

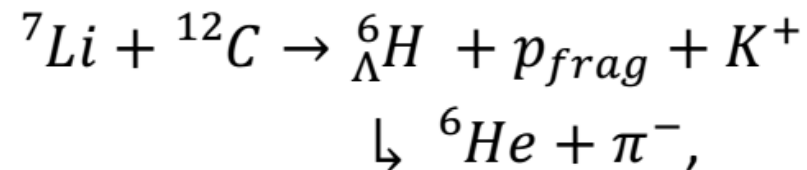
Время-пролетная система спектрометра Гипер-НИС

Аверьянов А.В., Авраменко С.А., Аксиненко В.Д.,
Баева А.Н., Герценбергер С.В., Голохвастов А.И.,
Короткова А.М., Кривенков Д.О., Лукстиньш Ю.,
Максимчук А.И., Охрименко О.В., Парфенова Н.Г.,
Пляшкевич С.Н., Салмин Р.А., Строковский Е.А.,
Фещенко А.А.

16.02.2017

Цели и задачи эксперимента:

- поиск легчайших нейтроно-избыточных гиперядер, в частности ${}_{\Lambda}^6\text{H}$, рожденных при взаимодействии пучка релятивистских ядер ${}^7\text{Li}$ с углеродной мишенью;
- измерение времени жизни и величины сечения рождения данных гиперядер.



Импульсы пионов - продуктов распада исследуемых гиперядер планируется измерить *методом времени пролета*, используя соотношение:

$$p = m \cdot \left(\frac{\tau^2}{\tau_0^2} - 1 \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Результаты моделирования показывают, что использование *метода времени пролета* для измерения импульсов пионов обеспечивает достаточную точность реконструкции масс гиперядер.

**Импульсное (левая панель) и угловое (правая панель)
распределение регистрируемых пионов.
Распределение по реконструированной эффективной массе
регистрируемого гиперядра (нижняя панель)**

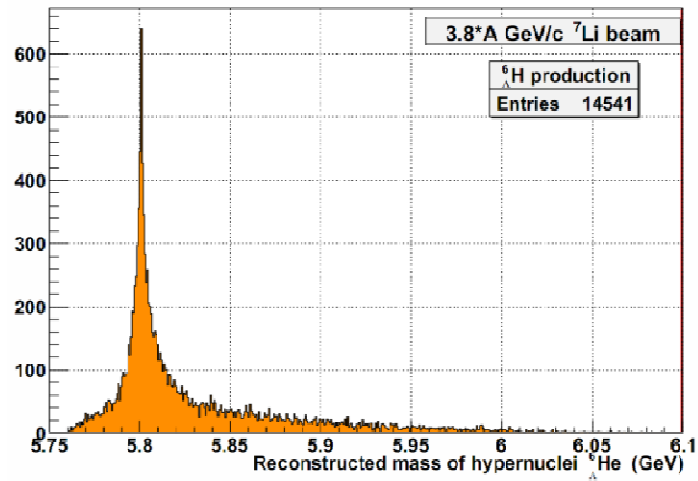
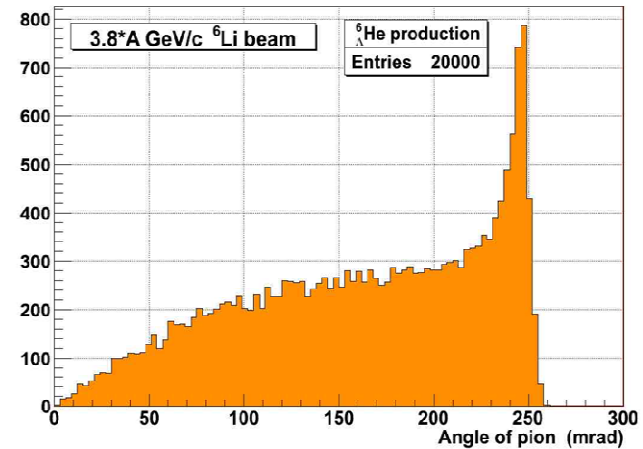
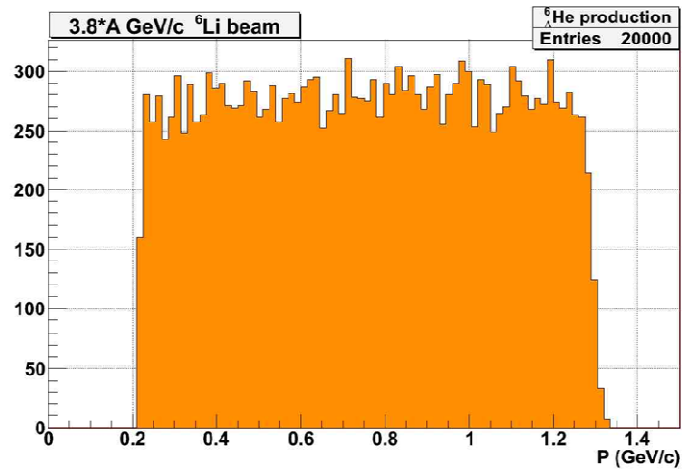
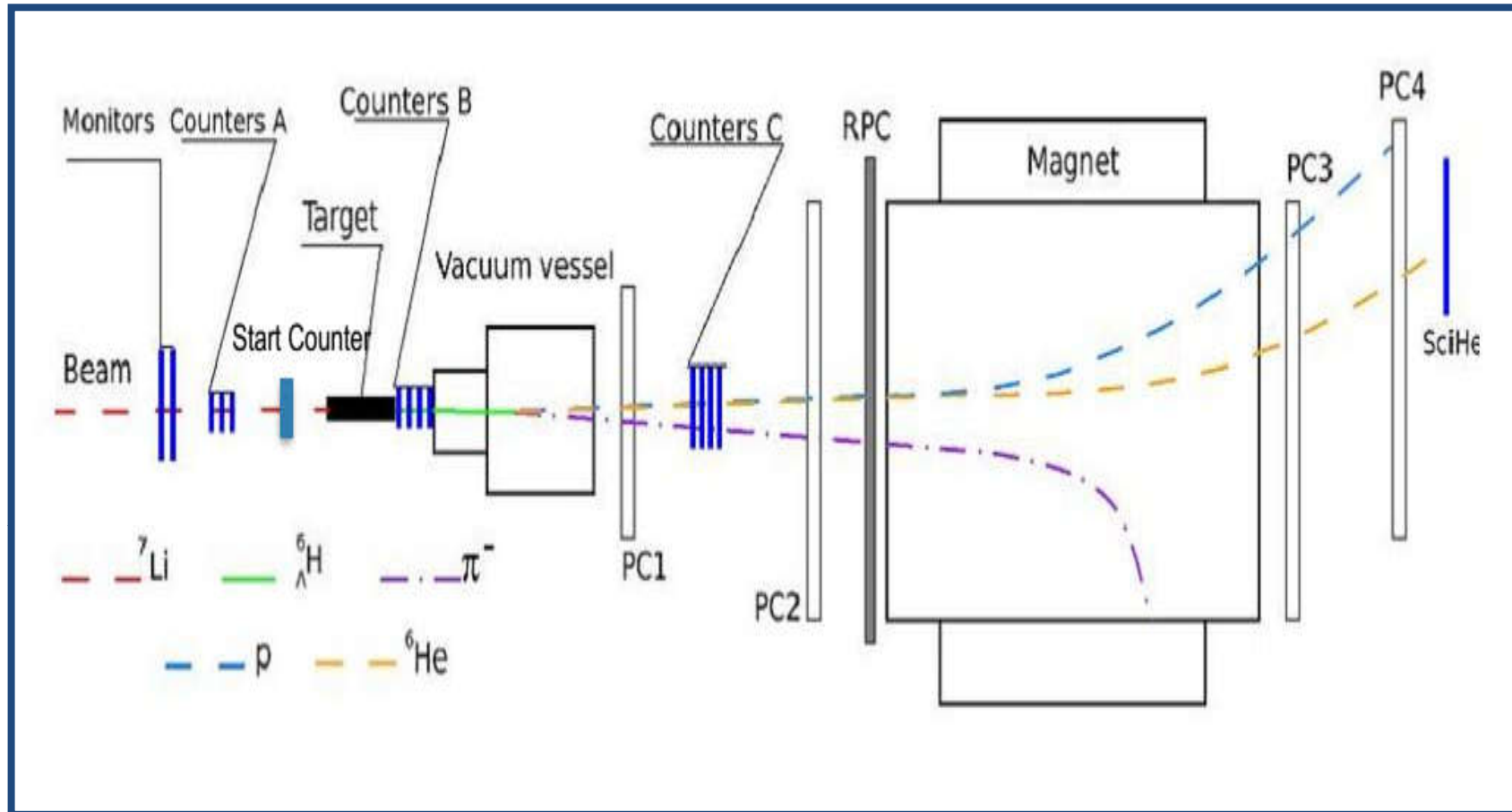


Схема спектрометра ГиперНИС



Длина времяпролетной базы – 4.5 метра.

