

Ц 71  
Д-832



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

---

А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин

1588

СКОРОСТНОЙ ПЯТИЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

КТЭ, 1965, № 2.

А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин

1588

Ц 71  
Д-832

2370/2 чз.

СКОРОСТНОЙ ПЯТИЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Направлено в ПТЭ

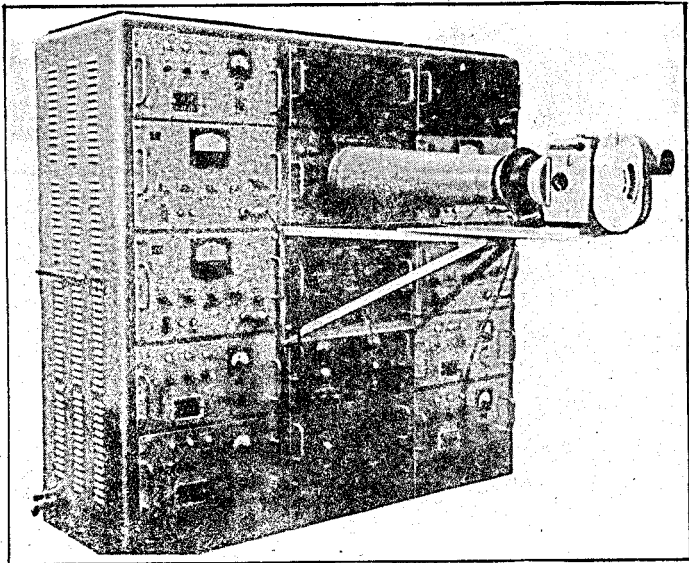
Объединенный институт  
высокоскоростной  
физики  
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1984

## В в е д е н и е

Решение многих задач экспериментальной ядерной физики связано с необходимостью регистрации и последующего временного и амплитудного анализа импульсов, поступающих одновременно от большого числа счетчиков, регистрирующих частицы. В последнее время для этой цели все чаще используются скоростные осциллографы, позволяющие регистрировать сложные и редкие процессы /1-3/.

Использование в экспериментах на ускорителях многолучевых скоростных осциллографов существенно расширяет эти возможности. В настоящей работе описывается скоростной пятилучевой осциллограф /рис.1/, который был создан для проведения экспериментов по исследованию бета-распада  $\pi^+$  - мезона /4/.

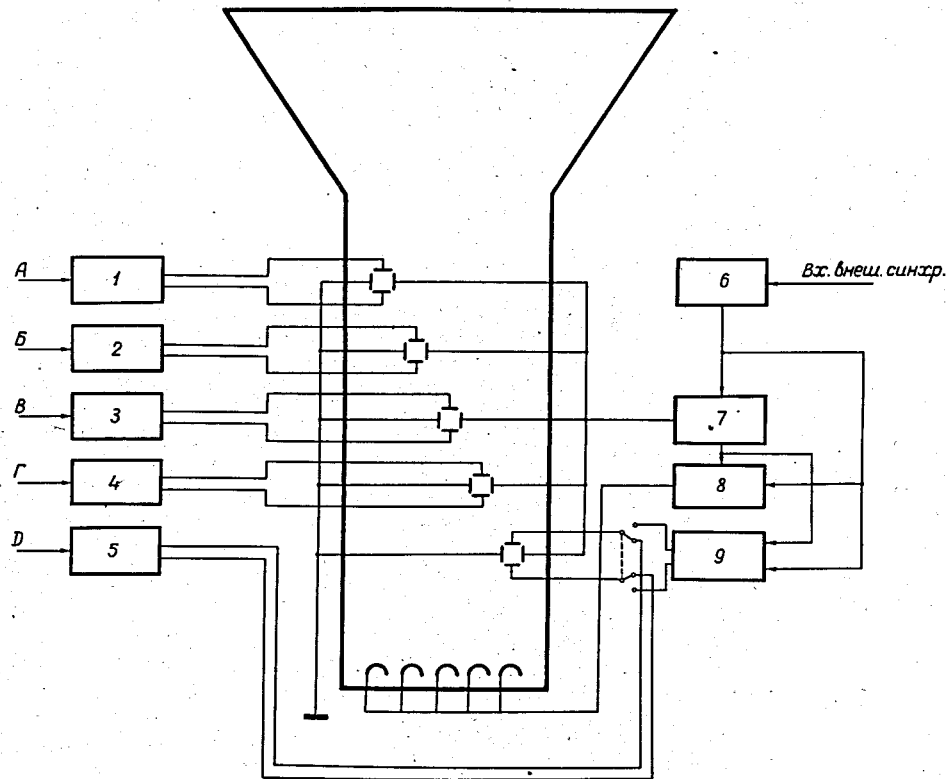


Р и с. 1.

