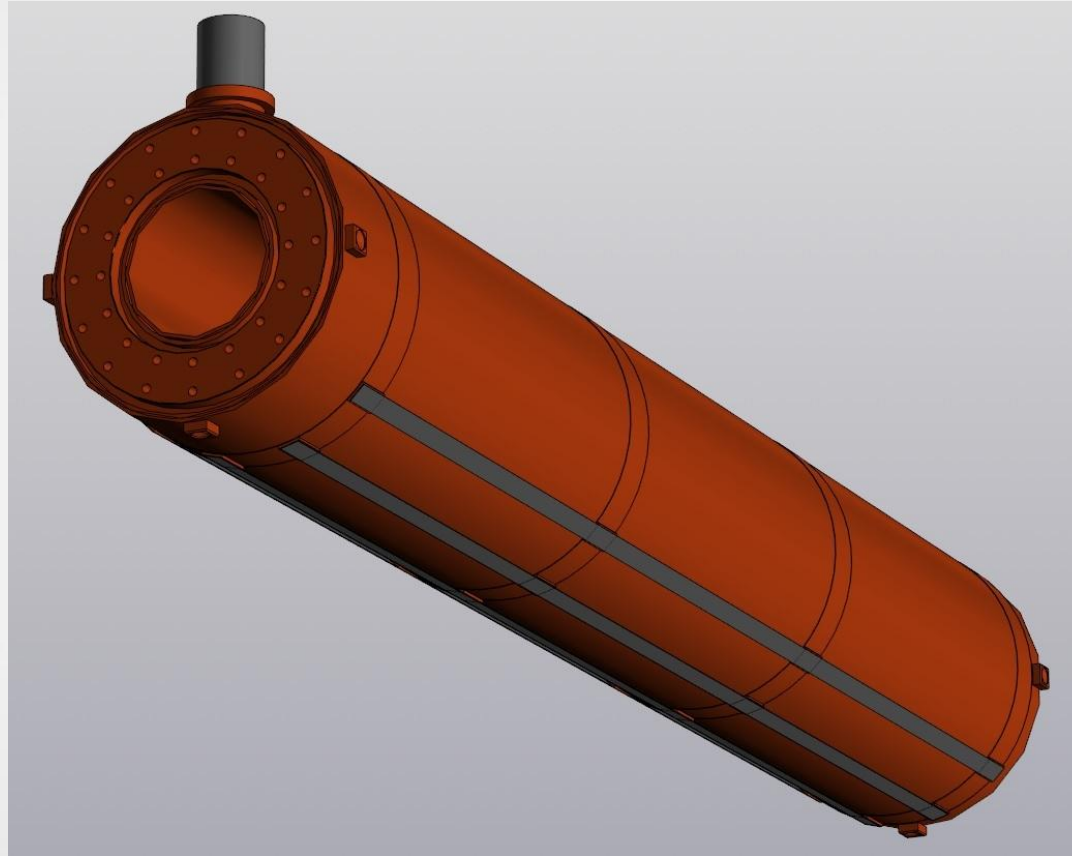


Рис. 27 Модель разрабатываемых ВТСП тоководов для крепления на гелиевом криостате



XV международный семинар по проблематике ускорителей
заряженных частиц памяти проф. В.П. Саранцева
2024, Алушта



Спасибо за внимание!