

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

3733/82

9/8-82

13-82-318

**В.М.Быстрицкий, А.И.Руденко,  
В.М.Суворов, Н.Н.Хованский, Б.А.Хоменко**

**ОТБОР СОБЫТИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ  
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  $\mu$ -АТОМНЫХ  
И МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направлено в журнал "Приборы  
и техника эксперимента"

**1982**

Экспериментальное исследование  $\mu$ -атомных и мезомолекулярных процессов, происходящих после остановки отрицательных мюонов в веществе, как правило, основано на анализе выходов и временных распределений вторичных частиц: электронов от распада мюонов;  $\gamma$ -квантов мезорентгеновского излучения и продуктов ядерных реакций<sup>/1/</sup>. Характерные времена этих процессов имеют величины, сравнимые с временем жизни свободного мюона, поэтому регистрация частиц обычно производится в интервале  $5 \div 10$  мкс /длительность ворот/ от момента остановки мюона.

Важное место при создании логики такого типа экспериментов занимают вопросы, связанные с организацией передачи информации от экспериментальной установки в ЭВМ, с отбором зарегистрированных событий, относящихся непосредственно к мюону, остановившемуся в мишени, и с идентификацией вторичных частиц по их типу. Это обусловлено некоторыми обстоятельствами. Во-первых, не каждая остановка мюона сопровождается актом регистрации вторичных продуктов /эффективность регистрации  $e$ ,  $\gamma$ ,  $n$  экспериментальной установкой составляет несколько процентов/. Во-вторых, в течение времени регистрации возможно появление второго мюона пучка. В-третьих, необходимо, по условиям экспериментов, дискриминировать заряженную компоненту вторичных частиц от нейтральной. В связи с этим электронная логика должна выполнять следующие функции:

1. Разрешать передачу информации в ЭВМ только при условии регистрации хотя бы одного из продуктов  $e$ ,  $\gamma$ ,  $n$  в течение длительности ворот /предварительный отбор событий/.

2. Идентифицировать события, не сопровождающиеся появлением второго мюона пучка /отбор событий по "двоенным мюонам"/, как во время длительности, так и в течение определенного временного интервала  $\sim 5$  мкс/ до момента остановки мюона /последнее связано с необходимостью подавления фона, обусловленного остановками предшествующих мюонов пучка в сцинтилляторах и стенках мишени, расположенных по пути прохождения мюонного пучка/.

3. Идентифицировать вторичные частицы по их типу /электроны,  $\gamma$ -кванты, нейтроны и т.д./.

Такая структура электронной логики была традиционной в экспериментах<sup>/2-4/</sup>, предшествовавших началу наших исследований мезомолекулярных процессов<sup>/5-8/</sup>. Следует отметить, что все три указанные функции /отбор событий/ производились электронной

логикой на аппаратном уровне. Данный способ отбора событий имел свои недостатки. Во-первых, требовалось введение микросекундных задержек в аналоговые и логические цепи регистрирующей системы и, во-вторых, исключалась возможность оперативного изменения границ временных интервалов регистрации мюонов пучка, электронов, нейтронов,  $\gamma$ -квантов и т.д. С учетом сказанного нами были разработаны и созданы электронные устройства, которые позволили исключить все перечисленные выше недостатки. При этом на аппаратном уровне производится только предварительный отбор событий.

В настоящей работе приводится описание указанных устройств, которые были использованы в экспериментах <sup>15-8/</sup>

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОНИКИ

На рис.1 представлена схема расположения на пучке мюонов регистрирующей аппаратуры, использованной в опытах <sup>15-8/</sup>. Мюоны после прохождения детекторов 1,2,3 /1 - широкоапертурный детектор мюонов, 2,3 - мониторные счетчики/ тормозились фильтром 6 и попадали в объем мишени, который ограничен счетчиками 4 и 5. Регистрация вторичных продуктов осуществлялась детекторами "e", "n", "y", расположенными вокруг мишени.

На рис.2 приведена функциональная схема электроники. Импульсы, формируемый блоком выделения остановок по условию 2345, подается на вход схемы блокировки <sup>19/</sup>, которая пропускает этот сигнал на выходы и блокирует вход до прихода сигнала деблокировки. Триггеры  $T_2 - T_8$  совместно со счетчиками  $T_{\mu+}$ ,  $T_5$ ,  $T_n$ ,  $T_\gamma$ ,  $T_e$  и кварцевым генератором образуют стартовые преобразователи время-код /используются счетчики КС 004 <sup>10/</sup>/. Общий старт подается с триггера  $T_1$ , который взводится импульсом 2345. Сигналы "Стоп" поступают раздельно с детекторов 1, 5, "n", "y" и "e". Время регистрации мюона, предшествующее моменту остановки, измеряется счетчиком  $T_{\mu-}$  с предварительной установкой. На счетный вход счетчика подаются импульсы от кварцевого генератора. Каждый сигнал от детектора 1 ("mu") устанавливает счетчик в "0". Сигнал остановки /выход  $Q$   $T_1$  / закрывает счетный вход и вход "Запись 0". Число, записанное в счетчике, соответствует временному интервалу между моментом регистрации предыдущего мюона и остановкой.