Общий вид скоростного пятилучевого осциллографа.

Описание прибора

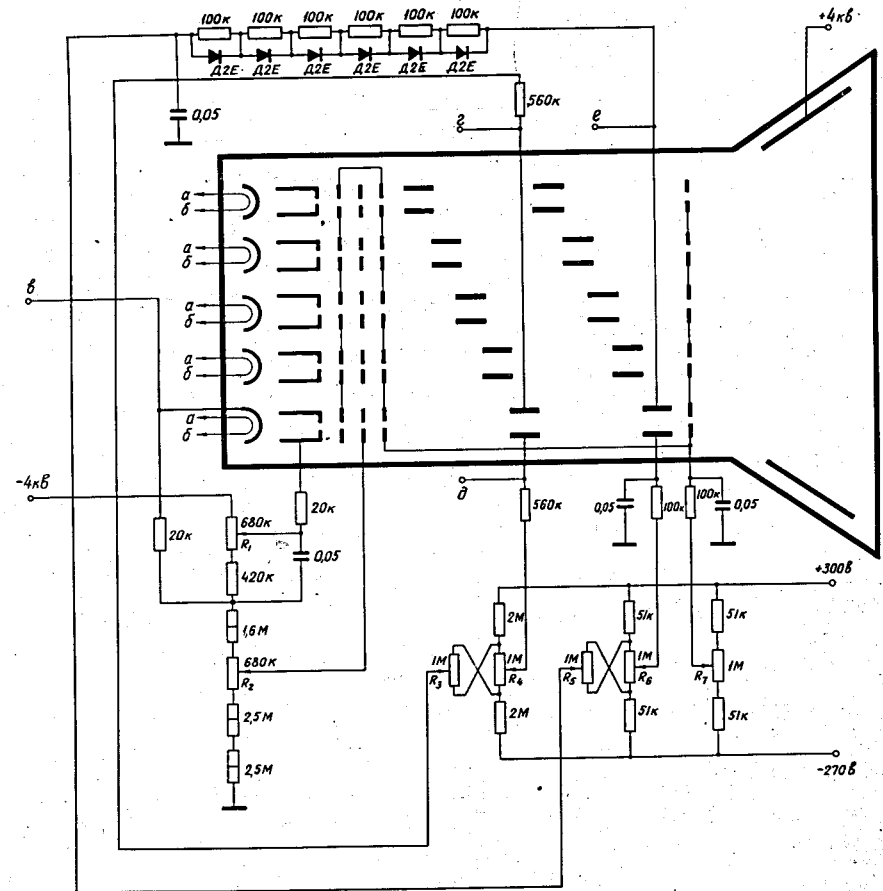
Блок-схема. Блок-схема осциллографа приведена на рис. 2. Исследуемые импульсы поступают на усилители вертикального отклонения лучей /1-5/. В качестве усилителей вертикального отклонения применены серийные усилители типа УЗ-5 /УР-4/ с полосой пропускания 150 Мгц. Генератор развертки /7/ запускается внешним импульсом, который усиливается усилителем синхронизации /6/. Горизонтально отклоняющие пластины всех лучей включены параллельно, развертка лучей производится одновременно. Длительность импульса подсвета от генератора /8/ и частота калибровочных синусоидальных колебаний от генератора временных меток /9/ изменяются одновременно с изменением скорости развертки.



Р и с. 2.

Блок-схема осциллографа, А-Д-входы усилителей вертикального отклонения лучей.

