

# МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ $\gamma$ -КВАНТОВ И НЕЙТРАЛЬНЫХ РЕЗОНАНСОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОКАНАЛЬНОГО ЧЕРЕНКОВСКОГО $\gamma$ -СПЕКТРОМЕТРА

Выполнил:

Анисимов А.Б.

Шифр: ЭД – 071213

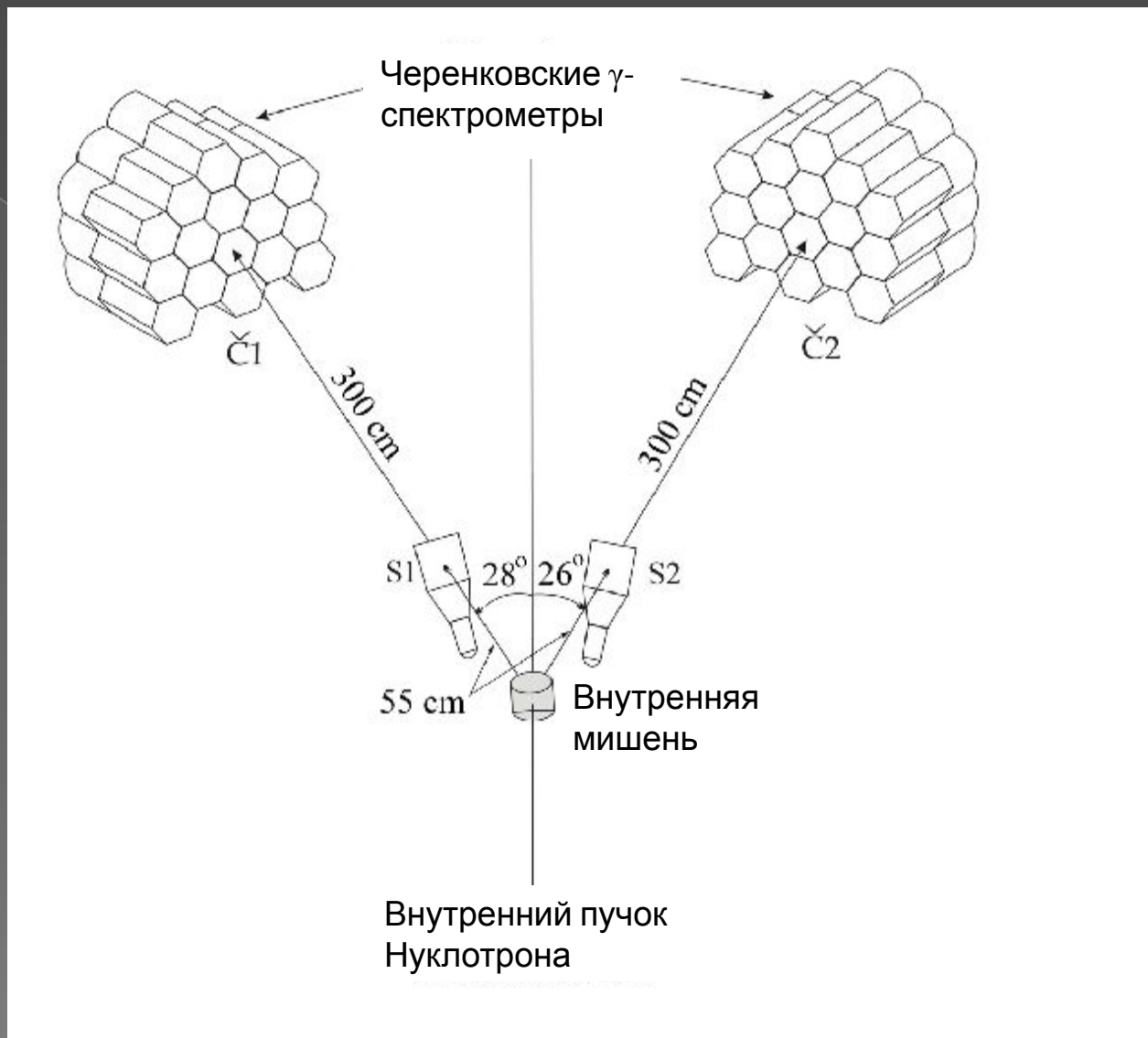
Группа: ЭД – 1 – 07 Руководитель  
производственного обучения:

кандидат физико-математических наук  
Абраамян Х.У.