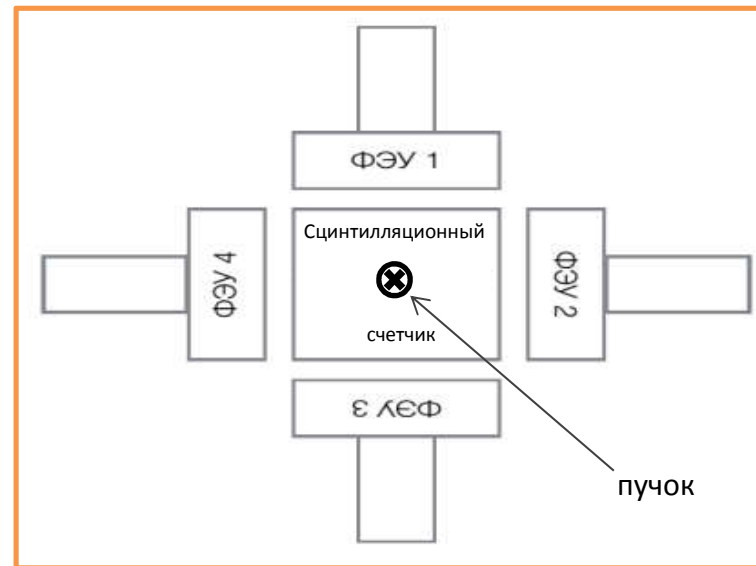
Сигнал “старт” – пластиковый сцинтилляционный счетчик (размер 50×50×15 мм).

Сигнал “стоп” – годоскоп резистивных плоских камер (РПК), 48 каналов регистрации.

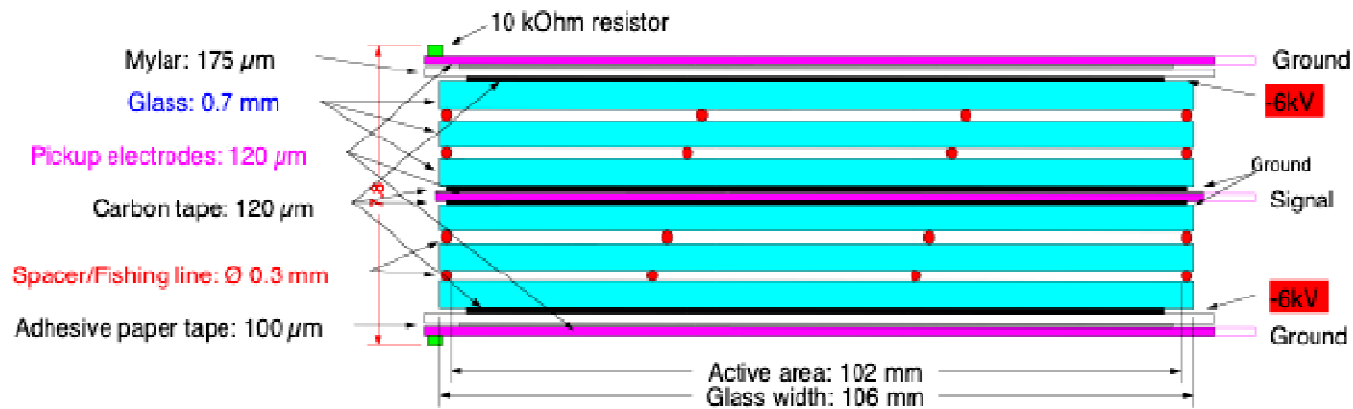
Площадь активной зоны годоскопа - 1.54 м².

Схема стартового счетчика

ФЭУ с двух противоположных сторон сцинтилляционного счетчика необходимы для того, чтобы убрать зависимость разрешения счетчика от координаты попадания пучковой частицы.

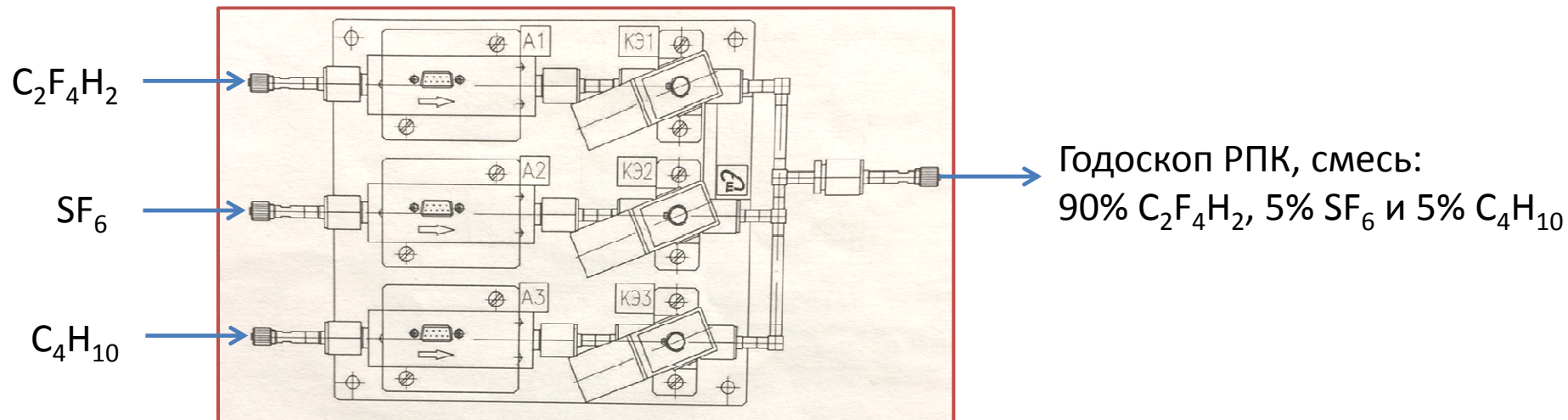


Конструкция РПК

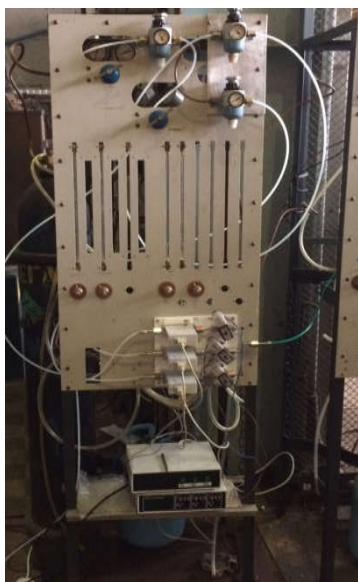


Газовая смесь: 90% $\text{C}_2\text{F}_4\text{H}_2$, 5% SF_6 и 5% C_4H_{10}

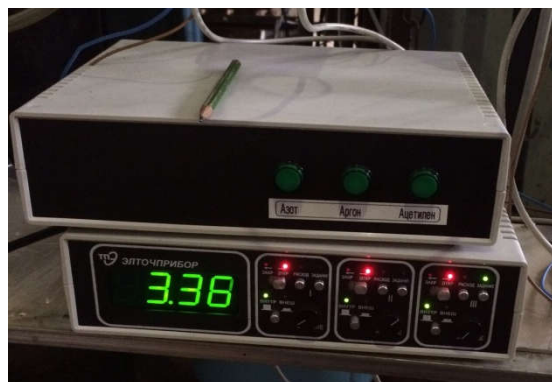
Система газового обеспечения годоскопа из РПК



