

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С344.36

A-564

2335 / 2-77

20/11-77

13 - 10559

Д.Альбрехт, П.Конц, З.В.Крумштейн, Ю.П.Мереков,
Г.Хемниц, Н.Н.Хованский, Б.А.Хоменко,
Хон Сын Му, З.Шереш

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
СИСТЕМЫ РАСТЯЖКИ ПУЧКА СИНХРОЦИКЛОТРОНА
ЛАБОРАТОРИИ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ОИЯИ

1977

13 - 10559

Д.Альбрехт, П.Конц, З.В.Крумштейн, Ю.П.Мереков,
Г.Хемниц, Н.Н.Хованский, Б.А.Хоменко,
Хон Сын Му, З.Шереш

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
СИСТЕМЫ РАСТЯЖКИ ПУЧКА СИНХРОЦИКЛОТРОНА
ЛАБОРАТОРИИ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ОИЯИ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Альбрехт Д. и др.

13 - 10559

Устройство для измерения параметров системы растяжки пучка синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ

Описывается устройство, позволяющее производить одновременное измерение параметров системы растяжки выведенного пучка частиц:

- мгновенного значения частоты ускоряющего напряжения;
- времени выхода частиц относительно момента начала ускорения.

Показано, что имеется зависимость энергии выведенного пучка частиц от указанных выше параметров. Устройство используется на линии с ЭВМ НР-2116С в экспериментах по исследованию прямых ядерных реакций при взаимодействии протонов с энергией 670 МэВ с ядрами на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

При работе в режиме растяжки^{1/} на протонном пучке, выведенном из синхроциклотрона, важны контроль качества растяжки /измерение макроструктуры пучка/, влияющей на фоновые условия, а также знание частоты ускоряющего напряжения на С-электроде в момент выхода частицы из ускорителя, вызвавшей зарегистрированное событие. Это позволяет точнее определить энергию первичной частицы, т.к. в период вывода происходит ускорение с соответствующим изменением частоты ускоряющего напряжения. Для решения этих задач разработано устройство, которое дает возможность измерять время выхода частицы относительно начала ускорения и мгновенное значение частоты ускоряющего напряжения, которое можно включить в информацию о событии в виде дополнительных параметров.

На рис. 1 изображена блок-схема измерения времени выхода частицы. Меандр с частотой $f = 1 \text{ МГц}$ от кварцевого генератора постоянно присутствует на входе пересчетного устройства емкостью 2^{16} . Сигнал с фотодатчика ускорителя^{2/}, соответствующий началу цикла ускорения /синхроимпульс/, формирует сигнал длительностью 1 мкс и производит "обнуление" пересчетного устройства, после чего счет продолжается. Входной сигнал, указывающий на регистрацию очередного события /триггер/, формирует сигнал длительностью 2 мкс и на это время запрещает счет импульсов от кварцевого генератора. Далее входной сигнал задерживается на 1 мкс и формирует сигнал длительностью 200 нс для стробирования состояния счетчика в буферный регистр. Содержимое буферного регистра через выходные ключи по команде "Чтение" передается в ЭВМ.

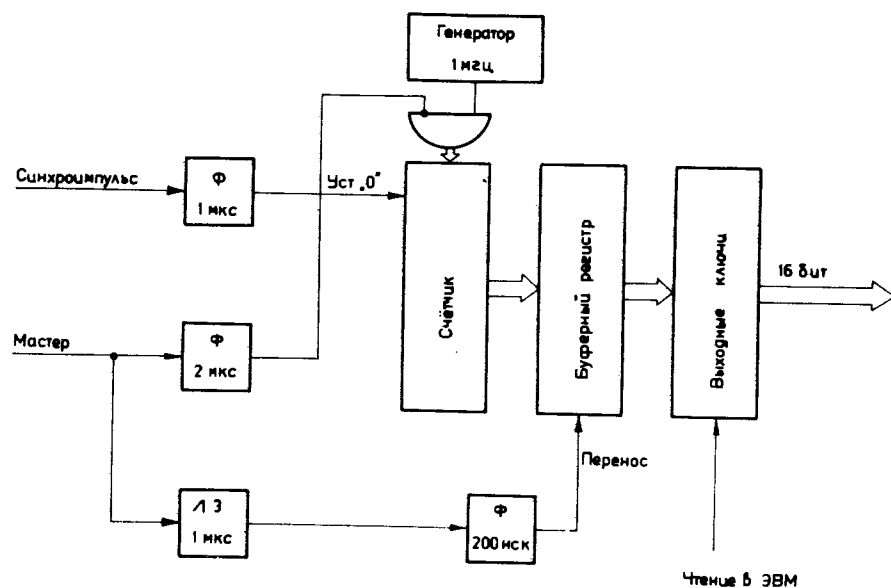


Рис. 1. Блок-схема измерения времени прихода событий относительно синхроимпульса.