# План доклада

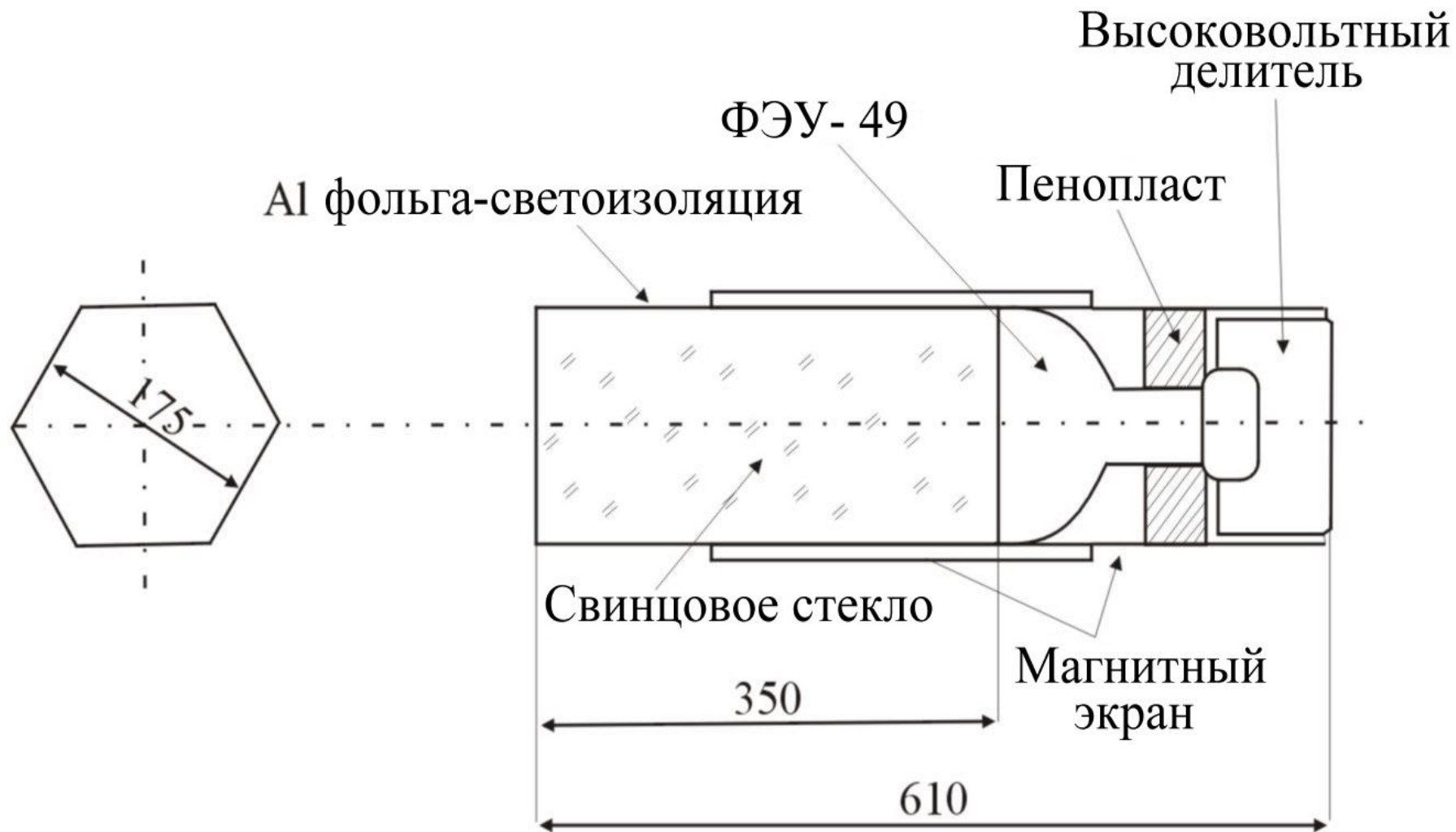
- Многоканальный черенковский спектрометр полного поглощения ( $\gamma$ -спектрометр);
- Модуль  $\gamma$ -спектрометра
- Высоковольтный делитель для ФЭУ-49Б
- Измерение энергий  $\gamma$ -квантов и электронов

- Метод регистрации нейтральных резонансов в наших экспериментах основан на регистрации двух  $\Upsilon$ -квантов – продуктов распада резонансов. Идентификация резонанса осуществляется путем выделения пика в спектре эффективных масс двух  $\Upsilon$ -квантов после вычитания фона. Таким образом, основные задачи при регистрации нейтральных резонансов заключаются в достаточно точных измерениях энергий и углов вылета  $\Upsilon$ -квантов и в точном определении комбинаторного фона.
- Эксперименты выполнены на многоканальном черенковском  $\Upsilon$ -спектрометре Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ. Авторы создания установки – Хачатурян М.Н., Малахов А.И и др. Схема установки показана на рис. 1.



○ Рис. 1. Схематический чертеж установки ФОТОН-2 в экспериментах на внутренних пучках Нуклотрона. C1, C2 -  $\gamma$ -спектрометры из свинцового стекла, S1, S2 – сцинтилляционные счетчики.