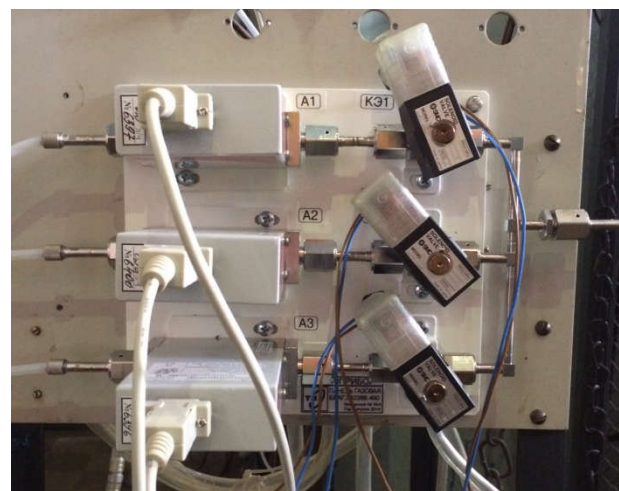
A1-A3 – регулятор расхода газа РРГ12, КЭ1-КЭ3 – клапан электромагнитный



Система газового обеспечения

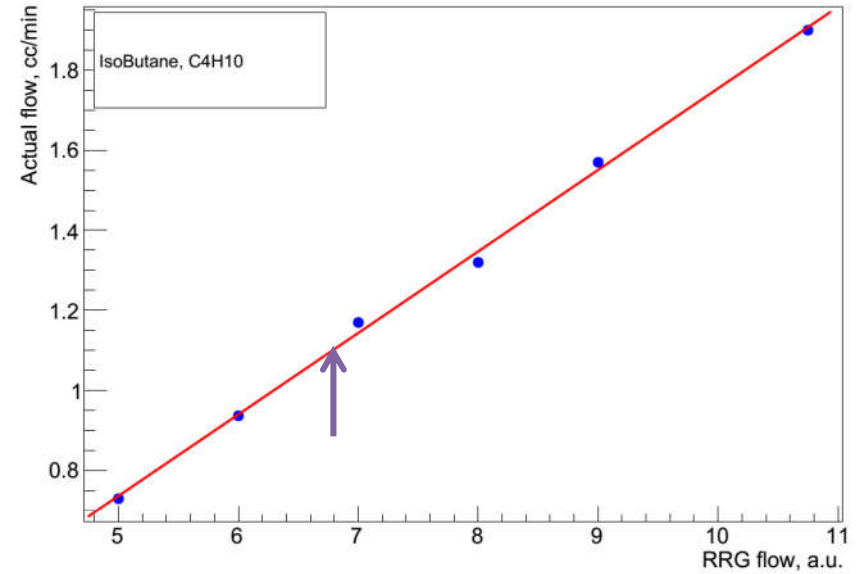
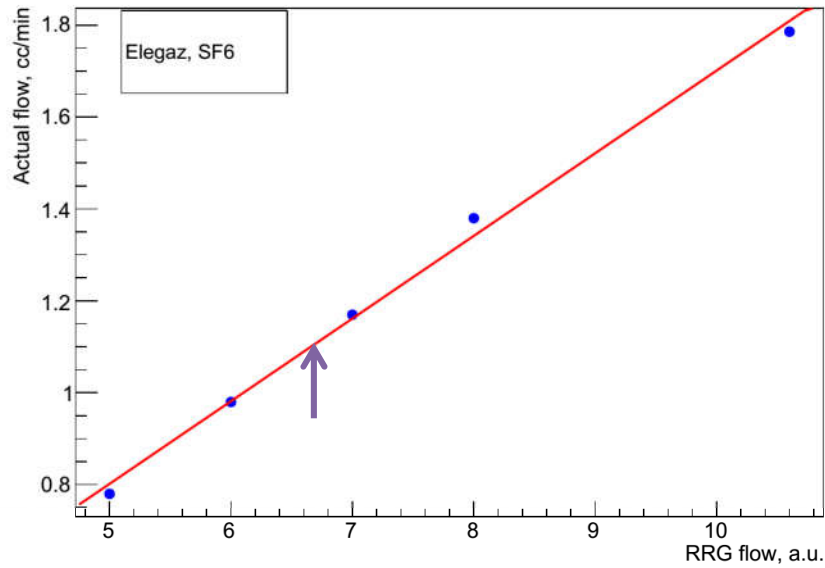


Блоки управления газовой панелью и электромагнитными клапанами



Газовая панель в сборе

Калибровка регуляторов расхода газа (РРГ-12)

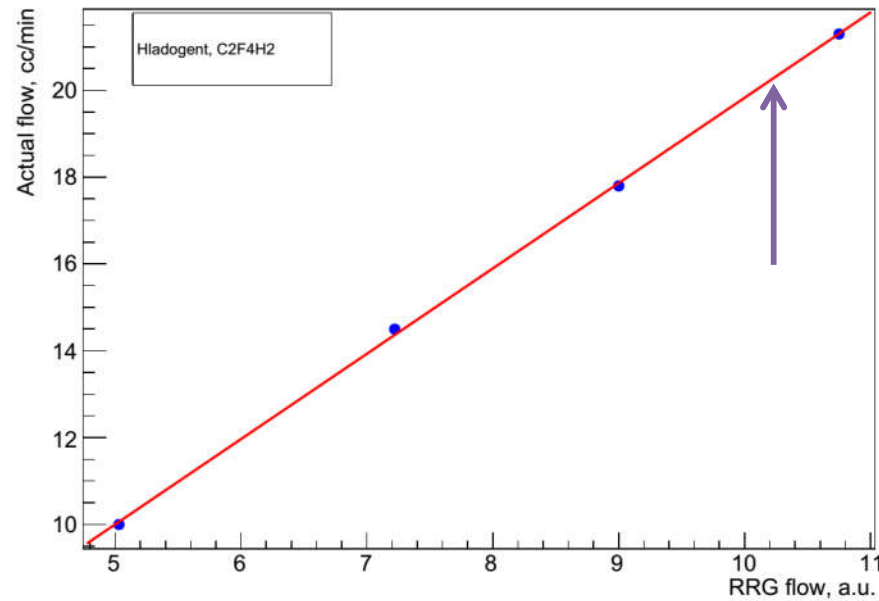


↓ Рабочая точка

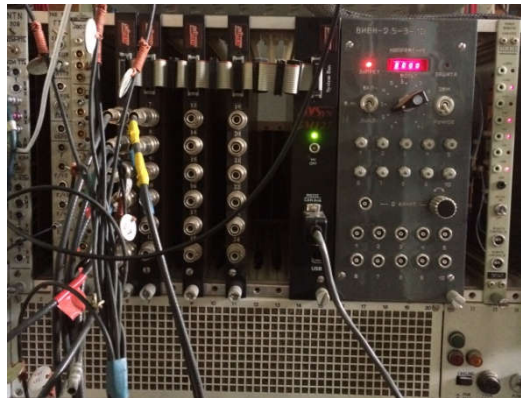
Измерения были выполнены при:

$T = 17.5^{\circ}\text{C}$

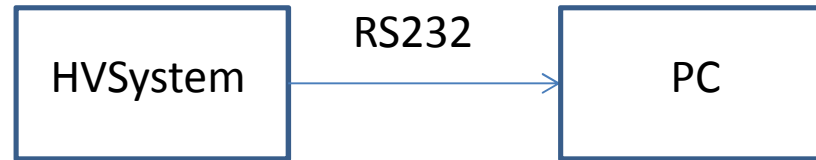
$p = 751 \text{ мм.рт.ст}$



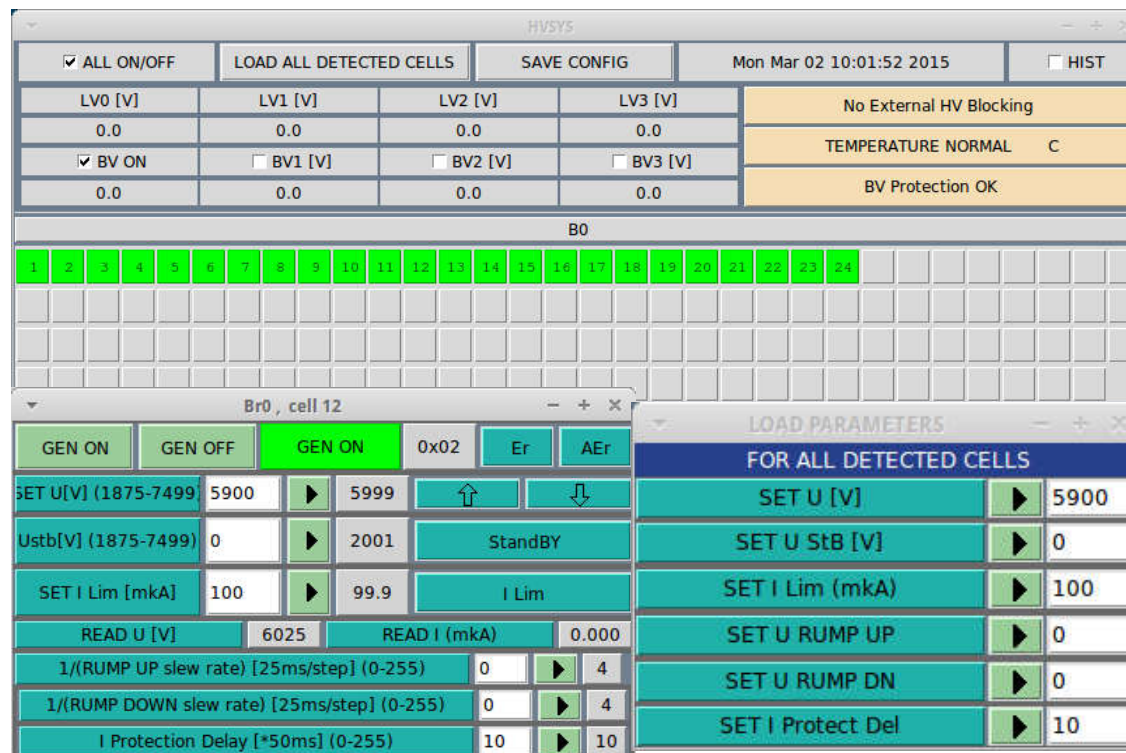
Система обеспечения высоковольтного питания РПК



Система обеспечения высоковольтного питания РПК – HVSystem.



HVSystem позволяет удаленно управлять высоковольтным питанием годоскопа РПК



The screenshot displays the HVSystem software interface. At the top, there are control buttons: ALL ON/OFF, LOAD ALL DETECTED CELLS, and SAVE CONFIG. The date and time are shown as Mon Mar 02 10:01:52 2015, and there is a HIST button. Below this is a table of voltage levels:

LV0 [V]	LV1 [V]	LV2 [V]	LV3 [V]
0.0	0.0	0.0	0.0

There are also buttons for BV ON and BV1 [V], BV2 [V], BV3 [V]. The status indicators show: No External HV Blocking, TEMPERATURE NORMAL C, and BV Protection OK.

The main display area shows a grid of 24 cells, with cells 1 through 12 highlighted in green. Below this is a detailed control panel for 'Br0, cell 12':

Buttons: GEN ON, GEN OFF, GEN ON (highlighted), 0x02, Er, AEr.

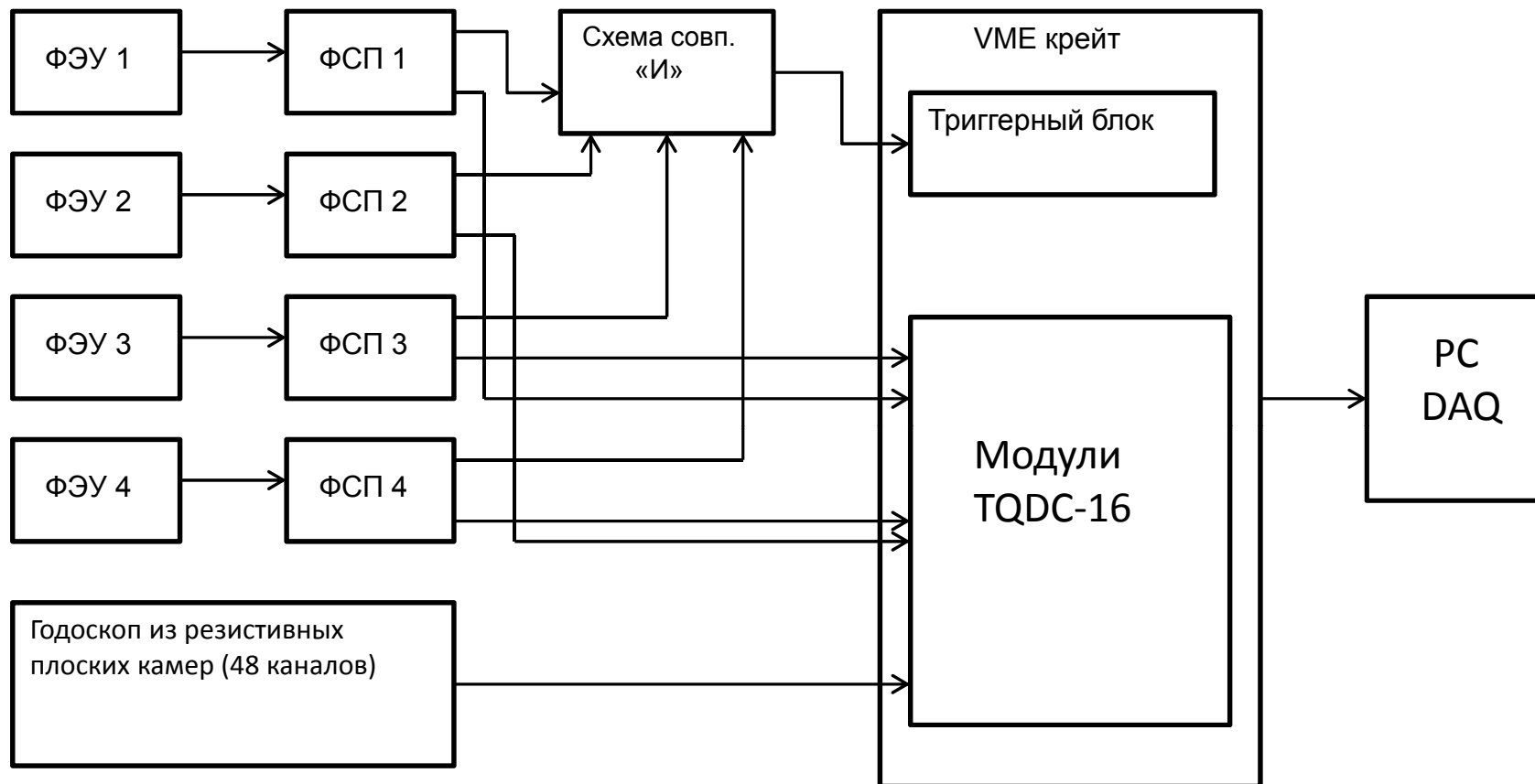
Parameters for cell 12:

SET U [V] (1875-7499)	5900	5999	↑	↓
Ustb[V] (1875-7499)	0	2001	StandBY	
SET I Lim [mka]	100	99.9	I Lim	
READ U [V]	6025	READ I (mka)	0.000	
1/(RUMP UP slew rate) [25ms/step] (0-255)	0	4		
1/(RUMP DOWN slew rate) [25ms/step] (0-255)	0	4		
I Protection Delay [*50ms] (0-255)	10	10		

