

25/4-71

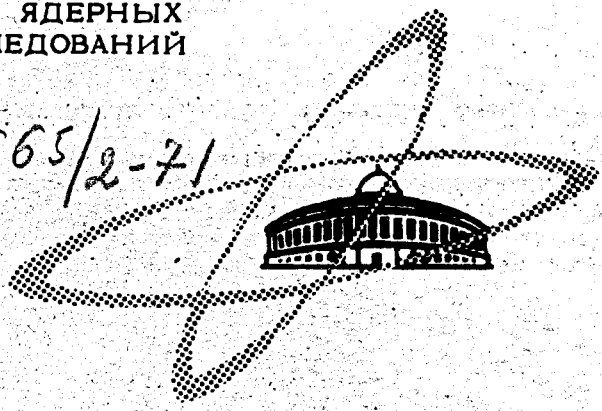
К-926

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

3665/2-71

P13-6018



А.В. Купцов; Д.М. Хазинс

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСЧЕТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОВЫХ ДАТЧИКОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

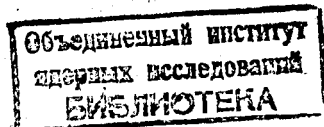
1971

P13-6018

А.В. Купцов, Д.М. Хазинс

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСЧЕТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОВЫХ ДАТЧИКОВ

Направлено в ИТЭ



Во многих экспериментах, выполняемых на ускорителях с применением электронной методики, существенным моментом является определение просчетов регистрирующей аппаратуры (Р.А.). Существуют разные способы определения просчетов; некоторые из них перечислены ниже.

Наиболее широко применяется метод оценки просчетов, основанный на учете мертвого времени и загрузки регистрирующего прибора. Если прибор обладает мертвым временем непродлевающегося типа, то при равномерной загрузке (n имп/сек) доля просчетов определяется по известной формуле $\eta = \frac{nr}{1+nr}$, или в случае малых загрузок - $\eta = nr$. Однако для определения просчетов в сложной системе недостаточно знать просчеты в отдельных ее элементах.

Рассмотрим двойную схему совпадений, один из каналов которой обладает мертвым временем τ , а второй имеет мертвое время, равное нулю. В этом случае не все события, у которых сигнал, проходящий через первый канал, попадает в зону мертвого времени, будут потеряны. Действительно, если интервал времени между случайным сигналом, заблокировавшим первый канал, и сигналом от события меньше разрешающего времени схемы совпадений, то схема сработает от совпадения между случайным сигналом первого канала и сигналом события второго канала. Таким образом, знание просчетов в элементе, имеющем мертвое время, еще не позволяет определить просчеты схемы совпадений; необходимо дополнительно учесть ее разрешающее время.

Рассмотренный пример показывает, что этот метод определения просчетов требует тщательного анализа регистрирующей аппаратуры. Если учесть также трудности точного определения мертвых времен и необходимость учета временной структуры работы ускорителя, то метод определения просчетов на основе знания мертвых времен можно охарактеризовать лишь как оценочный.

Известен способ определения просчетов, основанный на изменении интенсивности пучка частиц. Пусть имеется монитор, скорость счета которого линейно связана с интенсивностью пучка. Изменяется интенсивность пучка, и строится зависимость скорости счета на выходе Р.А. от скорости счета монитора. При большой интенсивности пучка из-за просчетов эта зависимость не будет линейной. Степень отклонения от линейности позволяет определить величину просчетов. Это верно, однако, только в том случае, когда случайные совпадения малы. Наличие случайных совпадений также приводит к нелинейности, знак которой противоположен знаку нелинейности, связанной с просчетами. Определение же доли случайных совпадений представляет значительные трудности уже в трехканальной схеме совпадений.

Предложены также различные способы определения просчетов по флуктуациям числа отсчетов на выходе Р.А. ^{/1,2,3/}. Применение этих методов требует довольно сложных расчетов в каждом конкретном случае. В указанных работах приведены расчеты для простейших систем регистрации, включающих только один элемент с мертвым временем.

Отмеченные выше методы определения просчетов обладают существенными недостатками, которые сильно ограничивают их применение, особенно для прецизионного определения просчетов в сложных регистрирующих системах.

Существенно меньшими недостатками обладает прямой метод измерения просчетов, по-видимому, впервые использованный в ^{/4,5/} и подробно описанный в ^{/6/}. В этих работах для определения просчетов Р.А. полу-

проводникового детектора, включающей многоканальный анализатор, был использован генератор искусственных сигналов, которые смешивались с сигналами от полупроводникового детектора на входе Р.А. и давали отдельный пик в амплитудном спектре. При некоторых, довольно естественных условиях сигналы от генератора испытывают те же потери, что и сигналы от детектора, а следовательно, отношение числа событий в пике к числу срабатываний генератора дает просчеты Р.А.