- Основным элементом установки является многоканальная система черенковских спектрометров полного поглощения для измерения энергий  $\gamma$ -квантов и электронов. Черенковский спектрометр состоит из идентичных модулей. Схема отдельного модуля  $\gamma$ -спектрометра приведена на рис. 2. Модуль черенковского  $\gamma$ -спектрометра представляет собой самостоятельный прибор, изолированный с помощью непрозрачной пластмассы толщиной 0.5 мм. Радиатор модуля изготовлен из оптического стекла марки ТФ-1 высокой прозрачности и имеет форму шестигранной призмы высотой 35 см (14 рад. ед.) и основанием с диаметром вписанной окружности 17.5 см.



○ Рис. 2. Схема отдельного модуля черенковского  $\gamma$ -спектрометра.

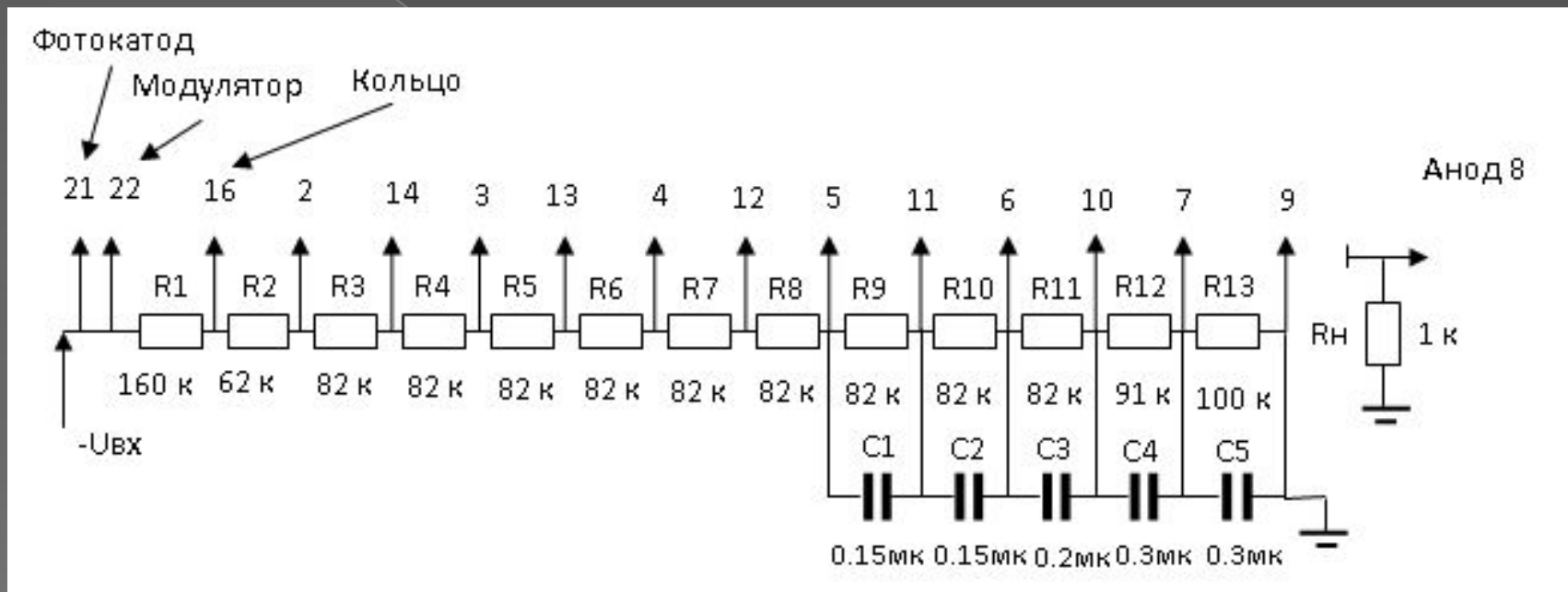
Размеры модуля:	
а) сечение	гексагональное; радиус вписанной окружности 9 см
б) длина	35 см = 14 рад. ед.
Пространственное разрешение	3.5 см
Угловое разрешение при расстоянии между мишенью и детектором 300 см	0.7°
Энергетическое разрешение при попадании в центр модуля	$\approx (3.9 \cdot E^{-1/2} + 0.3)\%$ , $E$ в ГэВ
Энергетическое разрешение, усредненное по площади спектрометра	$\approx (6.8 \cdot E^{-1/2})\%$ , $E$ в ГэВ
Стабильность коэффициента усиления	1 ÷ 2 %
Динамический диапазон	50 МэВ ÷ 6 ГэВ
Энергия, выделяемая заряженной частицей в спектрометре	384 МэВ в электронных эквивалентах