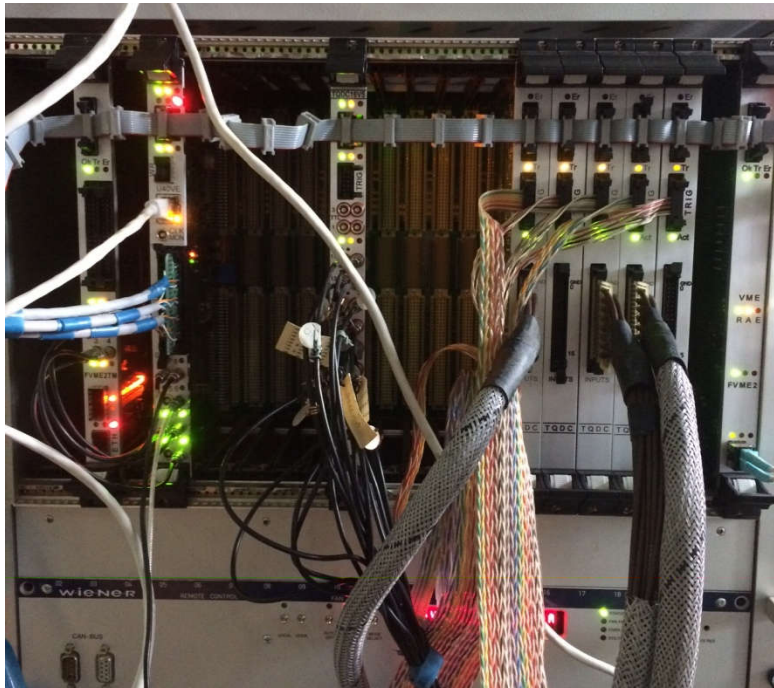
On the right side, there is a 'LOAD PARAMETERS' window for 'FOR ALL DETECTED CELLS':

SET U [V]	5900
SET U Stb [V]	0
SET I Lim (mka)	100
SET U RUMP UP	0
SET U RUMP DN	0
SET I Protect Del	10

Блок-схема системы сбора и обработки данных от время-пролетных детекторов



Модуль TQDC-16



Измерения амплитуды сигналов от стартового счетчика и «падов» RPC, а также времени их появления, производятся модулями TQDC-16 VME. Модуль TQDC-16 является время-зарядовым 16-канальным преобразователем со встроенной коррекцией амплитуды и триггерной логикой.

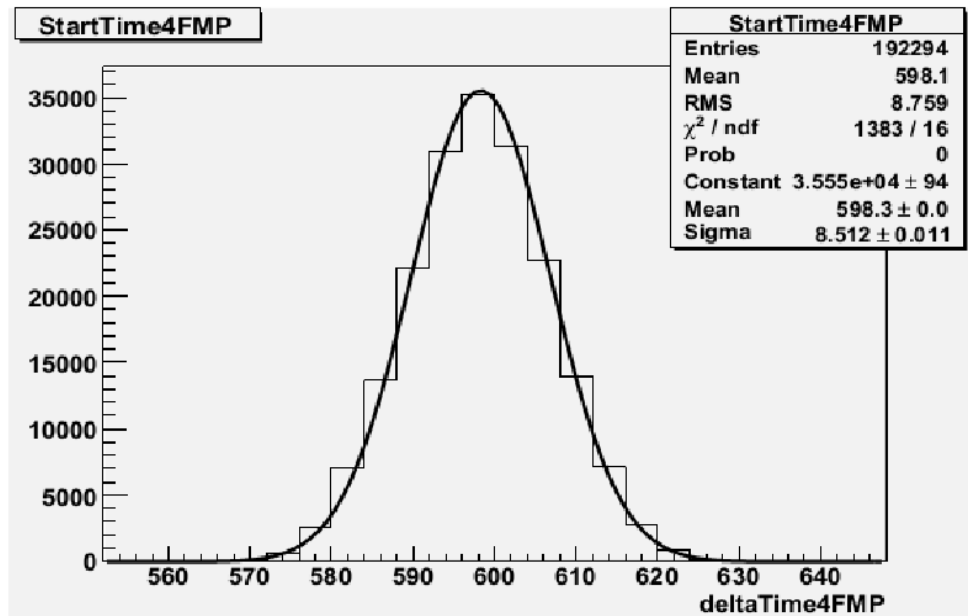
Модули TQDC-16 в крейте



TDC: Измерение времени с шагом 25 пс
ADC: 14bit, шаг дискретизации 12нс
Диапазон входного сигнала: ± 270 мВ

Экспериментальные результаты

Стартовый счетчик



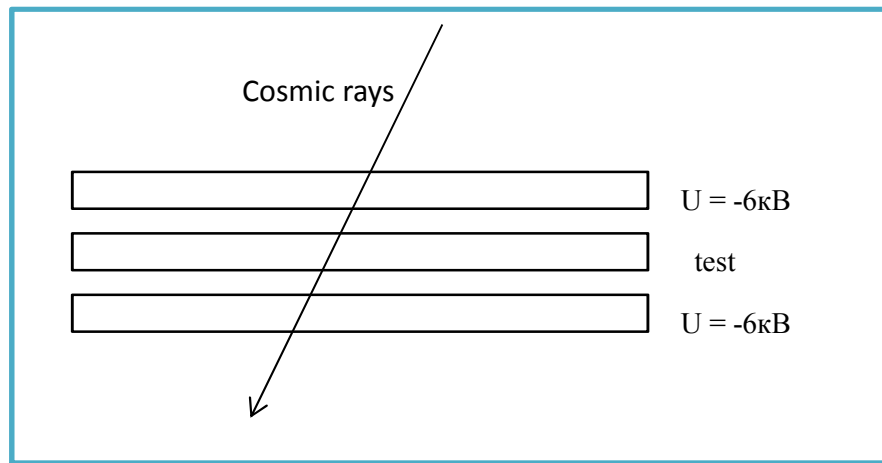
$$T_{\text{start}} = \left(\frac{T_3 - T_1}{2} + \frac{T_4 - T_2}{2} \right)$$

$T_1 - T_4$ – времена прихода сигналов от соответствующих фотоумножителей

Временное разрешение стартового счетчика ~ 150 пс

Экспериментальные результаты

Схема измерений эффективности РПК



Кривая эффективности РПК

Эффективность выходит на плато при -5.7кВ и для всех «падов» в среднем равна 95%.