Мы хотим обратить внимание на возможность применения метода инжекции искусственных сигналов на вход Р.А. для измерения просчетов в сложных системах, состоящих из сцинтилляционных и черенковских счетчиков. Инжекция осуществляется с помощью световых датчиков, которые часто используются для контроля и автоматического поддержания параметров аппаратуры. Ниже описывается пример определения просчетов с помощью световых датчиков и анализируются возможные погрешности этого метода.

II.

Определялись просчеты в экспериментальной установке для исследования реакции $\pi^- + p \rightarrow e^+ + e^- + n$ (рис. 1). Подробно установка описана в работе ^{17/}. Она состоит из мониторингового телескопа (два сцинтилляционных счетчика совпадений C_1 и C_2 и два счетчика антисовпадений \bar{C}_3 и \bar{C}_4) и двух боковых телескопов, каждый из которых содержит сцинтилляционный счетчик C_5 (C_6), черенковский счетчик \check{C}_1 (\check{C}_2) и спектрометр полного поглощения \check{C}_3 (\check{C}_4). Упрощенная блок-схема выработки мастер-импульса состоит из трех схем совпадений CC_1 , CC_2 и CC_3 , выделяющих совпадения сигналов внутри телескопов, и собирающей схемы CC_4 , которая выделяет совпадения между телескопами.

На всех детекторах, кроме счетчиков антисовпадений, имеются импульсные световые диоды типа ХР-21, на которые подаются сигналы от генератора Г5-13. Задержки сигналов, поступающих на световые датчики,

