

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

13-86-362

В.Ф.Борейко, В.М.Гребенюк, В.Г.Зинов,  
В.В.Иванов, Ю.А.Кожевников, Г.Д.Столетов

УСТРОЙСТВО ВРЕМЕННОЙ ПРИВЯЗКИ  
ДЛЯ БОЛЬШИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ

Направлено в журнал  
"Приборы и техника эксперимента"

1986

Точность временной привязки к моменту попадания частицы в счетчик имеет определяющее значение в опытах с использованием метода совпадений. Наибольшее влияние на временное разрешение сцинтилляционных счетчиков оказывают:

- 1) временной разброс между приходом света на фотокатод и появлением выходного сигнала ФЭУ;
- 2) флуктуации ионизационных потерь заряженных частиц в сцинтилляторе и соответствующие флуктуации амплитуд импульсов ФЭУ;
- 3) зависимость времени попадания света на фотокатод ФЭУ от места сцинтилляции. Максимальное влияние этот фактор имеет для больших ( $> 100$  мм) счетчиков, особенно в случае пониженной эффективной скорости распространения света в сцинтилляторе<sup>/1,2/</sup>.

Действие первого фактора сводится к минимуму подбором делителя<sup>/3/</sup> и стабилизацией напряжения на диодах ФЭУ<sup>/4/</sup>, для снижения влияния двух остальных применяются различные аппаратные<sup>/5-10/</sup> и программные средства<sup>/1,2,11-14/</sup>.

В настоящей работе описывается электронное устройство, компенсирующее временную зависимость формируемого выходного сигнала от флуктуаций амплитуд импульсов с ФЭУ и координаты места пересечения счетчика частицей. Данное устройство временной привязки (УВП) рассчитано на работу со счетчиком, сцинтиллятор которого просматривается с противоположных сторон двумя ФЭУ. Блок-схема устройства представлена на рис.1, принципиальная схема - на рис.2.

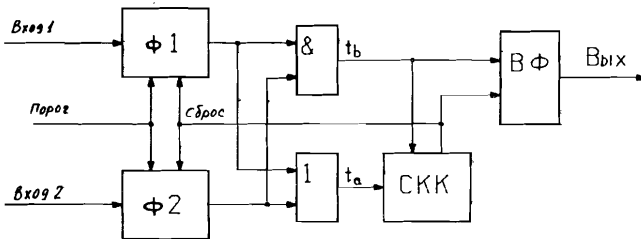
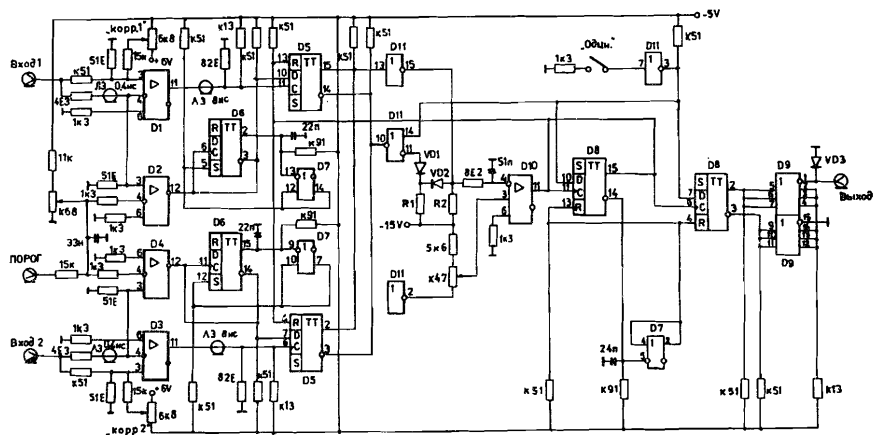


Рис.1. Блок-схема устройства.



D1, D2, D3, D4 и D10 - KP597CA1; D5, D6 и D8 - K500TM231; D7 - K500AP216, D9 - K500AA210; D11 - K500AM101; VD1, VD2 - KД514А, VD3 - KД522А.

Рис.2. Принципиальная схема УВП.

Сигналы с ФЭУ поступают на два формирователя Ф1 и Ф2 (рис.1), аналогичных /15/, с привязкой к постоянной части фронта импульса. Привязка производится по переднему фронту импульса с ФЭУ на уровне 0,25 - 0,3 времени нарастания, сам сигнал делится в отношении 1:9. Для обеспечения надежного срабатывания от сигналов, амплитуда которых близка к значению порога, в схему введен одновибратор продления сигнала с порогового компаратора на время 10 нс.