# Характеристики стекла ТФ-1

Параметр	Величина
Рад. единица длины, см	2.5
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3.86
Коэффициент преломления	1.64
Критическая энергия, МэВ	15
Прозрачность, см <sup>-1</sup> (при $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ )	0.001



# Высоковольтный делитель для ФЭУ-49Б



○ Рис. 3.1 Схема высоковольтного делителя для ФЭУ-49Б

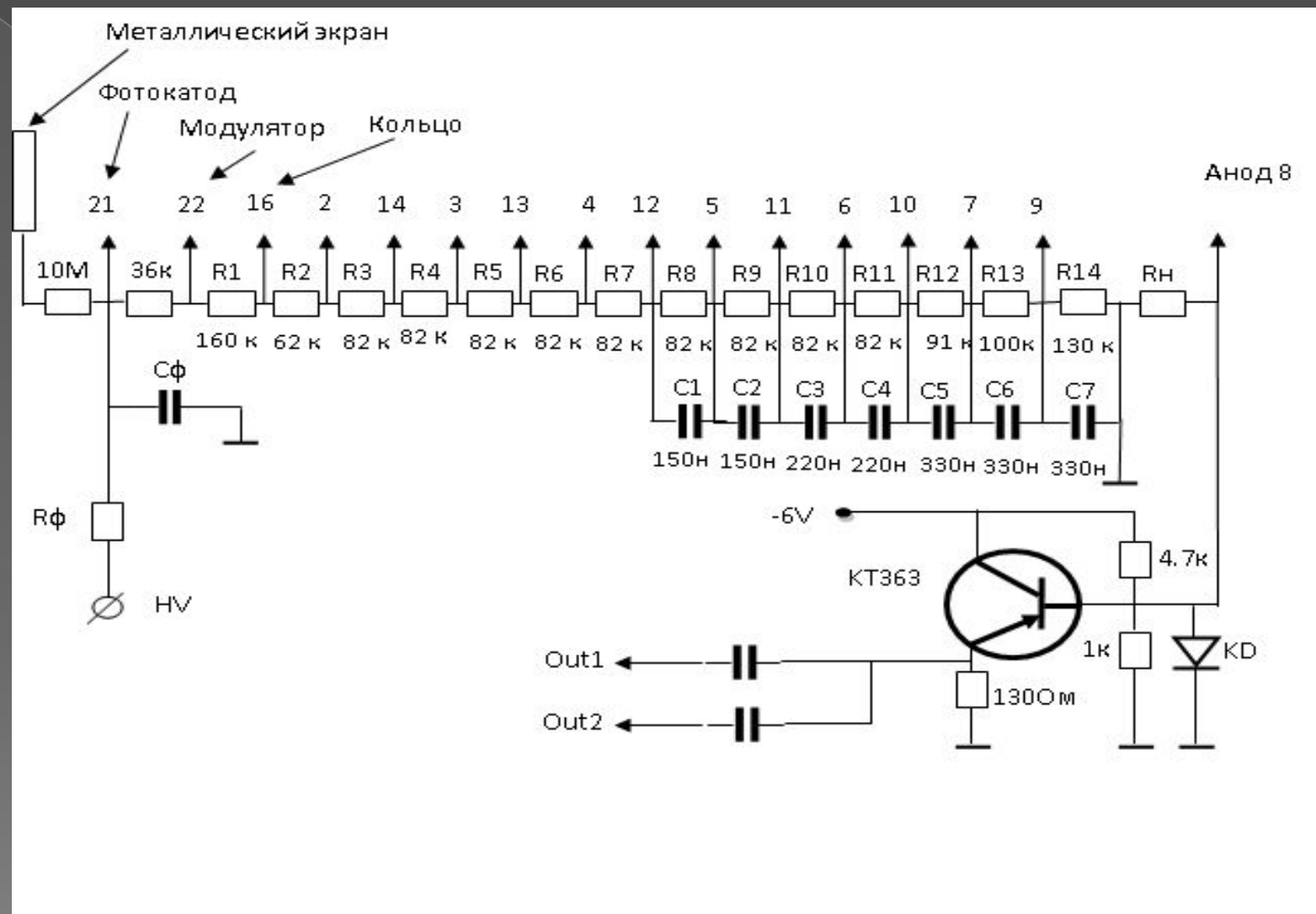
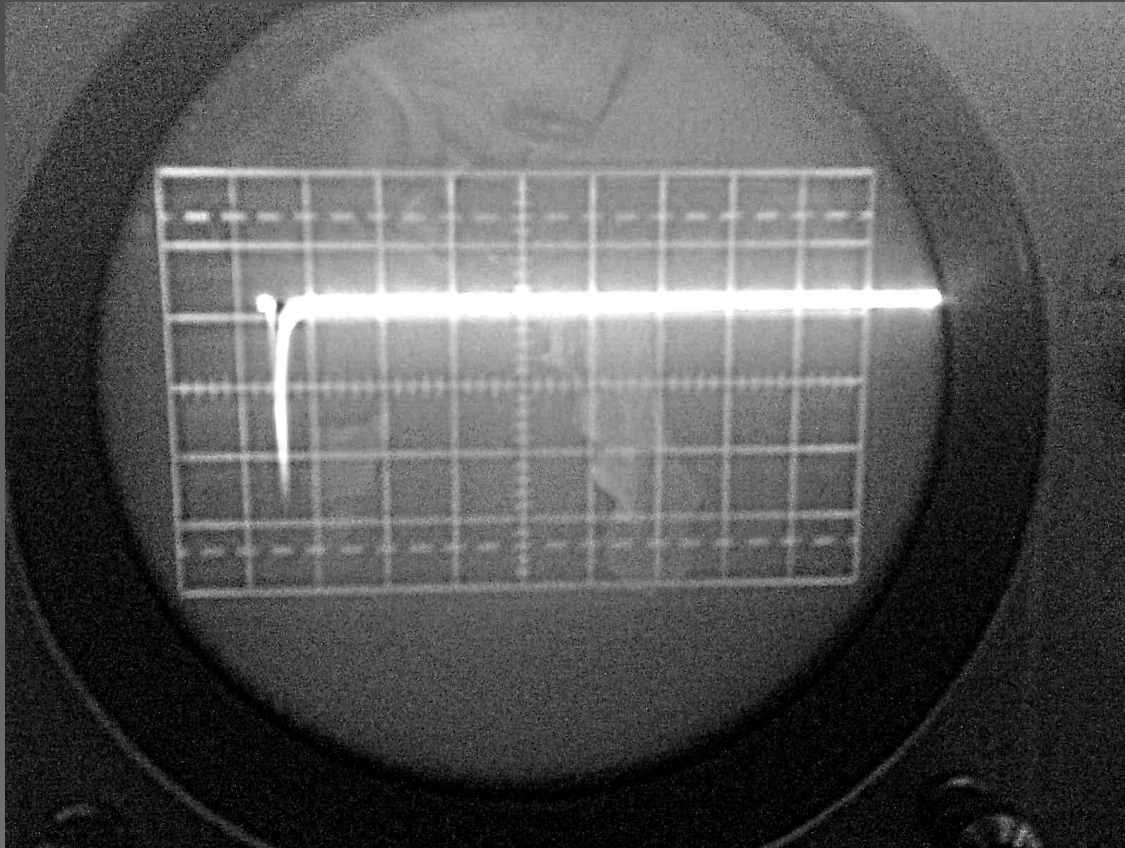