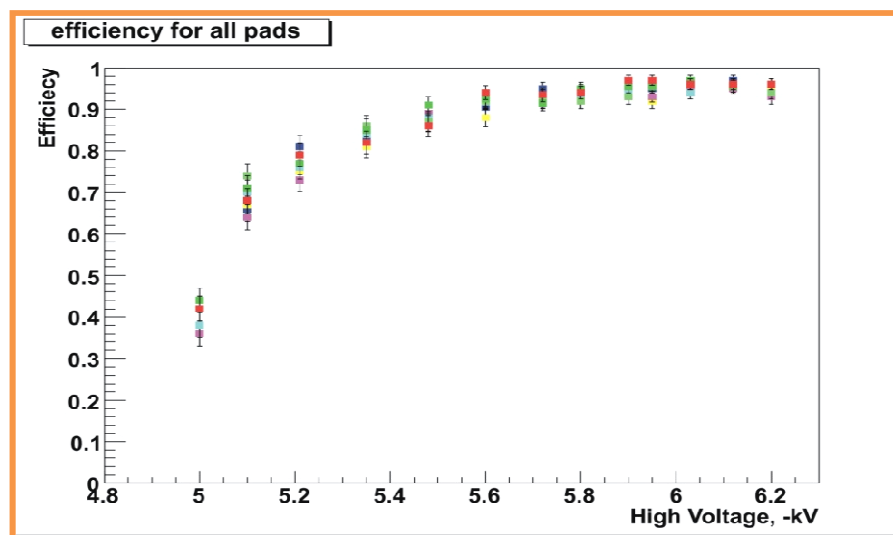
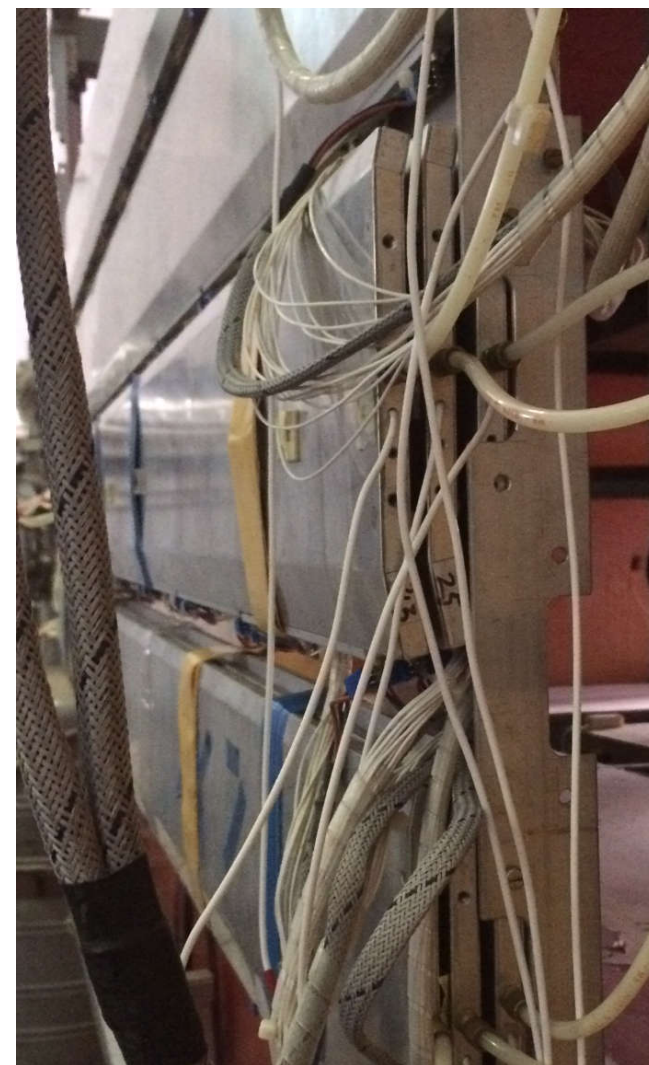
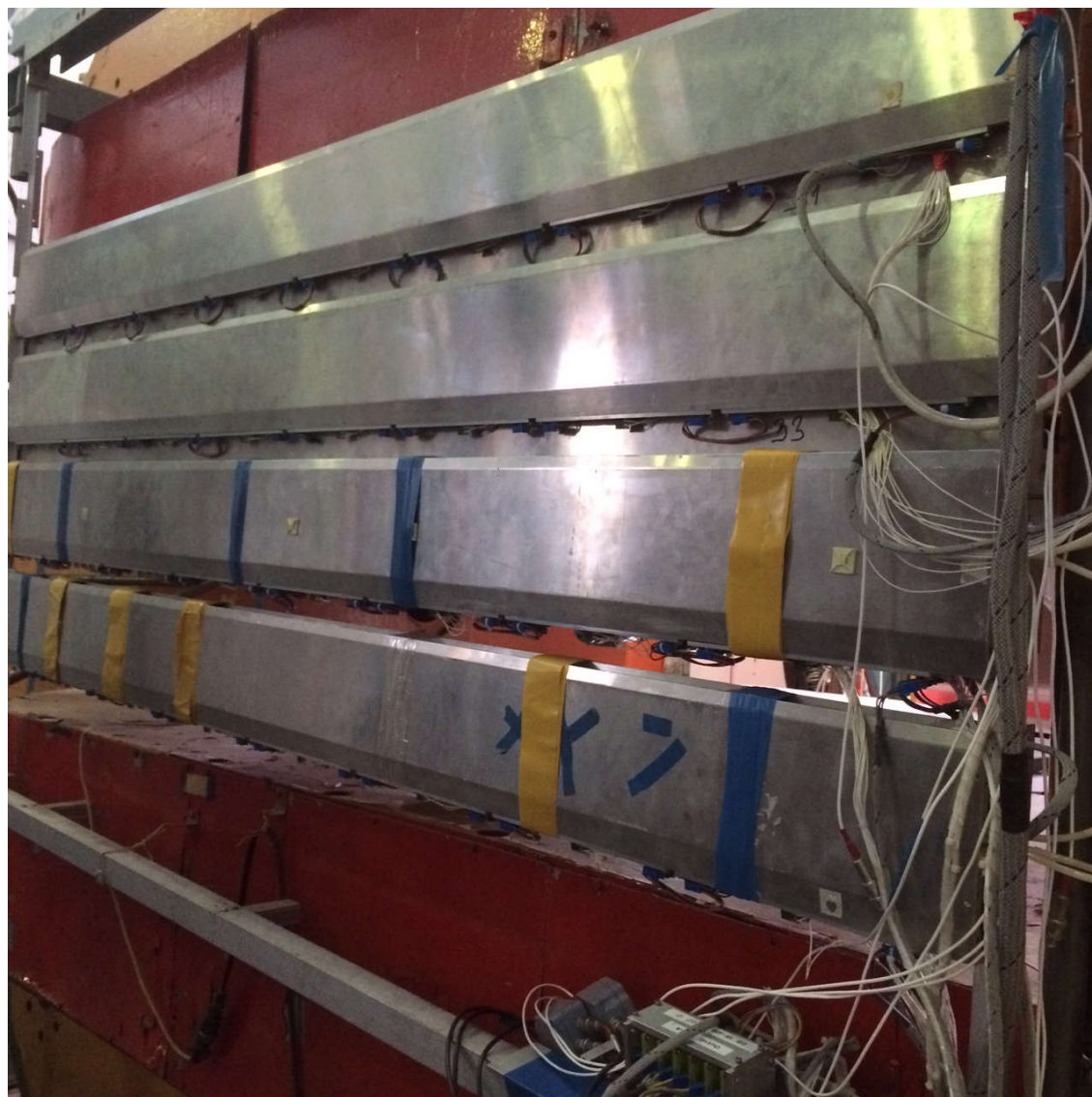
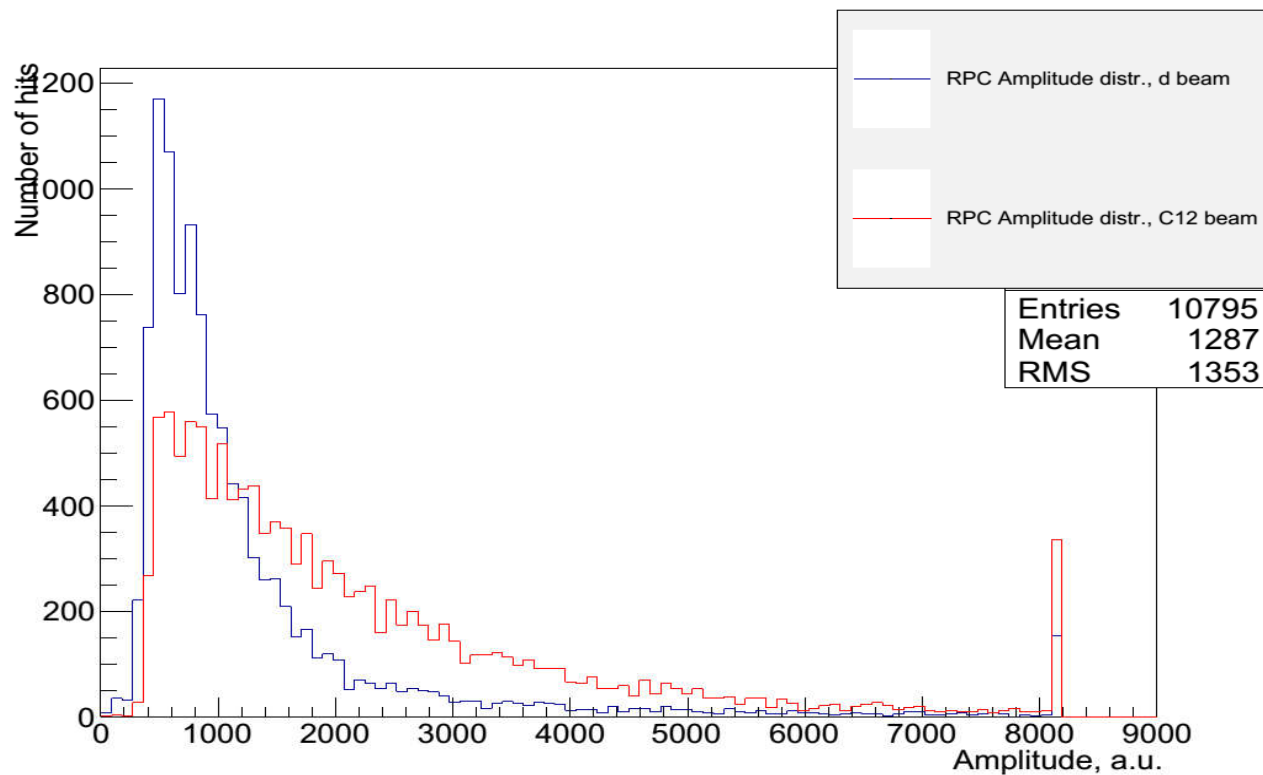