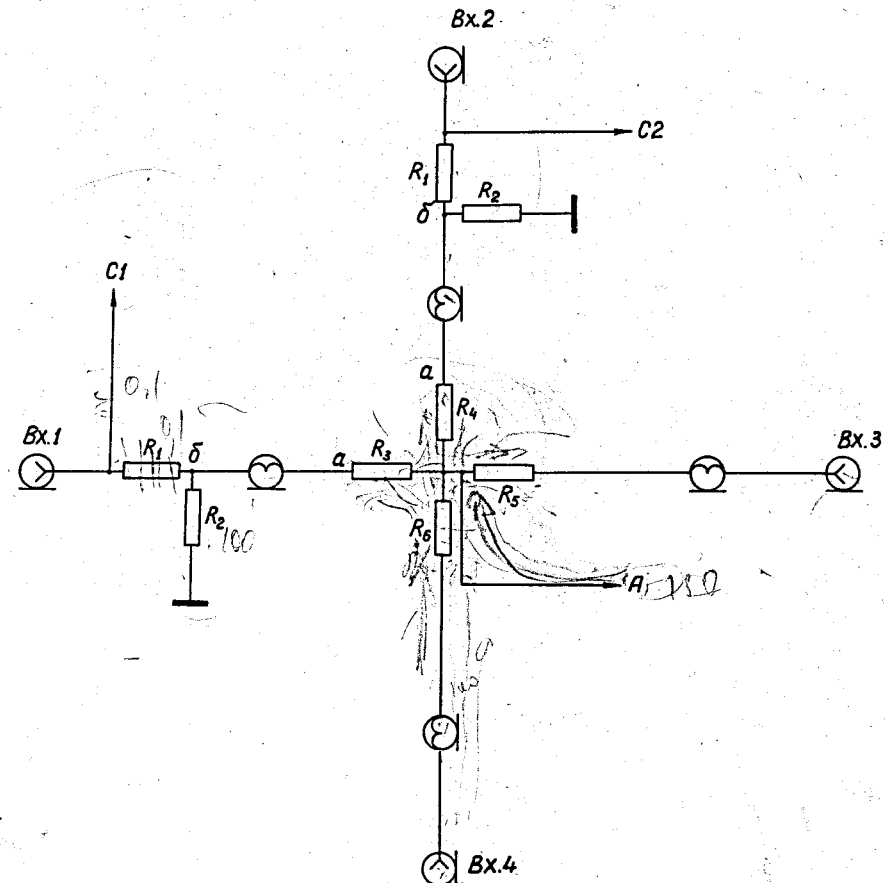
Электронно-лучевой индикатор. Принципиальная электрическая схема блока электронно-лучевого индикатора приведена на рис. 3. В осциллографе применена пяти-лучевая трубка типа 22ЛО1А. С целью повышения яркости ее лучей используется предельно допустимый режим питания трубки. Каждый луч имеет автономную регулировку яркости /потенциометры  $R_1$  / и фокусировки /потенциометры  $R_2$  /. Смещение каждого луча в вертикальном и горизонтальном направлениях осуществляется сдвоенными потенциометрами  $R_3, R_4$  и  $R_5, R_6$ , соответственно.



Р и с. 3

Принципиальная электрическая схема блока электронно-лучевого индикатора. а, б- точки присоединения обмоток накального трансформатора, в-вход импульса подсвета, г, д- входы сигналов, е-вход напряжения развертки.

Для размещения на лучах осциллографа большого числа импульсов /несколько импульсов на каждом луче/ производилось смешивание импульсов на входах усилителей вертикального отклонения. Схема смесителя сигналов от четырех счетчиков приведена на рис. 4. Сигналы от двух счетчиков поступали на входы смесителя Вх1, Вх2 и схемы совпадений  $C_1, C_2$ , которая запускала развертку осциллографа. Через делители  $R_1, R_2$  эти сигналы подавались на смеситель  $R_3 - R_6$ . Сигналы от счетчиков, не связанных со схемой совпадений, подавались непосредственно на смеситель /Вх3, Вх4/.



Р и с. 4.

Принципиальная схема смесителя импульсов.  
А - вход усилителя вертикального отклонения.

Изменение астигматизма производится на всех лучах одновременно при помощи потенциометра  $R_7$ . Регулирующие потенциометры выведены на переднюю панель блока электронно-лучевого индикатора.

Для устранения колебаний в LC контурах вертикально отклоняющих пластин сигналы на выводы пластин /точки "г", "д", рис.3/ подаются через сопротивления  $R_8 - R_{10}$ . В этом случае собственный фронт нарастания сигнала на пластинах не превышает 2 нсек, и заметных выбросов на осциллограммах импульсов с крутыми фронтами не наблюдается.

Электронно-лучевая трубка экранирована от паразитных магнитных полей при помощи многослойного магнитного экрана. Экран состоит из пяти слоев отожженного листового пермаллоя, наклеенных на картон и заключенных в конический корпус из трансформаторного железа толщиной 0,2 мм.

**Блок развертки.** Усилитель синхронизации представляет собой семикаскадный RC-усилитель с индуктивной коррекцией. После усиления импульсы формируются и запускают одновибратор генератора развертки, длительность импульса которого меняется с изменением диапазона скорости развертки. В выходном каскаде генератора развертки используется токостабилизирующий пентод ГУ-50, позволяющий достигнуть достаточной линейности развертки <sup>1/5</sup>. Максимальная частота запуска развертки составляет 30 кГц.