Рис. 3.2 Модифицированная схема высоковольтного делителя для ФЭУ-49Б.

- Данный делитель был собран и испытан.
- 1) Собран стенд для тестирования делителей.
- 2) Подано высокое напряжение на вход  $V=1\text{kV}$  .
- 3) Снят градиент и занесена его величина в таблицу.
- 4) Произведены необходимые расчеты
- 5) Подано высокое напряжение величиной  $V=2\text{kV}$
- 6) Снят градиент и занесена его величина в таблицу
- 7) Произведены необходимые расчеты
- 8) Подано высокое напряжение  $V=2,2\text{kV}$
- 9) Произведены необходимые расчеты
  
- В результате оказалось, что все характеристики удовлетворяют требованиям. Также были произведены испытания высоковольтного делителя на стенде с  $\beta$ -источником. На осциллографе OS-150 был получен импульс рис. 5.

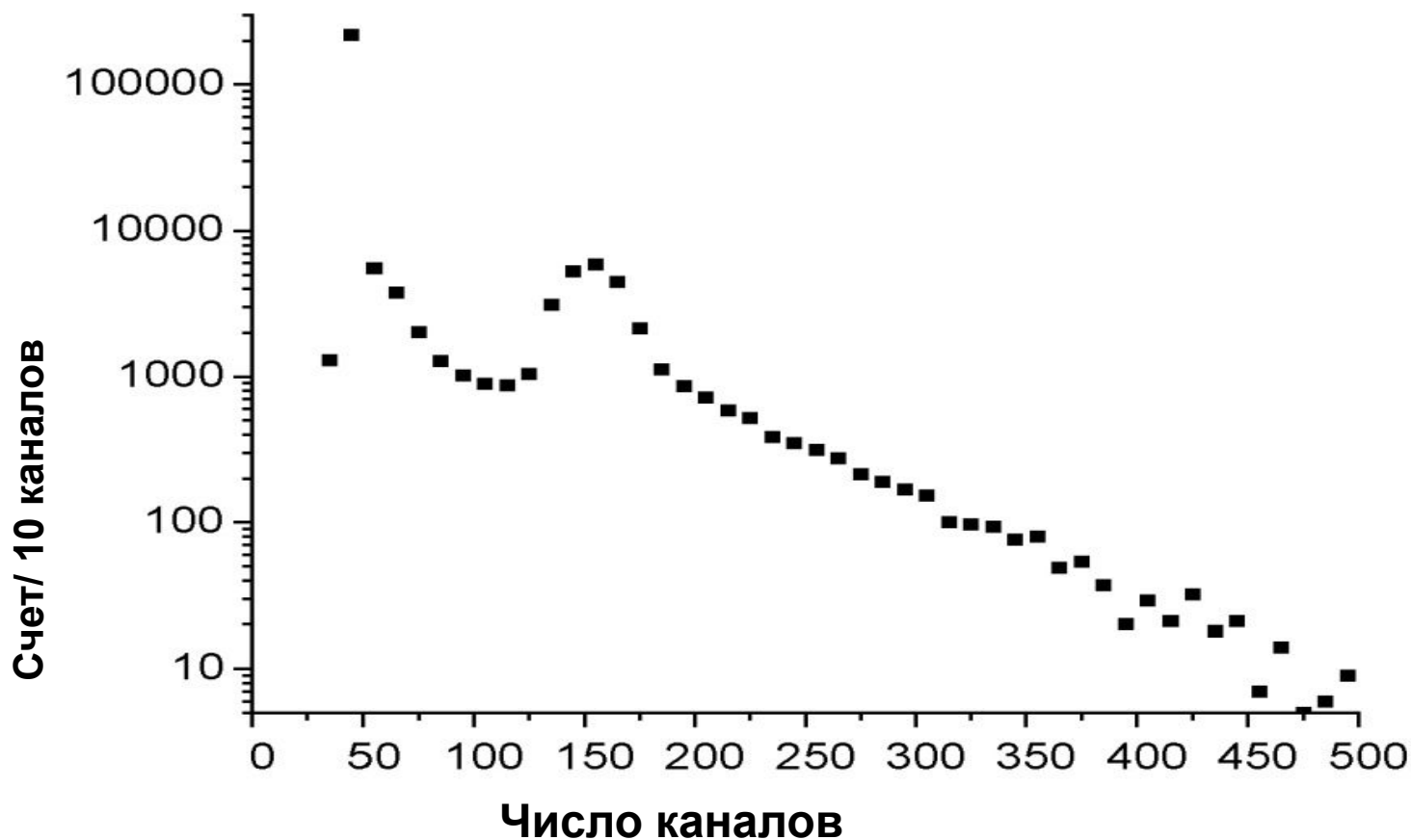


● Рис. 5. Импульс, полученный при испытаниях с  $\beta$ -источником

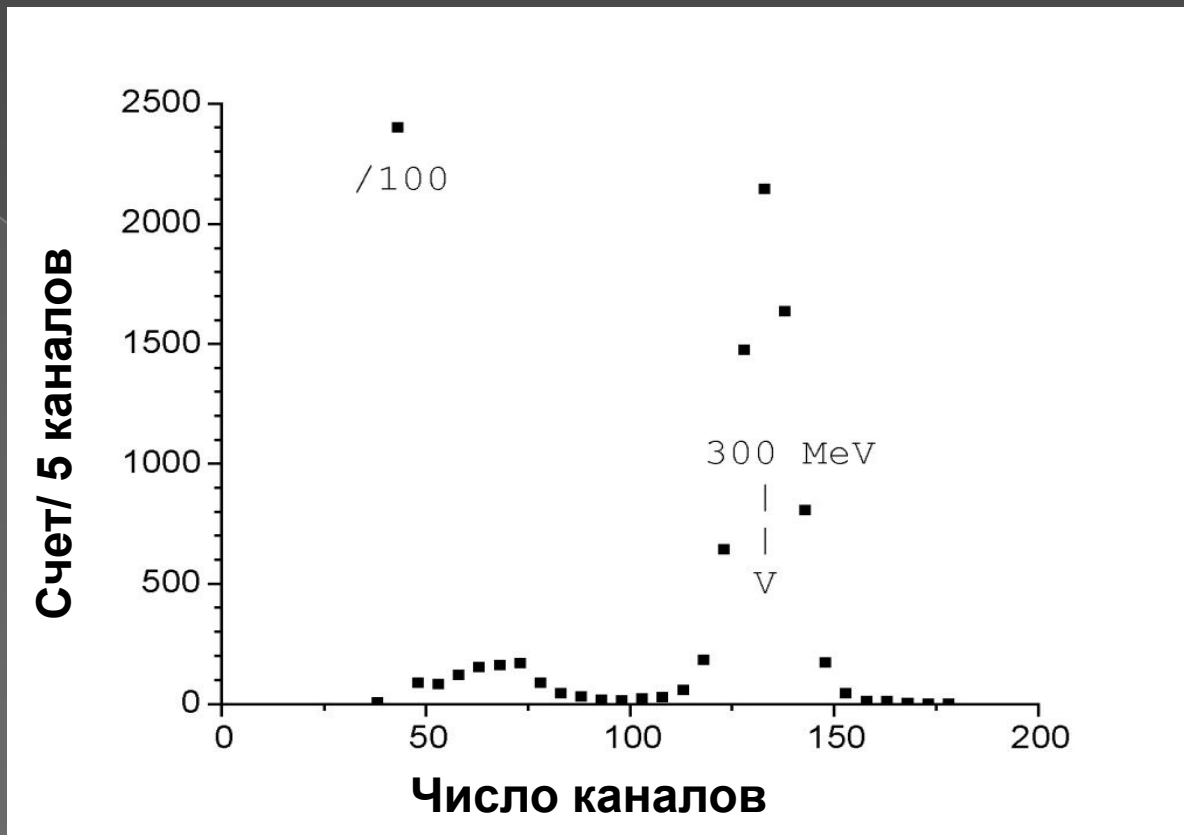
# Энергетическая реконструкция амплитуд в модулях

- Амплитудный анализ сигналов в модулях  $\gamma$ -спектрометра проводился в пределах 512 каналов. Амплитудный спектр (распределение по номеру канала) в одном из модулей  $\gamma$ -спектрометра приведен на рис. 4. На рис. 5. показан спектр амплитуд от световых импульсов, генерируемых  $\alpha$ -частицами радиоизотопа  $^{241}\text{Am}$  в кристалле NaI. Энергетический эквивалент (в единицах энергии электронов) указанных импульсов для каждого модуля был определен в результате калибровки. Энергия в модуле определялась по формуле:

$$E_i(A_i) = \frac{A_i - \Pi_i}{A_{\text{сз}} - \Pi_i} E_{\text{сз}}^{\text{экс}}$$



- Рис. 4. Амплитудный спектр в модуле N25 в реакции  $p + C \rightarrow \gamma + \gamma + x$  при импульсе  $P_p = 5.5$  ГэВ/с. Эксперимент на внутреннем пучке Нуклотрона ОИЯИ (рис.1).