Схема измерений характеристик РПК на пучке Нуклотрона



Экспериментальные результаты

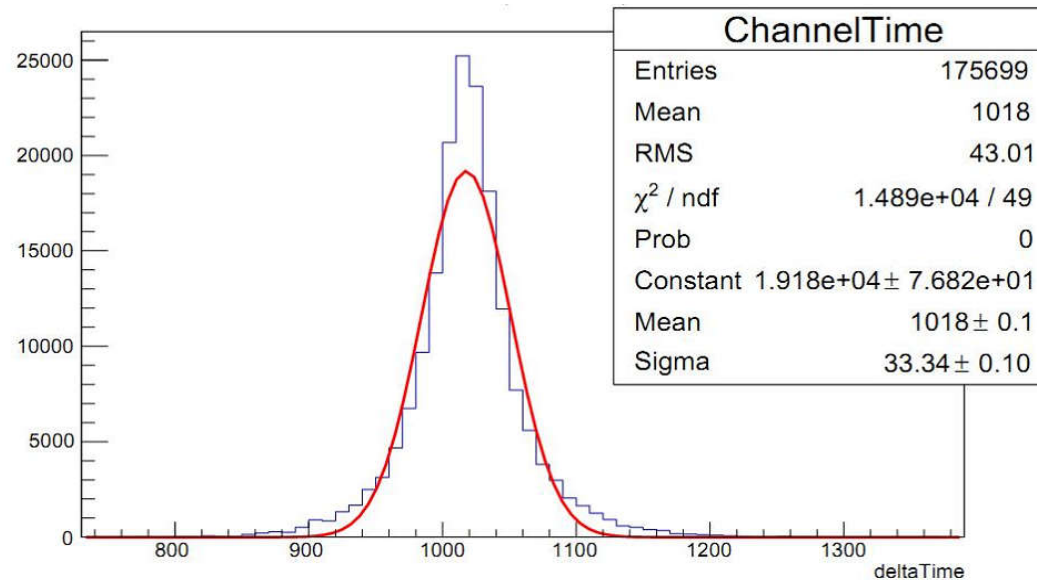
Амплитудный спектр сигналов от РПК



Распределение амплитуд сигналов исследуемых падов РПК для углеродного (красная линия) и дейтонного (синяя линия) пучков

Экспериментальные результаты

Измерения временного разрешения РПК на пучке углерода

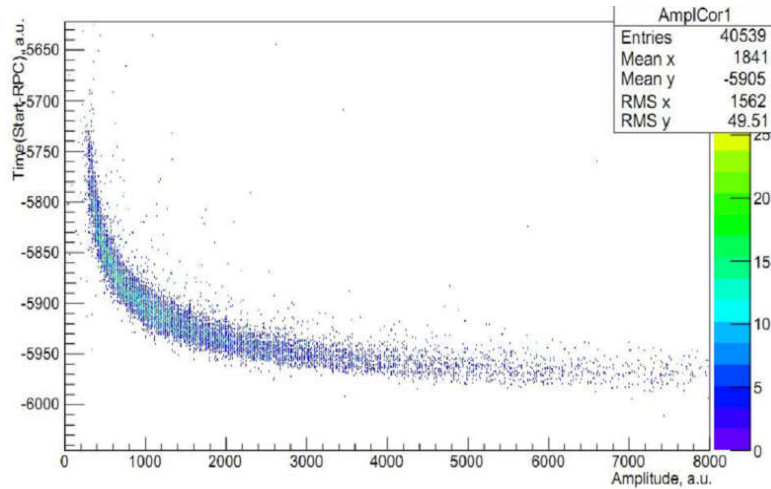


$$T_{RPC1-RPC2} = T_{RPC1} - T_{RPC2}$$

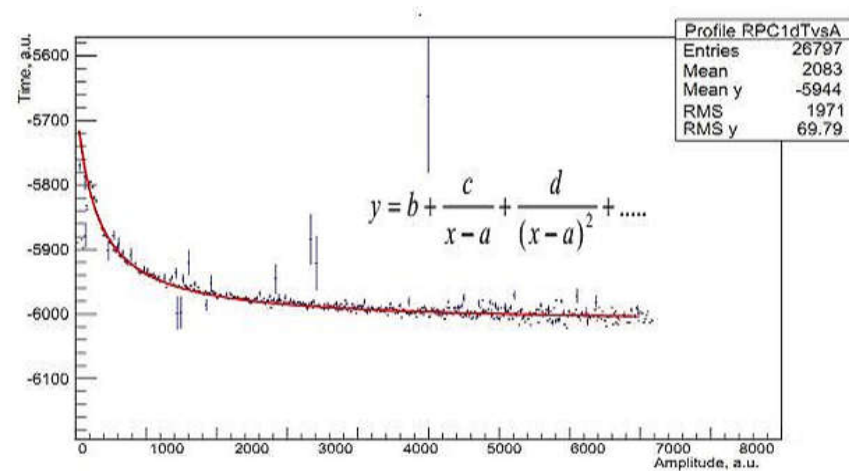
Собственное временное разрешение «пада» РПК без коррекции зависимости «время-амплитуда» ≈ 590 пс.

Экспериментальные результаты

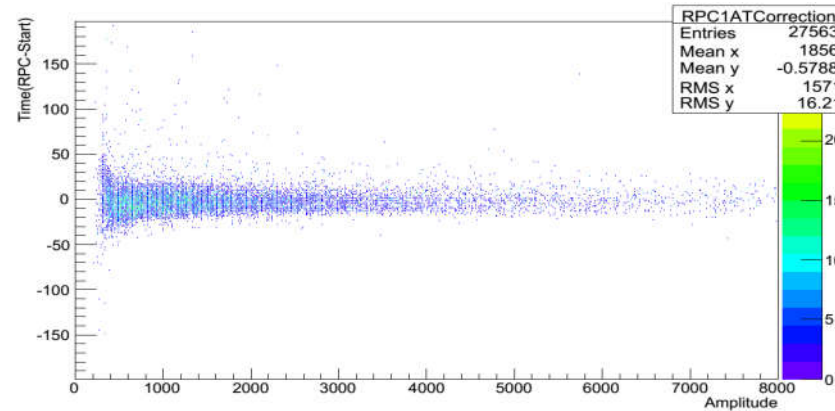
Коррекция зависимости «амплитуда-время» (углеродный пучок)