Время с начала цикла ускорения до момента регистрации физического события в этом цикле определяется как

$$T = A_2 \cdot 10^{-6} \text{ с,}$$

где A_2 - двоичный код, находящийся в буферном регистре. Шкала прибора - линейная. Точность определения времени $T \sim 10^{-6}$ с. Блок исполнен в виде одного модуля в стандарте КАМАК.

Для мгновенного измерения частоты ускоряющего напряжения синхроциклотрона применен способ измерения периода этих колебаний. В связи с тем, что возможный диапазон изменения частоты /девиация/ ускоряющего напряжения на С-электроде составляет всего лишь $\Delta f = 300 \text{ КГц} / f = 14,5 \div 14,2 \text{ МГц} / 1$, что соответствует изменению периода $\Delta T_{\text{ун}} = 1,5 \text{ нс}$ - из-за огра-

ниченного разрешения измерительной аппаратуры ^{/3/}, целесообразно измерять величину $\delta T_{\text{ун}}$ за 3 периода, т.е.

$$3(T_{\text{ун}} + \delta T_{\text{ун}}) - 3T_{\text{ун}} = 3\delta T_{\text{ун}} \leq 4,5 \text{ нс.}$$

Для вычитания постоянной величины $3T_{\text{ун}}$ используется кабельная задержка, равная 210 нс.

Блок-схема и соответствующая импульсная диаграмма представлены на рис. 2 и 3. Синусоидальный сигнал с датчика С-электрода ограничивается, преобразуется в прямоугольный, затем выделяются путем дифференцирования его передние фронты так, чтобы каждому периоду синусоиды соответствовала временная отметка в виде пикового импульса с шириной по основанию 10 нс. Момент измерения частоты определяется совпадением сигнала /триггер/, выработанного при регистрации очередного события, с одним из преобразованных сигналов синусоиды. После совпадения сигнала /триггер/ с одной из временных отметок синусоиды, схема совпадения по входу закрывается на время, необходимое для измерения трех периодов. Сигналы совпадения нельзя использовать для измерения периода синусоиды, так как они не зависят по времени друг от друга, поэтому применен следующий способ выделения стартового и стопового сигналов: сигнал совпадений задерживается на время t_{31} , необходимое для выделения следующей временной отметки синусоиды, формируется в импульс с длительностью $\tau_1 = 40 \text{ нс}$, открывающий ворота выходной сигнал с которых является стартовым.

Для выделения стопового импульса сигнал совпадений задерживается дополнительно на время $t_{32} = 3, T_{\text{ун}} \sim 210 \text{ нс}$ и формирует импульс с длительностью $\tau_2 = 40 \text{ нс}$, открывающий ворота канала "СТОП". Этот же сигнал одновременно открывает блокировку схемы совпадений по входу. Мертвое время измерителя частоты составляет $\sim 4 T_{\text{ун}}$, т.е. 280 нс.

Интегральная нелинейность измерительной аппаратуры в целом не превышает 0,3% в диапазоне изменения частоты от 14,1 до 14,8 МГц. Разрешение измерителя частоты не хуже 50 нс, что соответствует точности измерителя частоты $\sim 3 \text{ КГц}$. Температурная зависимость