Для питания блока развертки используется источник с электронной стабилизацией напряжений.

Характеристики прибора и его конструкция

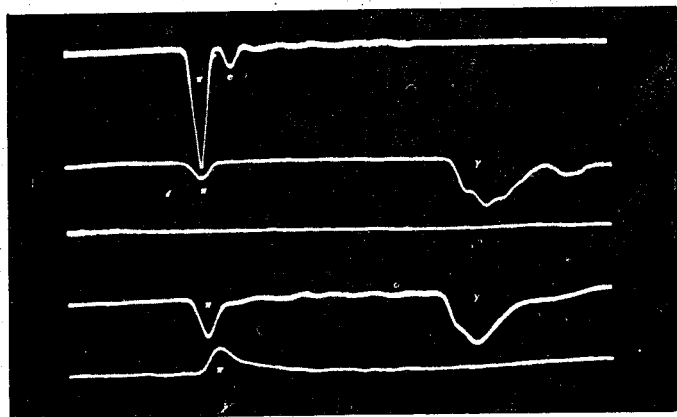
Прибор имеет несколько фиксированных скоростей развертки: 5,10,20,50,100 и 200 нсек/см. Точная калибровка скорости развертки производилась в процессе работы при помощи кварцевого генератора КГ-В. Нелинейность развертки оказалась равной 2-4% для разных лучей. Скорости развертки на различных лучах отличаются на 2-8%. Задержка срабатывания развертки относительно запускающего сигнала составляет 70 нсек.

Собственный фронт нарастания осциллографа при использовании усилителей вертикального отклонения составляет 4 нсек, чувствительность по вертикальному отклонению лучей - 80 мв/см. При подаче исследуемых сигналов непосредственно на вертикально отклоняющие пластины обеспечивается длительность фронта нарастания 2 нсек и чувствительность 30 в/см.

Конструктивно осциллограф оформлен в виде отдельных блоков, смонтированных в передвижном корпусе /рис. 1/. Каждый из отдельных блоков /усилители УЗ-5, блоки питания, блок развертки и блок электронно-лучевого индикатора/ может быть легко отделен от прибора, что облегчает их настройку.

Величины сопротивлений делителей и смесителя выбирались таким образом, чтобы точки "а" и "б" /рис. 4/ были согласованы для сигналов, распространяющихся в кабелях задержки от делителей к смесителю и обратно. Это позволило ослабить взаимную связь каналов схем совпадений и устранило отражение сигналов в смесителе. Импульсы от разных счетчиков располагались в нужном месте на луче подбором длины соответствующих кабелей задержки.

Описанная схема смешивания импульсов позволила одновременно регистрировать импульсы от 12 сцинтилляционных и черенковских счетчиков в эксперименте по исследованию  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона /4/. Типичная фотография случая такого распада приведена на рис. 5.



Р и с. 5

Типичная осциллограмма импульсов, возникающих в счетчиках при регистрации  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона  $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu$ ,  $\pi^+ \rightarrow 2\gamma$  /4/.  
 $\tau_e$  - импульсы от сцинтилляционных счетчиков, регистрирующих остановку  $\pi^+$ -мезона и позитрон распада,  $\gamma$  - импульсы от черенковских спектрометров, регистрирующих  $\gamma$ -кванты.

На рис. 6 показана одна из фотографий, полученных при исследовании малоинтенсивного процесса перезарядки  $\pi^-$ -мезонов в водородосодержащих веществах /6/.

Величины задержек импульсов подбирались при помощи импульсных полупроводниковых источников света, установленных в каждой счетчике. Малый временной разброс светового импульса, не превышающий 0,2 нсек, амплитудная стабильность /лучше 1%/ позволяют при помощи источников света моделировать процесс прохождения ядерной частицы через систему счетчиков. На рис. 7 приведена типичная фотография, полученная при настройке аппаратуры /4/ при помощи импульсных источников света.