Зависимость времени прихода сигнала от амплитуды



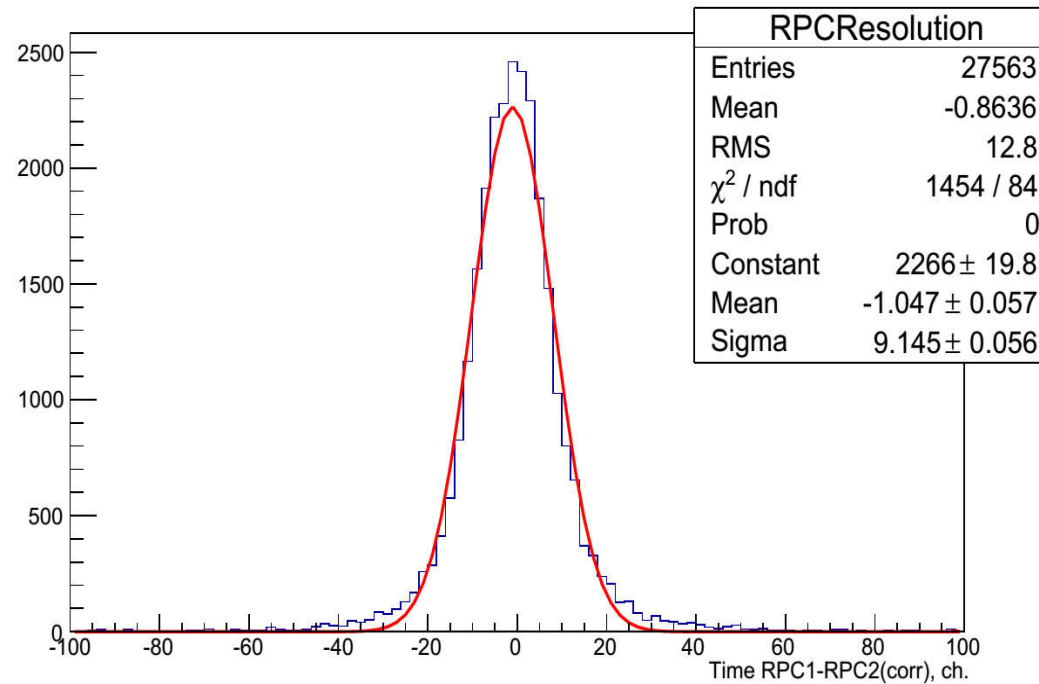
Коррекция зависимости «время-амплитуда»



Зависимость времени прихода сигнала от амплитуды после коррекции

Экспериментальные результаты

Временное разрешение РПК после коррекции (на пучке углерода)



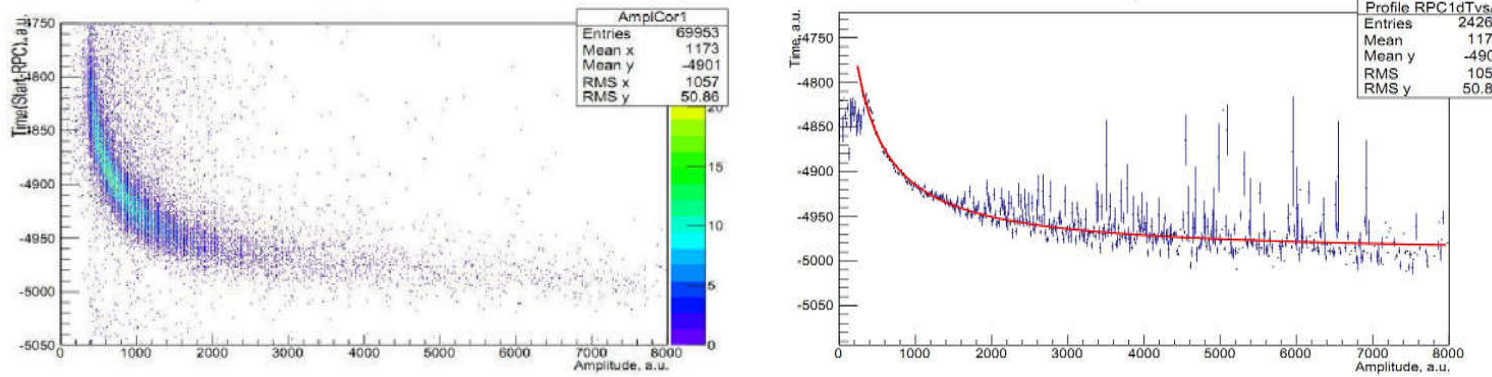
$$T_{corr(RPC1-RPC2)} = T_{corrRPC1} - T_{corrRPC2}$$

Собственное временное разрешение «пада» РПК после коррекции ≈ 160 пс.

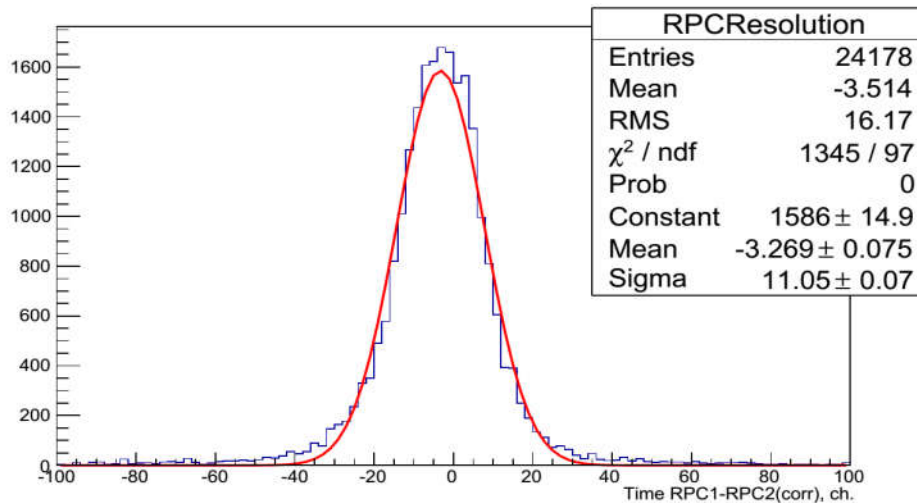
Экспериментальные результаты

Измерения временного разрешения РПК на пучке дейтронов

Зависимость времени прихода сигнала от амплитуды (слева) и коррекция зависимости «амплитуда-заряд» (справа)



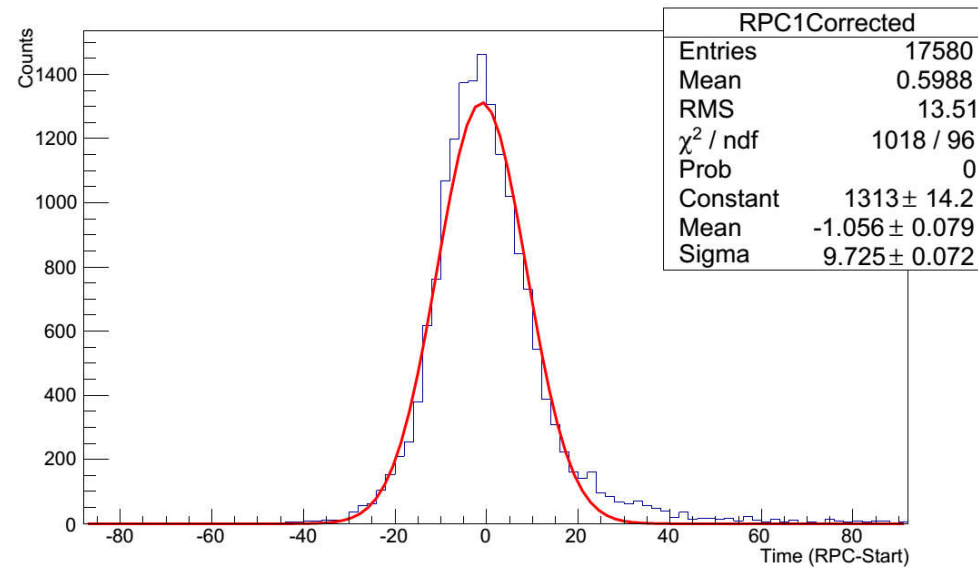
Временное разрешение РПК после коррекции



$$\sigma_{RPC} \approx 190 \text{ ps}$$

Экспериментальные результаты

Временное разрешение времяпролетной системы (разность времен приходов сигналов от стартового счетчика и соответствующего «пада» РПК)



$$T_{TOF} = T_{start} - T_{RPC}$$

$$\sigma_{TOF} \approx 250 \text{ ps}$$

Заключение

- В данной работе были исследованы характеристики детекторов время-пролетной системы установки ГиперНИС на дейтроном и углеродном пучках Нуклотрона и космических частицах;
- Рассмотрен метод амплитудно-временной коррекции, позволяющий улучшить временное разрешение РПК в 3,5 раза;
- Измерены основные характеристики детекторов:
 - эффективность $\sim 95\%$
 - временное разрешение ~ 250 пс
- Измеренные характеристики детекторов удовлетворяют требованиям, поставленным перед время-пролетной системой спектрометра.