Таким образом, аппаратура позволяет получить временные распределения предшествующих ( $T_{\mu-}$ ) и последующих ( $T_{\mu+}$ ) мюонов пучка относительно момента остановки мюона в мишени, а также вторичных частиц, зарегистрированных детекторами 5, "n", "y" и "e". Интервал регистрации нейтронов, электронов и  $\gamma$ -квантов /длительность ворот/ определяется величиной задержки 1 и составляет 10 мкс.

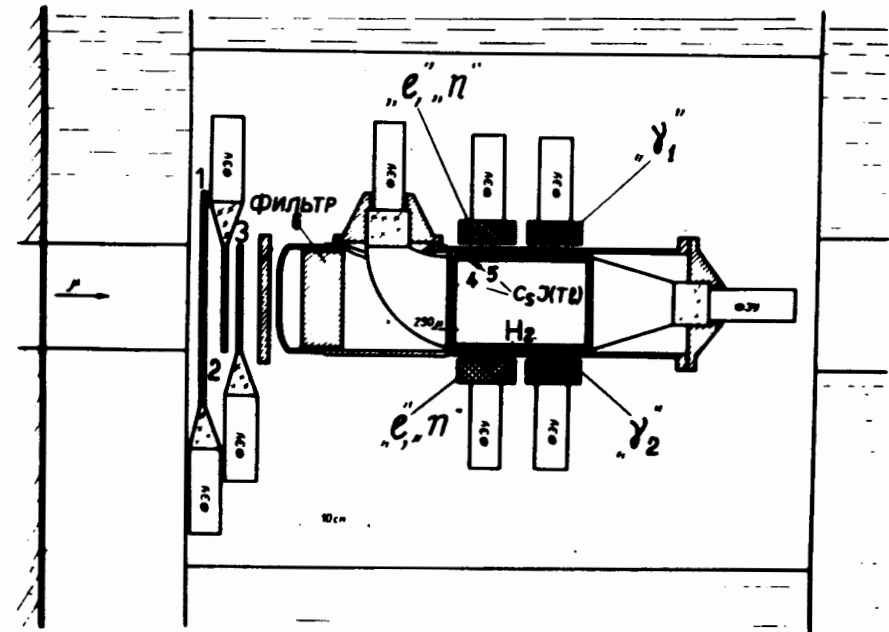


Рис.1. Схема расположения регистрирующей аппаратуры на пучке мюонов.

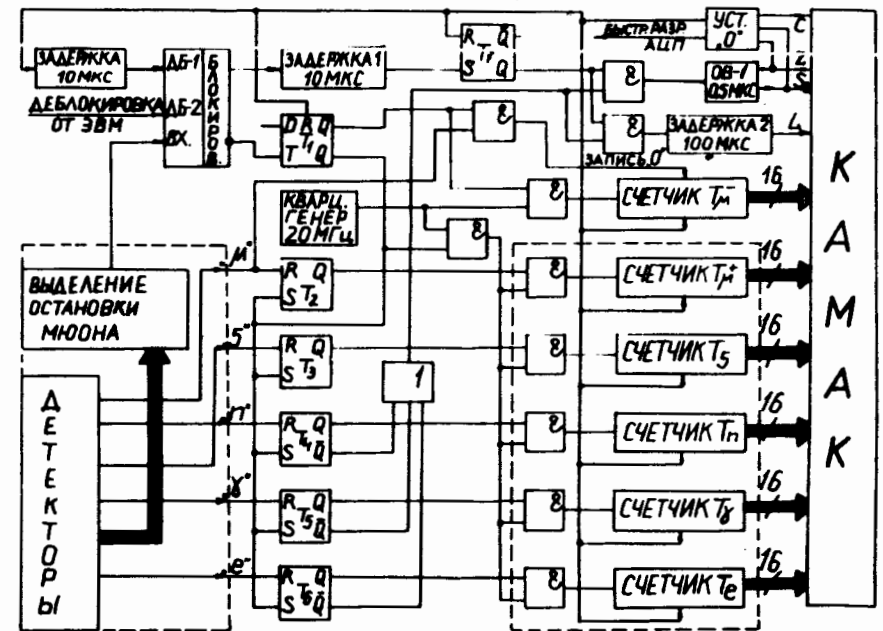


Рис.2. Функциональная схема электроники.