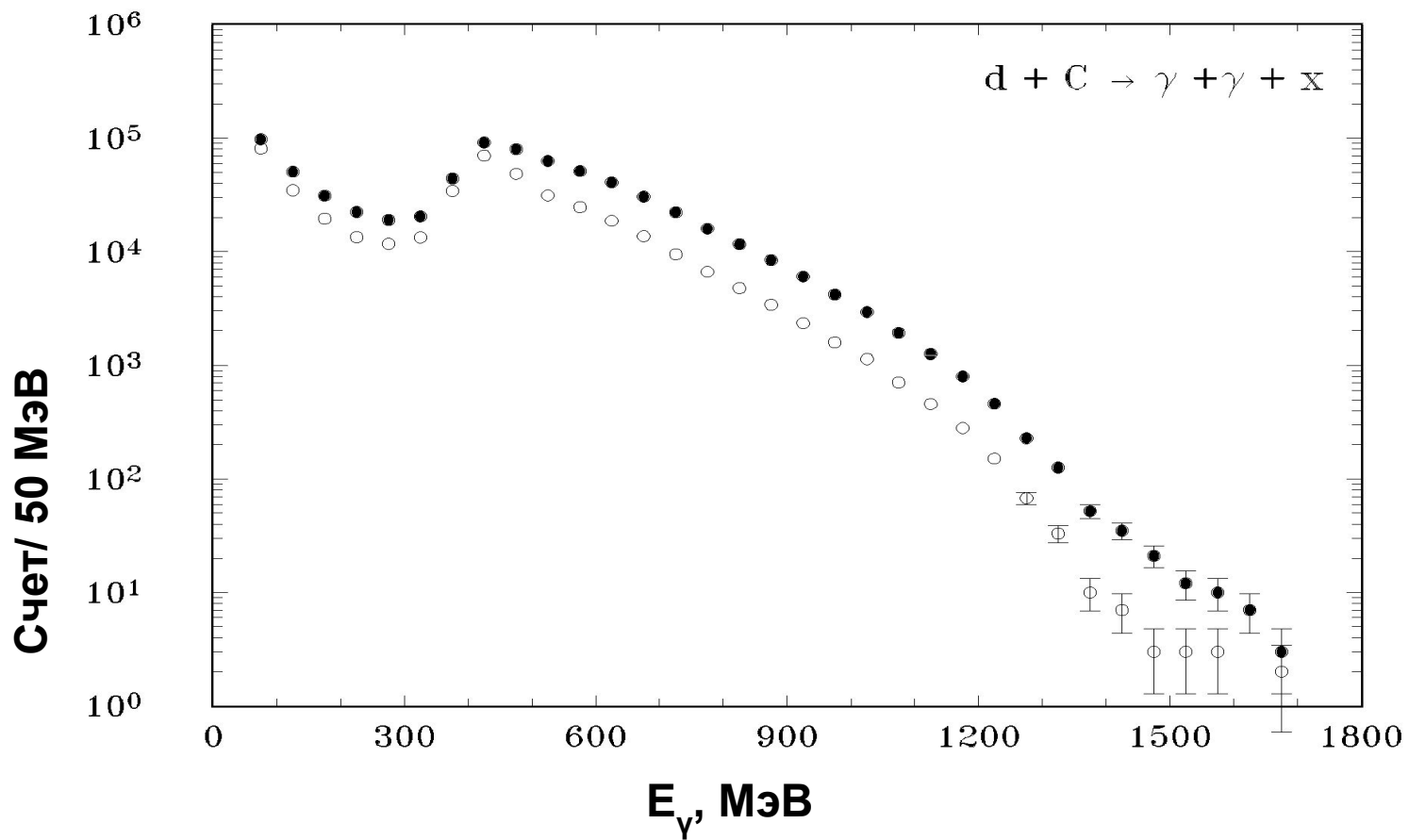


○ Рис. 5. Амплитудный спектр в модуле N25 от  $\alpha$ -источника. Над стрелкой указан энергетический эквивалент, определенный в калибровке на пучке дейтронов с импульсом 1,5 ГэВ/с на нуклон.

# Определение энергий $\gamma$ - КВАНТОВ

- Энергия  $\gamma$ -квантов определялась как сумма амплитуд в модулях кластера, составленного из одного, двух или трех смежных модулей. Энергетические спектры  $\gamma$ -квантов с различным числом сработавших модулей в кластере представлены на рис. 6.





- Рис. 6. Распределения по энергии всех  $\gamma$ -квантов (темные кружки) и  $\gamma$ -квантов, зарегистрированных только в одном модуле  $\gamma$ -спектрометра.

## Заключение

1. На внутренних пучках Нуклотрона проведены эксперименты по рождению нейтральных резонансов и  $\gamma$ -квантов в протон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях с применением многоканального черенковского  $\gamma$ -спектрометра из свинцового стекла.
2. В настоящее время ведется модернизация регистрирующей аппаратуры, в частности – высоковольтных делителей для ФЭУ-49Б.

В заключении хочу выразить благодарность своему научному руководителю Абрамяну Х.У. и наставнику Елишеву А. Ф.