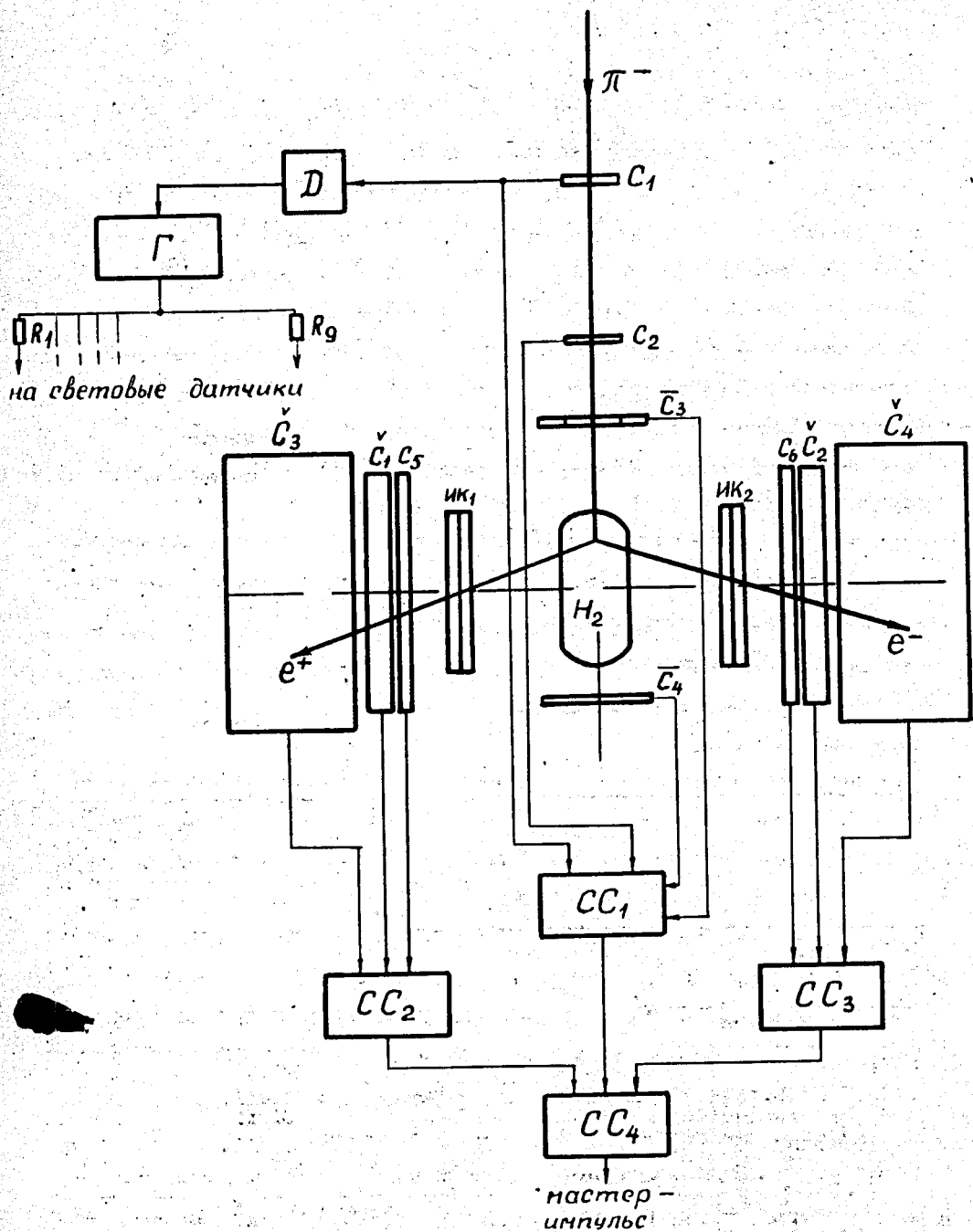


Схема установки для исследования реакции $\pi^- + p \rightarrow e^+ + e^- + n$.

и их амплитуды подобраны таким образом, чтобы имитировать события реакции $\pi^- + p \rightarrow e^+ + e^- + n$. Запуск генератора осуществляется от мониторингового счетчика C_1 через дискриминатор D . Порогом дискриминатора подбиралась частота запуска генератора $\approx 650 \text{ сек}^{-1}$ с тем, чтобы мертвое время генератора ($\approx 0,2$ мсек) не вносило заметных искажений во временное распределение имитированных событий. Задержка срабатывания световых датчиков относительно запускающего сигнала от счетчика C_1 составляла ~ 1 мсек. Таким образом, распределение моментов срабатывания световых датчиков во времени соответствовало временной структуре растянутого мезонного пучка синхроциклотрона ОИЯИ^{/8/} (первый пик во временной структуре подавлялся с помощью нейтронного пробника).

Установка работала при интенсивности пучка пионов $6 \cdot 10^5 \text{ сек}^{-1}$. При этом скорость счета собирающей схемы CC_4 составляла всего $\approx 0,25$ отсчетов в секунду. Определялось число отсчетов на выходе собирающей схемы совпадений CC_4 на 10^4 срабатываний генератора как с включенными, так и с выключенными световыми датчиками. Результаты измерений приведены в таблице.

	Число отсчетов		Просчеты $\eta = \frac{N_0(N_1 - N_2)}{10^4}$
	световые датчики включены N_1	датчики выключены N_2	
Ускоритель выключен (N_0)	9984		
Ускоритель включен	9478	5	$\eta_1 = (5,11 \pm 0,23)\%$
Внутренний запуск генератора	9622	4	$\eta_2 = (3,66 \pm 0,20)\%$
Отключены счетчики антисовпадений C_3 и C_4	9578	7	$\eta_3 = (4,13 \pm 0,21)\%$
Отключен мониторинг телескоп	9905	90	$\eta_4 = (1,69 \pm 0,14)\%$

Число отсчетов CC_4 от световых датчиков при выключенном ускорителе составило $N_0 = 9984$ на 10^4 срабатываний генератора. Недостающие 0,16% могут быть обусловлены неэффективностью отдельных детекторов к световым вспышкам или просчетами из-за шумов ФЭУ. После включения ускорителя число отсчетов CC_4 упало до величины $N_1 = 9478$. Часть отсчетов CC_4 при включенном ускорителе обусловлена частицами пучка. Для оценки числа таких отсчетов (N_2) проводились измерения с выключенными световыми датчиками. Из этих измерений можно определить долю событий, имитированных световыми датчиками (η_1), которая теряется при включении ускорителя:

$$\eta_1 = \frac{N_0 - (N_1 - N_2)}{10^4}$$

Величина η_1 дает значение просчетов всей регистрирующей аппаратуры.

Было проведено одно измерение просчетов в периодическом режиме работы генератора (от внутреннего запуска). В этом случае измеренная величина η_2 должна быть связана с величиной просчетов η_1 соотношением $\eta_1 = Q \eta_2$, где Q - скважность пучка. В нашем случае $Q \approx 1,4$, что согласуется с величиной отношения $\eta_1 / \eta_2 = 1,39 \pm 0,10$.

Кроме общих просчетов всей регистрирующей аппаратуры нас интересовали просчеты в отдельных ее частях. С этой целью были измерены просчеты при отключенных счетчиках антисовпадений \bar{C}_3 и \bar{C}_4 (η_3), а также в случае, когда мониторный телескоп был полностью отключен из системы выработки мастер-импульса (η_4). Последняя величина $\eta_4 = (1,69 \pm 0,14)\%$ дает сумму просчетов в боковых телескопах. Остальная часть просчетов $\eta_1 - \eta_4 = (3,42 \pm 0,27)\%$ обусловлена потерями в мониторном телескопе, причем $(0,98 \pm 0,31)\%$ из них обусловлены загрузкой счетчиков антисовпадений, что следует из сравнения величин η_1 и η_3 .