### А. Предварительный отбор событий

Предварительный отбор событий осуществляется на аппаратном уровне и производится следующим образом. Импульс окончания ворот /импульс с выхода задержки 1/ устанавливает триггер  $T_7$  в состояние логической "1" по выходу Q. В случае регистрации  $\mu$ ,  $\gamma$  или  $e$  сигнал с выхода Q триггера  $T_7$ , задержанный на 100 мкс /задержка 2/, является сигналом L, который инициирует передачу информации в ЭВМ. В случае же отсутствия сигналов с "п"-, "у"-, "е"- детекторов одновибратор ОВ-1 генерирует сигналы  $ZS_2$ , которые сбрасывают информацию в счетчиках и возвращают аппаратуру в исходное состояние. Величина задержки 2 определяется быстродействием АЦП, не указанных на функциональной схеме.

### Б. Отбор событий по "двоенным мюонам"

Отбор событий по двоечным мюонам пучка производится путем анализа временных распределений  $T_{\mu^-}$  и  $T_{\mu^+}$ . На рис.3 приведены распределения  $T_{\mu^-}$  и  $T_{\mu^+}$ , полученные в одной из экспозиций на пучке мюонов. Для дальнейшей обработки отбираются только те события, которые не сопровождались появлением второго мюона пучка в интервале от -5 мкс до +10 мкс относительно момента остановки мюона.

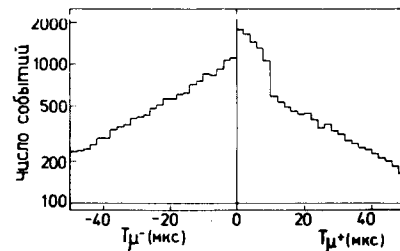


Рис.3. Временное распределение мюонов пучка. Распределение  $T_{\mu^+}$  соответствует первому мюону пучка, появившемуся после момента остановки, а  $T_{\mu^-}$  - последнему мюону, предшествующему моменту остановки. По оси ординат - число событий.

### В. Отбор заряженной и нейтральной компонент вторичных частиц

Детекторы "е", "п", "у" в процессе измерения с различной эффективностью регистрируют как заряженную /электроны от распада мюонов/, так и нейтральную / $\gamma$ -кванты, нейтроны/ компоненты вторичных частиц. Для определения с необходимой точностью искоемых параметров мезомолекулярных процессов требуется проведение раздельного анализа временных распределений заряженной и нейтральной компонент. Поэтому для их эффективного разделения необходимо иметь дополнительную информацию, характеризую-

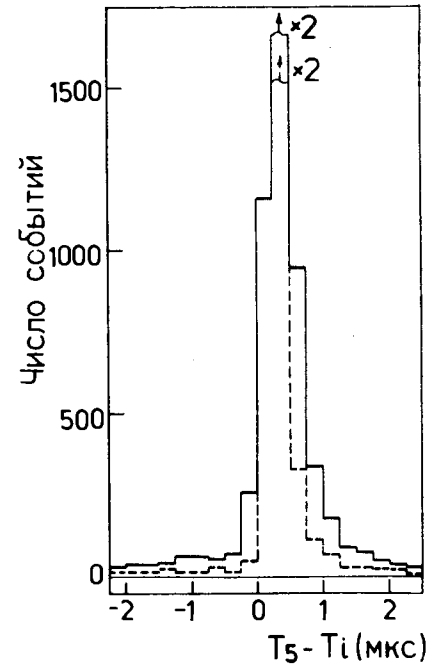
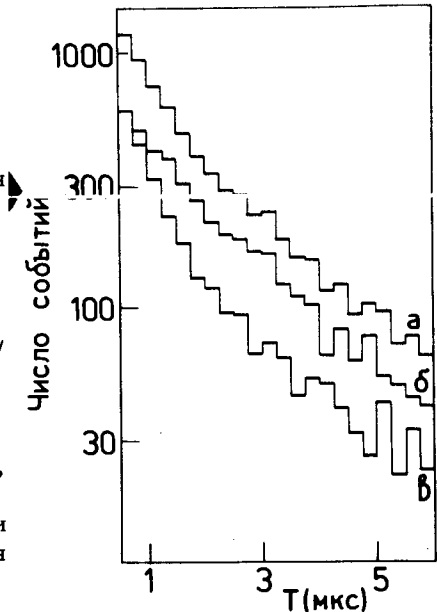


Рис.4. Распределения временных интервалов между моментами регистрации событий детекторами 5, "е" и 5, "у", полученные в экспозиции с  $H_2+Xe$ ; сплошная линия - детекторы 5, "у"; пунктирная - 5, "е"; по оси абсцисс - время /в мкс, шаг на канал - 0,25 мкс/; по оси ординат - число зарегистрированных событий.