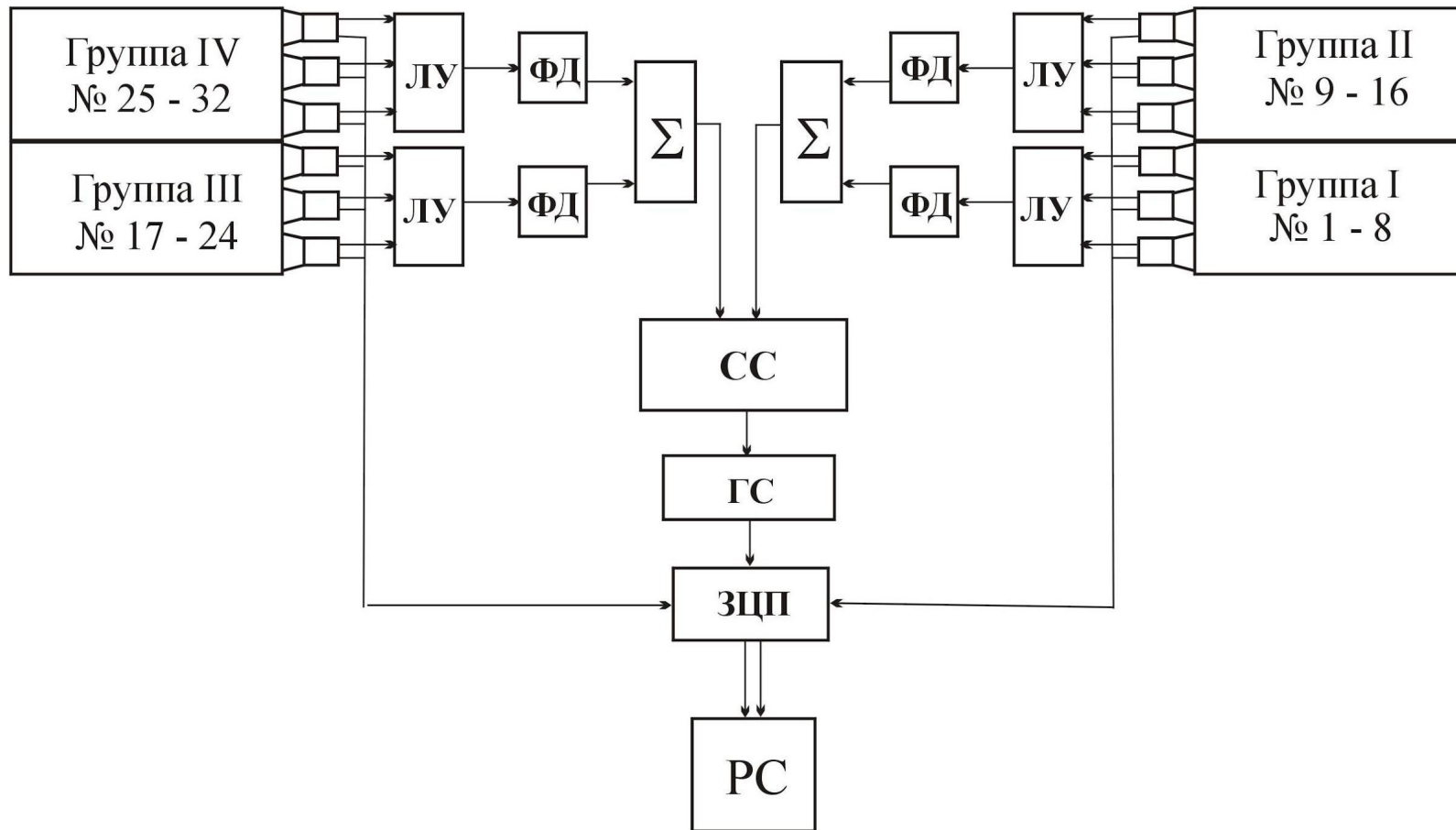
*Спасибо за внимание!*

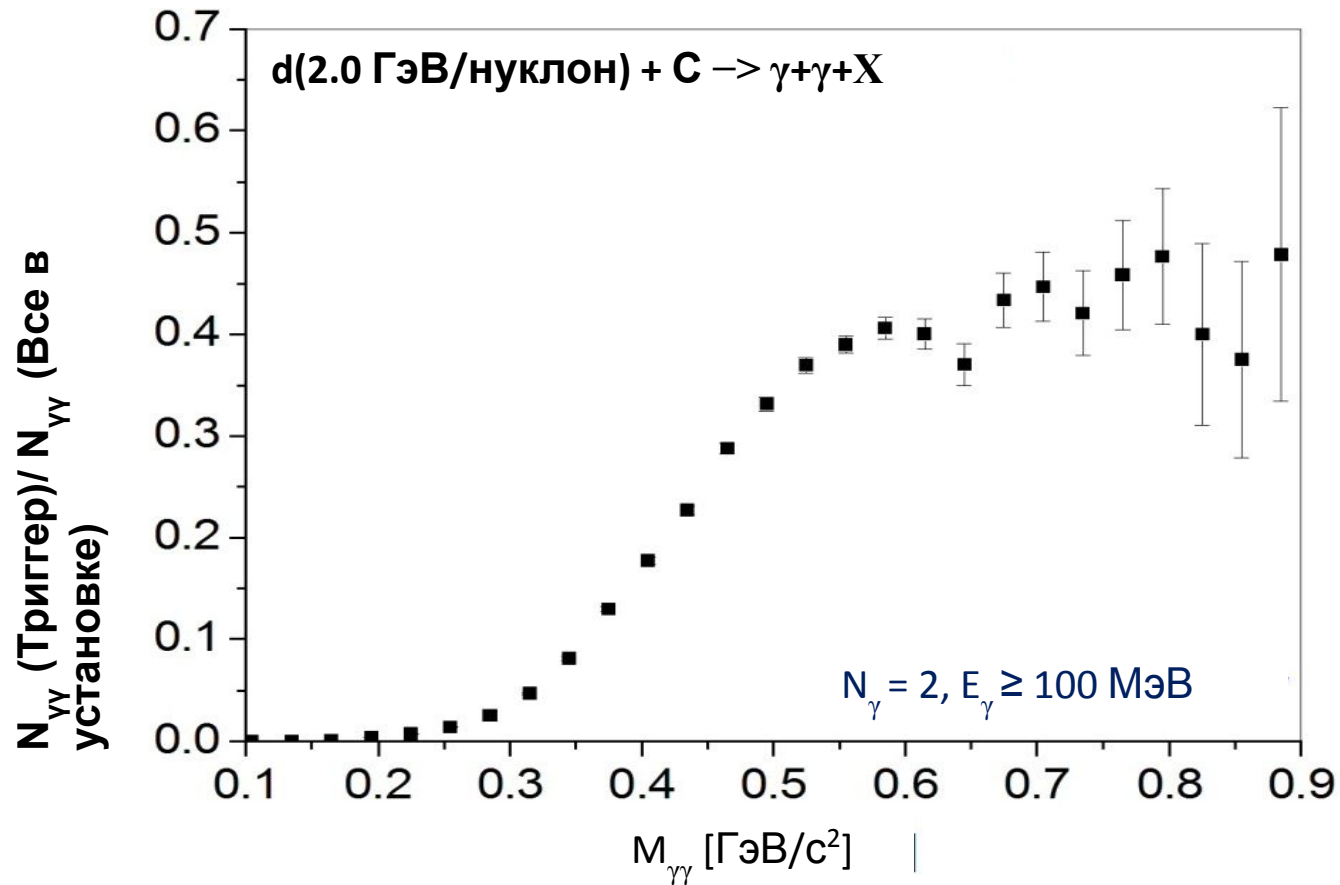
# Обработка и анализ данных

- Эксперименты проводились на внутренних пучках Нуклотрона ОИЯИ. Модули  $\gamma$ -спектрометра были собраны в два плеча по 16 модулей в каждом плече. Центры поверхностей годоскопов  $\gamma$ -спектрометра расположены на расстоянии 300 см от мишени, под углами  $25.6^\circ$  и  $28.6^\circ$  относительно направления пучка. Телесный угол  $\gamma$ -спектрометра составляет 0.094 стеррад. (по 0.047 стеррад. для каждого плеча). Внутренней мишенью служили вращающиеся проволоки, расположенные внутри вакуумного провода ускорителя: 8 углеродных проволок с диаметром каждой проволоки 8 микрон и медная проволока диаметром 20 микрон.

- Для увеличения эффективности регистрации высокоэнергетических  $\eta$ -мезонов (в том числе подпороговых, т.е.  $\eta$ -мезонов, рождение которых запрещено законами сохранения для нуклон-нуклонных столкновений) детекторы внутри годоскопов  $\gamma$ -спектрометра также были