III.

Рассмотрим теперь источники возможных систематических ошибок, которые возникают при измерении просчетов с помощью световых датчиков.

Неточная имитация регистрируемых событий (погрешности в подборе задержек и амплитуд сигналов, поступающих на световые датчики) может приводить к дополнительным потерям. Эти потери легко определить, проводя измерения при выключенном ускорителе.

В некоторых схемах ядерной электроники просчеты зависят от амплитуд поступающих импульсов. Для точного измерения просчетов в этих случаях необходимо не только, чтобы средние значения амплитуд сигналов световых датчиков соответствовали амплитудам имитируемых событий, но должно быть соответствие и между амплитудными распределениями. Для оценки систематических ошибок в этих случаях можно измерять просчеты при разных значениях амплитуд сигналов, поступающих на световые датчики.

Если интервал времени между срабатываниями генератора сравним с τ_{max} (где τ_{max} - максимальное мертвое время в схемах регистрирующей аппаратуры), то на просчеты событий, имитируемых световыми датчиками будут влиять не только сигналы от частиц, но и сигналы от предыдущего срабатывания световых датчиков.

К ошибке в измерении просчетов может приводить также несоответствие между распределением моментов срабатывания световых датчиков и временной структурой пучка частиц. Величины возможных ошибок и методы контроля существенно зависят от конкретного типа временной структуры пучка и способа запуска генератора световых импульсов.

Перейдем теперь к погрешностям, возникающим при регистрации событий, имитируемых световыми датчиками. Наиболее простой способ определения числа имитируемых событий на выходе Р.А. состоит в измерении разности скорости счета Р.А. при включенных (n_1) и выключенных (n_2) световых датчиках. Однако при включении световых датчиков появляются дополнительные потери в скорости счета событий, вызываемые частицами пучка (Δn_2). Легко видеть, что дополнительные потери Δn_2 не превышают величины $n_2 n_0 \tau_{max}$, где n_0 - скорость срабаты-

вания генератора, а τ_{max} — максимальное мертвое время элементов Р.А. Отсюда возможная ошибка при измерении просчетов $\Delta\eta = \frac{\Delta n_2}{n_0} \leq n_2 \tau_{max}$. Например, при $\tau_{max} = 10^{-8}$ сек и скорости счета частиц на выходе Р.А. $n_2 \approx 10^6$ сек⁻¹ определенная разностным методом величина просчетов может оказаться завышенной на 1%.

Кроме того при большой скорости частиц на выходе Р.А. флуктуации величины n_2 могут оказаться слишком велики, что требует увеличения частоты генератора и времени измерений.

Этих неприятностей можно избежать, если использовать схему, отбирающую совпадения между выходом Р.А. и генератором. Но при этом нужно учитывать случайные совпадения между сигналами от генератора и сигналами от частиц на выходе Р.А.

В заключение перечислим основные достоинства метода измерения просчетов с помощью световых датчиков:

- 1) метод обеспечивает большую статистическую точность при небольшом количестве времени, необходимом для измерений (на все измерения, приведенные в разделе II было потрачено около 10 минут);
- 2) не требуется анализа работы Р.А.; применение метода не зависит от типа мертвых времен и величин загрузок на входах Р.А.;
- 3) метод позволяет определять потери счета, обусловленные не только мертвыми временами, но и загрузкой счетчиков антисовпадений.

К недостаткам метода можно отнести:

- 1) ограничения в применении метода при больших скоростях счета на выходе Р.А.;
- 2) трудности синхронизации световых датчиков с пучком в тех случаях, когда во временной структуре пучка имеются короткие импульсы интенсивности, длительность которых меньше временного разброса сигналов на выходе генератора относительно сигналов запуска.

Авторы благодарны В.Г. Зинову за полезные обсуждения и Л.Л. Немову за поддержку работы.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Гольданский, А.В. Куценко, М.И. Подгорецкий. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. Москва, 1959 г.
2. F. Carloni et al. Nucl.Instr. and Meth., 78, 70 (1970).
3. H. Cranuel and D. Dauforth. Nucl.Instr. and Meth., 55, 372 (1967).
4. O.U. Anders. Nucl.Instr. and Meth., 68, 205 (1969).
5. M.G. Strauss et al., IEEE Trans.Nucl.Sci., No S-15 no 3, 518 (1968).
6. H.H. Bolotin, M.G. Strauss and D.A. McClure. Nucl.Instr. and Meth., 83, 1 (1970).
7. Ю.К. Акимов, Л.С. Вертоградов, А.В. Демьянов и др. ЯФ, 1971, т. 13, №4 стр. 748-757.
8. В.И. Данилов и др. Сообщение ОИЯИ, P9-5208, Дубна, 1970 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 августа 1971 года.