Рис.5. Временные распределения событий, зарегистрированные детектором "у" в экспозиции с  $H_2+Xe$ : а соответствует полному числу зарегистрированных событий; б и в - заряженной /электроном от распада мюонов/ и нейтральной / $\gamma$ -квантом мезорентгеновского излучения/ компонентам вторичных частиц; по оси абсцисс - время /в мкс, шаг 0,25 мкс на канал/ от момента остановки мюона в мишени до момента регистрации события детектором "у"; по оси ординат - число событий.



щую тип зарегистрированной частицы. В качестве этой информации для данной постановки экспериментов используется измеренное временное распределение событий, зарегистрированных детектором 5. Это распределение практически соответствует за-

ряженной компоненте вторичных частиц, так как эффективность регистрации нейтральной компоненты детектором 5 близка к нулю /толщина сцинтиллятора счетчика 5 равна 5 мм/. Следовательно, регистрация заряженной частицы детекторами "e", "γ" или "π" сопровождается одновременной ее регистрацией детектором 5. На рис. 4 приведены распределения временных интервалов между моментами регистрации событий детекторами 5, "γ" и 5, "e" в экспозиции, когда мишень была заполнена смесью водорода с ксеноном. Дисперсии данных распределений определяются в основном временными характеристиками сцинтилляторов и условиями светосбора /  $\tau_{\text{свJ(TI)}} = 0,65 \text{ мкс}$ ,  $\tau_{\text{e}}^{\text{NaJ}} = 0,25 \text{ мкс}$ ,  $\tau_{\text{e}}^{\text{C}_{14}\text{H}_{12}}$  =  $5 \cdot 10^{-9}$  с/. Площади под пиками соответствуют числу электронов от распада мюонов, зарегистрированных детекторами "e" и "γ". На рис. 5 представлены полученные в экспозиции с  $\text{H}_2 + \text{Xe}$  временные распределения событий, зарегистрированных детектором "γ". Распределение /а/ соответствует полному числу зарегистрированных событий, а распределения /б/ и /в/ представляют собой результат отбора зарегистрированных событий по временному критерию детектора 5.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить некоторые преимущества представленной структуры электронной логики по сравнению с логикой, использованной в предшествующих экспериментах.

1. Предложенная структура электронной логики для экспериментов по изучению мезоатомных процессов позволяет оптимизировать процесс отбора регистрируемых событий как на аппаратурном уровне, так и при анализе их на ЭВМ.

2. Объем и характер информации, передаваемой с экспериментальной установки в ЭВМ, позволяют надежно и эффективно контролировать работу всей регистрирующей системы в течение длительных экспозиций на пучке мюонов.

3. Наряду с существенным упрощением электронной логики повышена ее надежность и расширены функциональные возможности регистрирующей системы.

Авторы благодарны В.Г.Зинову за полезные обсуждения на стадии создания логики экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gerstein S.S., Ponomarev L.I. In: Muon Physics (ed. Hughes W.H., Wu C.S.). Academic Press, New York, 1975, vol.III, p.143.

2. Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1974, 66, в.1, с.43.
3. Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1974, 66, в.1, с.61.
4. Будяшов Ю.Г. и др. ОИЯИ, P15-3964, Дубна, 1968; Conforto G. et al. Nuovo Cim., 1964, 33, p.1001.
5. Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1976, 70, в.4, с.1167.
6. Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1976, 71, в.5, с.1680.
7. Быстрицкий В.М. и др. В кн.: Мезоны в веществе. Труды Международного симпозиума. ОИЯИ, Д1,2,14-10908, Дубна, 1977.
8. Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1976, 76, в.2, с.460.
9. Балдин Б.Ю. ОИЯИ, 13-6954, Дубна, 1973.
10. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 мая 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

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

Быстрицкий В.М. и др. 13-82-318  
Отбор событий в экспериментах по исследованию  $\mu$ -атомных и мезомолекулярных процессов

Приводится описание структуры электронной логики для экспериментов по исследованию  $\mu$ -атомных и мезомолекулярных процессов. Наряду с существенным упрощением электронной логики по сравнению с ранее использовавшейся повышена ее надежность и расширены функциональные возможности регистрирующей системы. Предложенная структура логики позволяет оптимизировать процесс отбора регистрируемых событий как на аппаратном уровне, так и при анализе их на ЭВМ, а также эффективно контролировать работу всей регистрирующей системы в течение длительных экспозиций на пучке мюонов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Bystritsky V.M. et al. 13-82-318  
Event Selection in the  $\mu$ -Atomic and Mesomolecular Experiments

A description of a new structure of electronic logic for the  $\mu$ -atomic and mesomolecular experiments is presented. Compared to previous solutions the presented logic is considerably simpler and its reliability is increased, as well as the functional possibilities of the registering system are extended. The proposed structure of the logic enables one to optimize the process of the selection of the registered events both at the apparatus level and in the course of their numerical analysis. It also allows for an effective control of the performance of the whole registering system during prolonged expositions to the muon beams.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод авторов.