Сигналы от Ф1 и Ф2 посредством схем ИЛИ и И преобразуются в сигналы  $t_a$  и  $t_b$ , которые поступают на схему компенсации координаты (СКК). Алгоритм работы СКК основан на соотношении

$$t_c = (t_1 + t_2)/2 - l/2v, \quad (1)$$

где  $t_c$  - время сцинтилляции в месте попадания частицы в счетчик,  $t_1$  и  $t_2$  - времена прихода света на фотокатоды ФЭУ1 и ФЭУ2,  $l$  - длина сцинтиллятора,  $v$  - эффективная скорость распространения света в счетчике.

Восстановление времени попадания частицы в счетчик производится по временным отметкам  $t_a$  и  $t_b$ . Поступление сигнала  $t_a$  включает генератор линейно-изменяющегося напряжения, после появления сигнала  $t_b$  скорость нарастания напряжения увеличивается вдвое. Изменение напря-

жения описывается выражением:

$$U(t) = \kappa(t_b - t_a) + 2\kappa(t - t_b), \quad (2)$$

где  $\kappa$  - скорость изменения напряжения на участке от  $t_a$  до  $t_b$ . При достижении  $U(t)$  некоторого заданного значения  $U_{cp}$  вырабатывается временная отметка:

$$t_{cp} = (t_a + t_b)/2 + U_{cp}/2\kappa. \quad (3)$$

Принцип работы СКК иллюстрируется рис. 3.

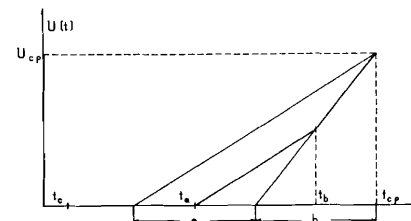


Рис.3. Временная диаграмма работы СКК.

Из сравнения 1) и 3) следует, что

$$t_c = t_{cp} - (T + U_{cp}/\kappa + l/v)/2, \quad (4)$$

где  $T$  - суммарное время запаздывания сигналов  $t_a$  и  $t_b$  относительно моментов  $t_1$  и  $t_2$ .

Сигнал из СКК возвращает схему в исходное состояние и запускает формирователь выходного сигнала  $V_{\omega}$ . Для сокращения мертвого времени УВП длительность временного окна  $a + b$  (рис.3) выбирается минимальной, с учетом времени распространения света  $l/v$  в сцинтилляторе счетчика и флуктуаций величины  $T$ .

Исследования характеристик УВП проводились на установке МАСПИК-2/16/ в рабочем сеансе на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ в опытах по фрагментации на ядрах мишени  $\alpha$ -частиц с начальным импульсом 18 ГэВ/с и интенсивностью первичного пучка от  $10^3$  до  $2,5 \times 10^9$  частиц за цикл ускорителя. Основным плечом спектрометра, расположенным под

углом  $\sim 140$  мрад к оси первичного пучка, измерялся импульсный спектр вторичных частиц в интервале от 4,2 до 7,2 ГэВ/с. Основной вклад в спектр в этой области дают протоны и дейтроны (см. рис.4).

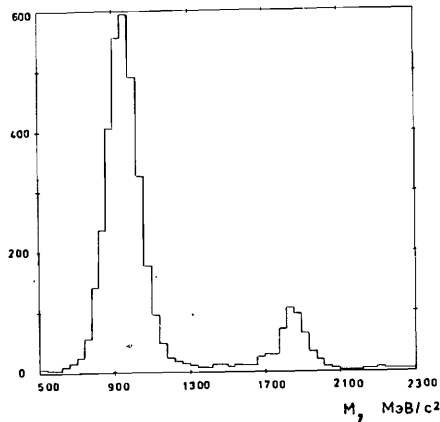


Рис.4. Спектр масс частиц вторичного пучка.