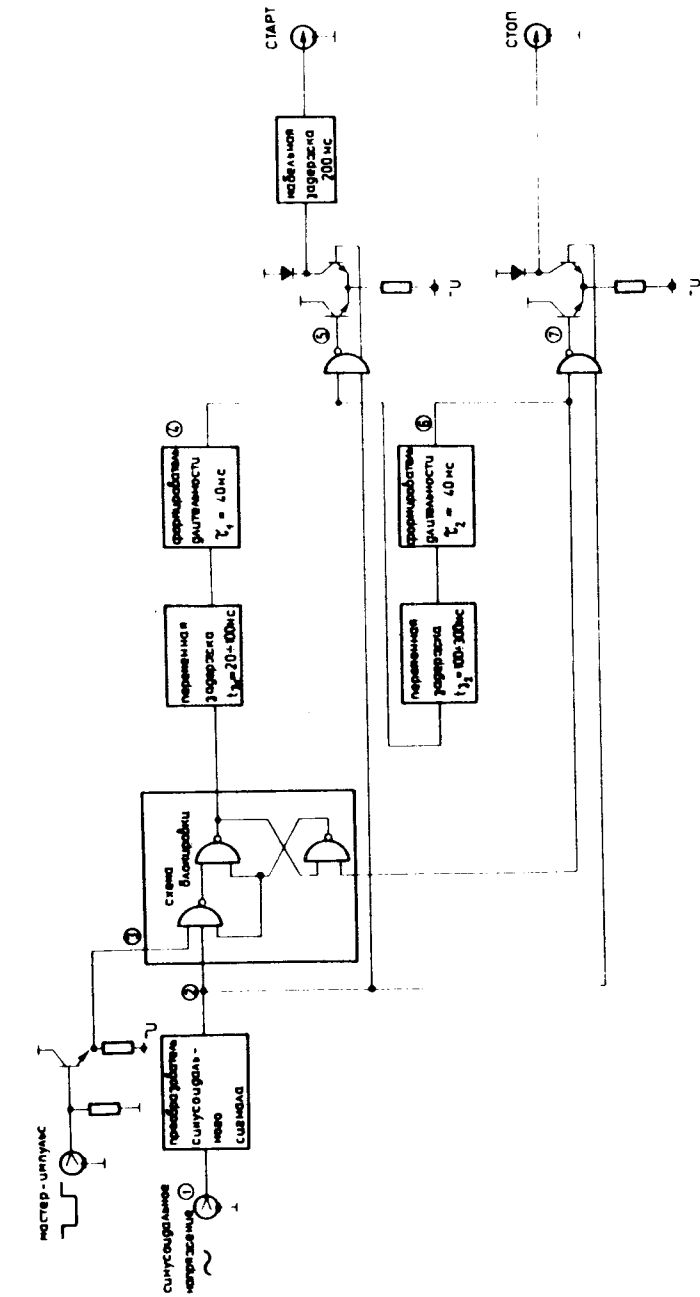


Рис. 2. Блок-схема измерителя частоты ускоряющего напряжения на С-электроде. Цифрами обозначены точки, для которых на рис. 3 приведена временная диаграмма.

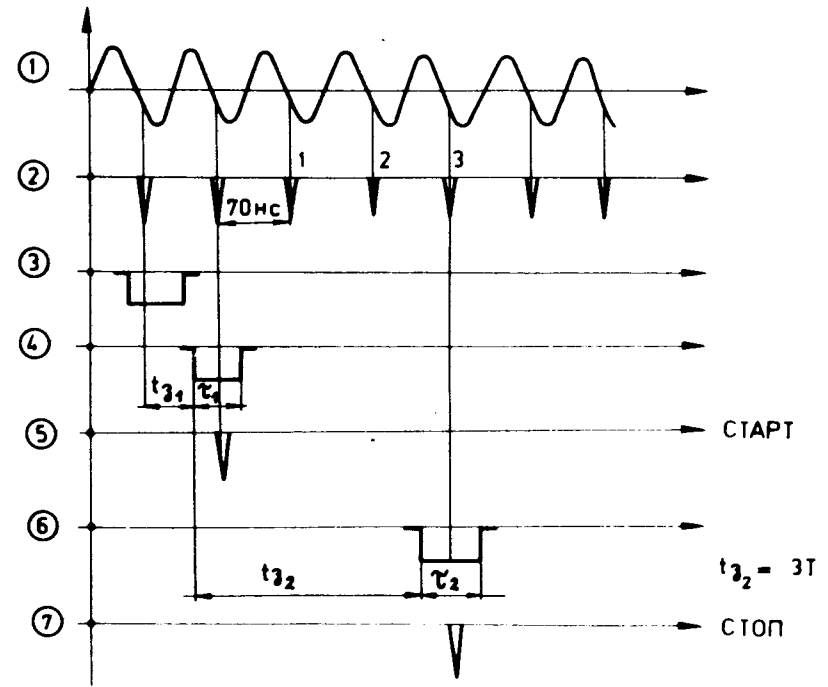


Рис. 3. Временная диаграмма, поясняющая работу измерителя частоты.

схемных элементов на точности измерения частоты не сказывается. Измеритель частоты выполнен в виде одного блока в стандарте "Вишня".

Описанное устройство применяется в эксперименте по исследованию прямых ядерных реакций при взаимодействии протонов с энергией 670 МэВ с ядрами^{4/}.