разделены на группы, по 8 модулей в каждой группе. Сигналы в группе линейно суммировались и поступали на входы дискриминаторов. Запуск установки производился при совпадении сигналов от двух и более групп детекторов в различных плечах:  $(D_1 + D_2) \times (D_3 + D_4)$ . Эффективность регистрации пар  $\gamma\gamma$  в зависимости от их инвариантной массы при порогах дискриминаторов  $D_i \approx 0.4$  ГэВ ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) приведена на рис. 5.

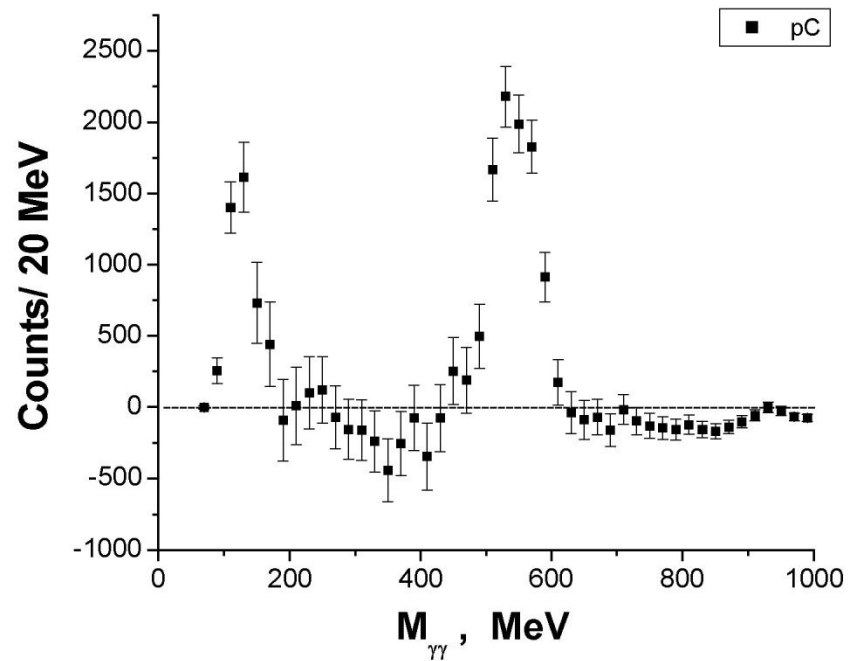
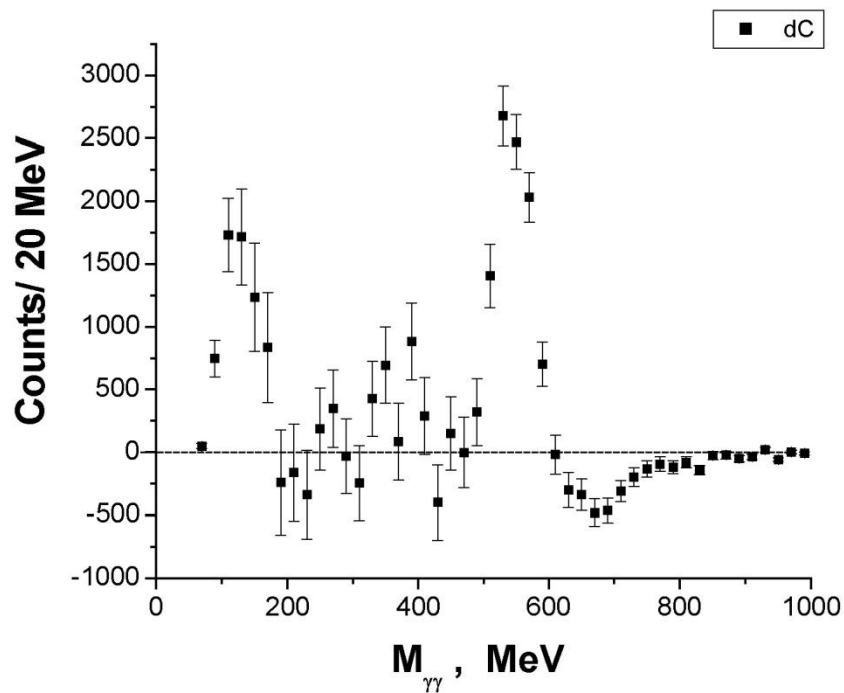
# Блок-схема электронной аппаратуры





- Рис. 7. Отношение числа пар  $\gamma\gamma$  удовлетворяющих условиям триггера и прошедших отбор ( $N_{\gamma} = 2, E_{\gamma} \geq 100 \text{ МэВ}$ ) к числу пар  $\gamma\gamma$  попадающих в установку.

# Эксперименты на Нуклотроне: $p, d + C \rightarrow \gamma + \gamma + X, P = 5.5 \text{ ГэВ/с}$





# Распределения по инвариантной массе пар $\gamma\gamma$ до и после вычитания фона в реакциях $d+C$ (лев.) и $p+C$ (прав.).