Анализировались результаты измерений времени пролета частиц на базе 2I,9 м. Размеры сцинтилляторов стартового и стопового счетчиков соответственно составляли 54x120x10 мм и 600x190x20 мм. Были выполнены две серии измерений. В первой серии измерений сигналы от ФЭУ подавались на входы формирователей с фиксированным порогом  $(\text{ПФ})/I^{17/}$ , выходные сигналы с которых поступали на входы двух времяцифровых преобразователей. ПФ располагались в экспериментальном домике на расстояниях до 30 м от счетчиков. Во второй серии измерений использовались УВП, размещенные непосредственно на счетчиках. В обоих случаях часть сигнала от каждого ФЭУ с помощью пассивного делителя ответвлялась на соответствующий зарядово-цифровой преобразователь (АЦП). Информация со всех четырех АЦП использовалась для внесения поправок во времени пролета по алгоритму, описанному в /1/.

Временное разрешение аппаратуры оценивалось по среднеквадратичному отклонению распределения величин

$$t_0 = \tau_0 \sqrt{1 + \left(\frac{mc}{p}\right)^2} - t, \quad (5)$$

где  $\tau_0 = l/c$ ;

$l$  – расстояние между счетчиками;

$c$  – скорость света;

$m$  – масса частицы (протона или дейтрона);

$p$  – импульс частицы.

Время  $t$  при работе с ПФ определялось из соотношения

$$t = (c_1 t_1 + c_2 t_2)/2, \quad (6)$$

а в случае использования УВП

$$t = c_1 t_1. \quad (7)$$

Здесь  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $t_1$  и  $t_2$  – калибровочные константы и отсчеты времяцифровых преобразователей.

Гистограммы распределения величин  $t_0$  показаны на рис.5; характеристики распределений приведены в таблице.

Таблица. Временное разрешение (в пс) системы измерения времени пролета спектрометра

без поправки на амплитуду		с поправкой на амплитуду	
ПФ	УВП	ПФ	УВП
490	300	300	270

Как свидетельствуют результаты испытаний, УВП обеспечивает компенсацию временного разброса выходного импульса сцинтилляционного счетчика, обусловленного изменением места сцинтилляции и флуктуацией амплитуд сигналов ФЭУ, практически с той же эффективностью, как и программный способ коррекции данных, полученных с использованием ПФ/1/. Более того, при учете данных об амплитудах разрешение, достигаемое с применением УВП, улучшается. Неполная компенсация зависимости временной привязки УВП от амплитуды импульса ФЭУ, возможно, обусловлена зависимостью задержки компаратора КР597СА1 от скорости изменения входных сигналов /18/. Несколько худшее разрешение системы измерения времени пролета по сравнению с /1/, объясняется, по-видимому, меньшей толщиной стартового счетчика /12/.

Достижимая с помощью УВП временная стабильность сигналов счетчиков позволяет повысить качество предварительного отбора событий на основе более высокого разрешения при организации триггера установки. Упрощается логика триггера, поскольку совпадение сигналов от пар ФЭУ каждого счетчика осуществляется в УВП.

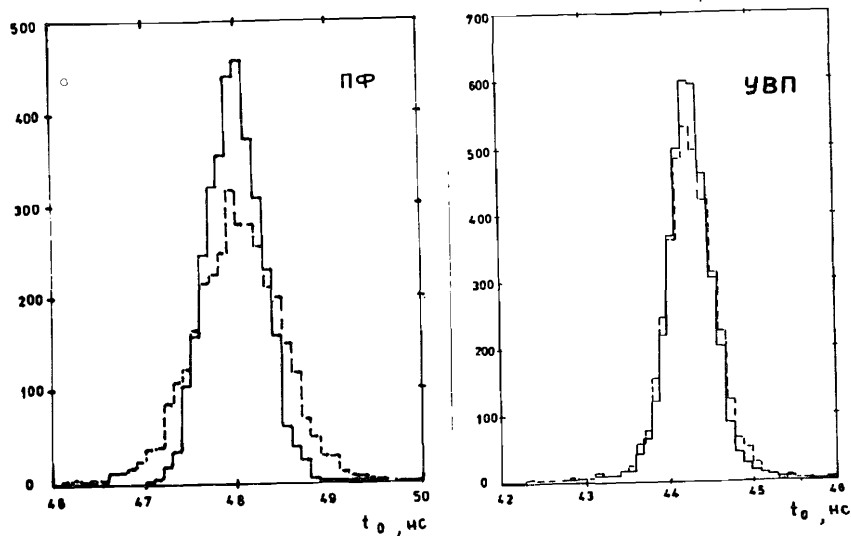


Рис. 5. Распределения, характеризующие временное разрешение аппаратуры измерения времени пролета, без учета (штриховая линия) и с учетом (сплошная линия) поправок на флуктуацию амплитуд импульсов от ФЭУ при использовании пороговых формирователей (ПФ) и устройства временной привязки (УВП).