На рис. 4 изображена зависимость распределения событий от величины $\delta T_{ун}$. Полная ширина этого распределения $\sim 2,9$ нс, что соответствует девиации частоты ускоряющего напряжения С-электрода ~ 190 КГц.

На рис. 5 приведена временная структура событий. Видно, что длительность растяжки протонного пучка составляет ~ 6 мс, пики в начале и в конце шкалы соответствуют случаю, когда система растяжки была отключена.

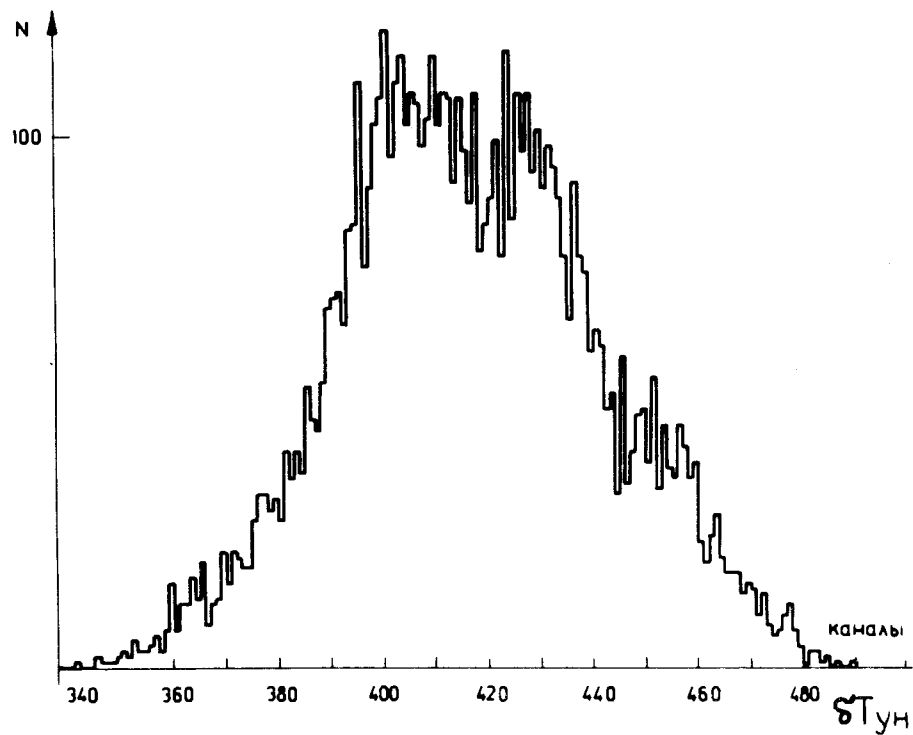


Рис. 4. Распределение событий по $\delta T_{ун}$ /1 канал - 50 нс/.

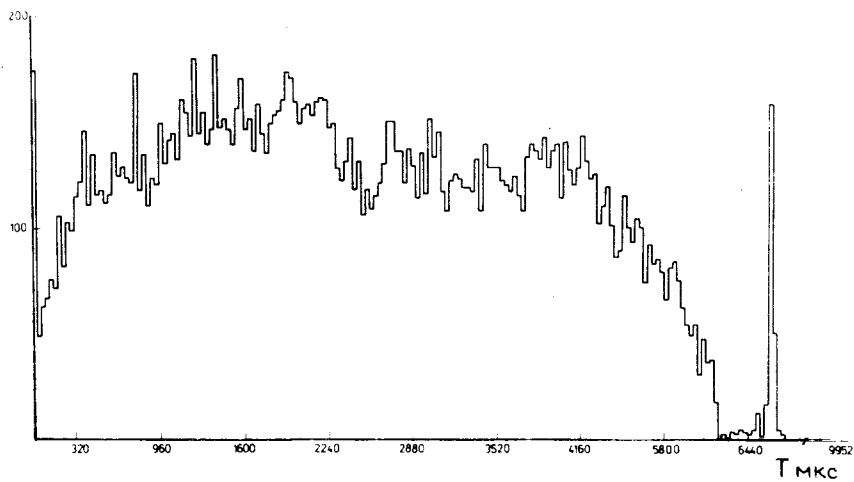


Рис. 5. Временная структура /макроструктура/ событий.