#### Фотографирование импульсов

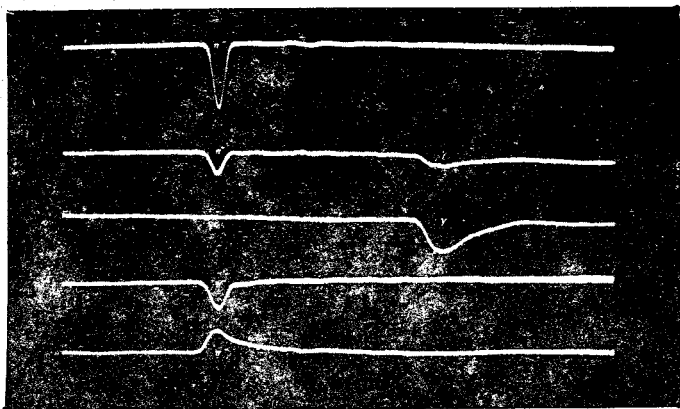
Для фотографирования однократных процессов при большой скорости развертки использовался объектив Zeiss /ГДР/ со светосилой 1:0,75 и фокусным расстоянием  $f = 100$  мм. Фотографирование производилось при помощи киноаппарата РФК на высокочувствительную пленку "Изопанхром-13" с уменьшением 1:5. Выбранная система фотографирования обеспечивает запись однократных процессов, протекающих со скоростью до  $10^9$  см/сек /по экрану/.

При осциллографировании редких процессов кинокамера работает в ждущем режиме, и объектив должен длительное время оставаться открытым. Использование при этом выпускаемых серийно электронно-лучевых трубок 22ЛО1А оказывается затруднительным, так как проходящий через экран свет от нитей накала трубки засвечивает пленку за несколько секунд. В описываемом осциллографе была применена модифицированная трубка 22ЛО1А с алюминиевым экраном, что позволило увеличить длительность экспозиции одного кадра до 5 минут.

#### Заключение

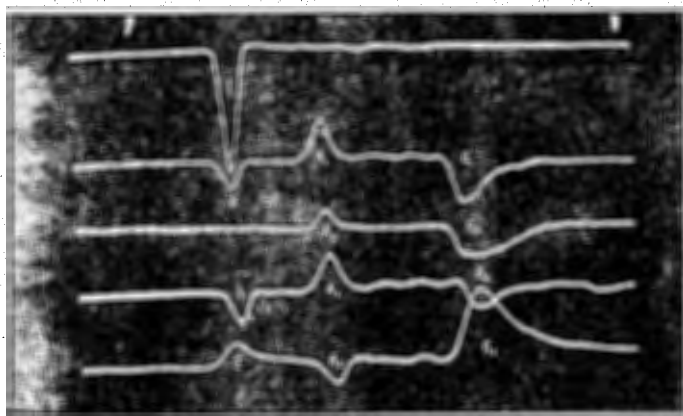
Описанный осциллограф был создан в 1962 г. и использовался при проведении ряда длительных экспериментов на фазотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ /4,8/. В ходе эксплуатации осциллографа было получено около 500 тысяч фотографий. Обработка их показала, что устойчивость параметров блока развертки и усилителей вертикального отклонения такова, что она позволяет определять временные интервалы между импульсами с точностью до  $2 \cdot 10^{-10}$  сек и производить анализ амплитуд с точностью до 3 %.

В заключение пользуемся случаем поблагодарить Г.П.Зорина, А.В.Ревенко и Н.Н.Хованского за помощь при создании и эксплуатации осциллографа, Л.Н.Андрианову и ее сотрудников за разработку электронно-лучевой трубки с алюминиевым экраном и Н.Б.Едовину за выбор режима проявления пленки.



Р и с. 6.

Типичная осциллограмма импульсов, возникающих в счетчиках при регистрации перезарядки  $\pi^-$ -мезона в водородосодержащем веществе  $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ . Обозначения те же, что на рис. 4.



Р и с. 7.

Типичная осциллограмма импульсов, возникающих при однократном срабатывании импульсных источников света во всех счетчиках установки, использовавшейся для регистрации  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона.

### Л и т е р а т у р а

1. J. Ashkin, T. Fazzini, G. Fidecaro, A. W. Merrison, H. Paul, A. V. Tolestrup, Nuovo Cim., **13**, 1240 (1959).
2. H. L. Anderson, T. Fujii, R. H. Miller, L. Tau. Phys. Rev., **119**, 2051 (1960).
3. Б. А. Уточкин, Г. М. Сигидин, А. И. Колесников, Г. А. Гведадшвили. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, 66. Госатомиздат, Москва, 1963.
4. А. Ф. Дунайтsev, В. И. Петрухин, Ю. Д. Прокошкин, В. И. Рыкалин. Proc. 1962 Conf. on Instr. for High-Energy Physics, p. 252, Geneva (1963); Intern. Conf. on Fundamental Aspects of Weak Interaction, Brookhaven, USA (1963).
5. Генерирование электрических колебаний специальной формы, т. 1, 280. Советское радио, Москва /1951/.
6. В. И. Петрухин, Ю. Д. Прокошкин, Nuovo Cim., **28**, 99 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 марта 1964 г.