Устройство имеет мертвое время около 50 нс. Поэтому при работе в условиях больших нагрузок необходимо учитывать возможность просчетов систем с УВП, особенно в случаях совпадений большой кратности.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Л.С.Ажгирей за постоянный интерес и содействие при выполнении данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С.Ажгирей, П.И.Зарубин, В.В.Иванов и др. ОИЯИ, РИ-85-749, Дубна, 1985.
2. R.Heller, T.Klinger, R.Solomon et al. Nucl.Instr.and Meth., 1985, vol. A235, p.26.
3. C.C.Lo and B.Leskovar. IEEE Trans. on Nucl.Sci., 1981, v. NS-29, p.659.

4. F.Binon, C.Bricman, P.Dutel et al. Nucl.Instr. and Meth., 1978, vol. 153, p.409.
5. Б.Ю.Балдин. ПТЭ, 1980, № 5, с.137.
6. А.А.Александров, В.А.Мокроусов, Ю.В.Пятков. ПТЭ, 1982, № 4, с.122.
7. J.Bialkowski, W.Schoeps, M.Kotsch. Nucl.Instr. and Meth., 1984, vol.228, p.110.
8. А.И.Климов, Е.А.Мелешко, В.И.Селиванов. ПТЭ, 1980, № 2, с.135.
9. Л.Ондрш, С.В.Мухин, С.В.Рихвицкий и др. ПТЭ, 1971, № 2, с.110.
10. Ю.К.Акимов, С.И.Мерзляков. В кн.: X International Symposium on Nuclear Electronics, vol.1, p.250. ZfK-433, Rossendorf, 1981.
11. G.D'Agostini, G.Marini, G.Marellotti et al. Nucl.Instr. and Meth. 1981, vol.185, p.49.
12. G.D'Agostini, J.P.Albanese, J.J.Aubert et al. Nucl.Instr. and Meth. 1984, vol.219, p.495.
13. J.S.Brown, T.H.Burnett, V.Cook et al. Nucl.Instr. and Meth., 1984, vol.221, p.503.
14. W.Braunschweig, E.Koenigs, W.Sturm et al. Nucl.Instr. and Meth., vol. 134, 1976, p.261.
15. В.Ф.Борейко, Ю.М.Валуев, В.М.Гребенюк и др. ОИЯИ, Р10-85-661, Дубна, 1985.
16. Л.С.Ажгирей, И.К.Взоров, В.Н.Жмыров и др. В кн.: Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. ОИЯИ, Д2-82-563, Дубна, 1982, с.83-91.
17. В.Ф.Борейко, Ю.Г.Будяшов, Ю.М.Валуев и др. ОИЯИ, Р13-12334, Дубна, 1979, с.4.
18. В.Б.Абрайтис, В.Н.Паулаускас. Электронная промышленность, 1979, № 2, с.22.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 июня 1986 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Борейко В.Ф. и др.

13-86-362

Устройство временной привязки для больших сцинтилляционных счетчиков

Описано устройство временной привязки выходного сигнала к моменту пересечения заряженной частицей большого ( $>100$  мм) сцинтилляционного счетчика, просматриваемого с двух сторон ФЭУ. Реализованное на 11 микросхемах серии K500 устройство включает два формирователя с привязкой к постоянной части фронта импульса с ФЭУ, схему совпадений и схему привязки к середине временного интервала между сигналами с ФЭУ. Оно отличается компактностью и простотой настройки. Временное разрешение системы измерения времени пролета, оснащенной этими устройствами, составило 300 пс. Мертвое время устройства - 50 нс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Borejko V.F. et al.

13-86-362

Timing Set-Up for Large Scintillation Counters

The timing set-up of arrival of a charge particle in a large ( $>100$  mm) scintillation counter that is viewed from both ends by couple photomultipliers is described. Realized by 11 IC's of the K500 family it includes two constant fraction discriminators, a coincidences circuit and a mean-timer. The set-up is characterized by compactness and a simple debugging. The resolution of the time-of-flight measuring system that was equipped by these devices amounts to 300 ps. The set-up dead-time is 50 ns.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problem, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986