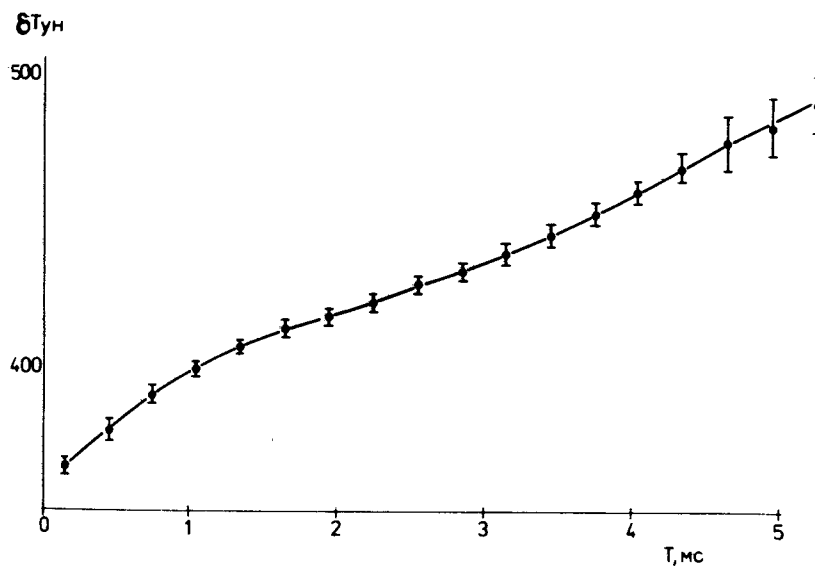


Рис. 6. Зависимость величины $\delta T_{ун}$ от времени прихода событий.

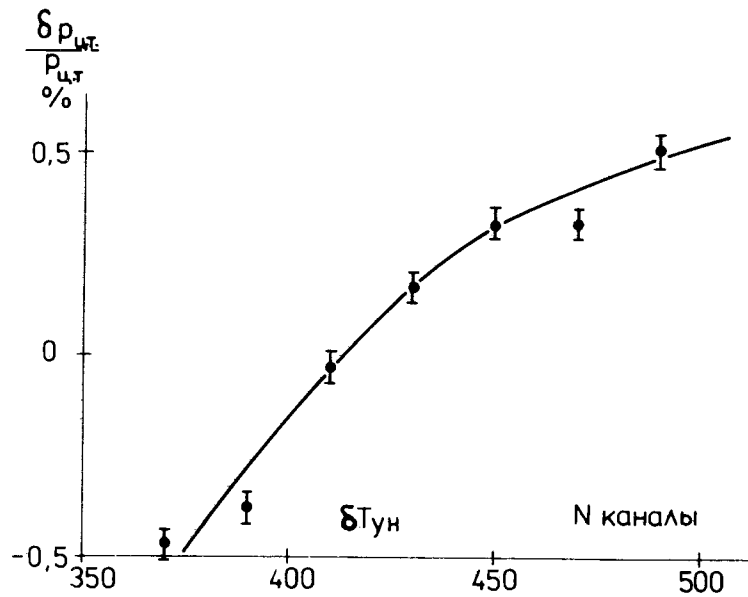


Рис. 7. Зависимость изменения центра тяжести импульсного распределения от величины $\delta T_{ун}$.

На *рис. 6* показана зависимость величины $\delta T_{ун}$ от времени прихода событий.

На *рис. 7* приведена зависимость изменения центра тяжести импульсного распределения выведенного пучка на мишени от величины $\delta T_{ун}$. Видно, что всему изменению величины $\delta T_{ун}$ соответствует изменение импульса порядка $\sim 1\%$.

Реализованная нами система мгновенного измерения временной структуры событий и частоты ускоряющего напряжения позволяет:

- контролировать качество растяжки;
- использовать более эффективно время ускорителя, регистрируя события в течение всего цикла интенсивности с последующей обработкой временных интервалов, где растяжка отсутствует; при этом сохраняется возможность контроля фоновых условий в различных участках цикла интенсивности;
- производить поправку на первичную энергию пучка.

Авторы выражают благодарность В.И.Данилову, В.Г.Зинову и Б.Н.Марченко за полезные обсуждения.

Литература

1. Глазов А.А. и др. Труды IV Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Москва, 1974. Атомиздат, 1975, том 1, с. 242.
2. Данилов В.И. и др. ОИЯИ, Р9-5953, Дубна, 1971.
3. Балдин Б.Ю. ОИЯИ, 13-6954, Дубна, 1973.
4. Альбрехт Д. и др. ОИЯИ, ЕЗ-8935, Дубна, 1975.

*Рукопись поступила в издательский отдел
1 апреля 1977 года.*