

26/41-72

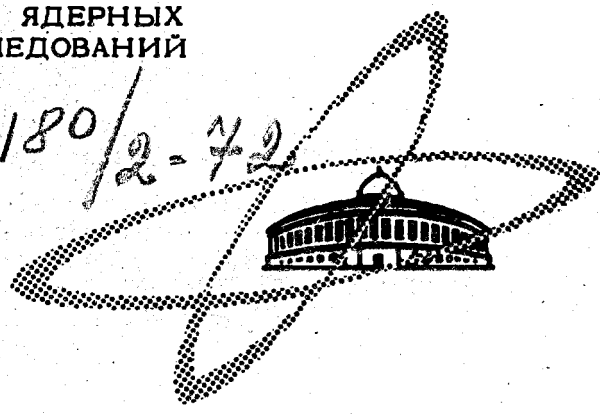
К-143

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2180/2-72

P13 - 6391



М.Ю.Казаринов, Р.Ляйсте, Ю.П.Мереков,  
В.И.Петрухин, А.И.Ронжин, Н.Н.Хованский, З.Цисек

ВРЕМЕННЫЕ И АМПЛИТУДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ  
В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ИМПУЛЬСНЫХ ЗАГРУЗОК

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1972

P13 - 6391

М.Ю.Казаринов, Р.Ляйсте, Ю.П.Мереков,  
В.И.Петрухин, А.И.Ронжин, Н.Н.Хованский, З.Цисек

ВРЕМЕННЫЕ И АМПЛИТУДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ  
В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ИМПУЛЬСНЫХ ЗАГРУЗОК

*Направлено в ПТЭ*

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Казаринов М.Ю., Ляйсте Р., Мереков Ю.П.,  
Петрухин В.И., Ронжин А.И., Хованский Н.Н.,  
Цисек З.

P13 - 6391

Временные и амплитудные характеристики сцинтилляционных счётчиков в условиях больших импульсных нагрузок

Исследованы временные и амплитудные характеристики сцинтилляционных счётчиков с фотоумножителями 56AVP и 56DVP при импульсных нагрузках до  $2 \cdot 10^7$  сек<sup>-1</sup> на синхротроне ИФВЭ (Серпухов).

Препринт Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна, 1972

Kazarinov M.Yu., Leiste R., Merekov Yu.P.,  
Petrukhin V.I., Ronzhin A.I., Khovansky N.N.,  
Cisek Z.

P13 - 6391

Time and Amplitude Characteristics of  
Scintillation Counters at Large Pulse Loading

Time and amplitude characteristics of the scintillation counters with photomultipliers 56AVP and 56DVP are studied at the pulse loading up to  $2 \cdot 10^7$  sec<sup>-1</sup> in the IHEP synchrotron (Serpukhov).

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.  
Dubna, 1972

Методы выделения и регистрации событий в экспериментах на ускорителях связаны в основном с установлением временных и амплитудных соотношений между сигналами от детекторов частиц. Стандартной задачей является получение многократных совпадений при короткой длительности сформированных сигналов от ФЭУ (5-10 нсек). В условиях больших импульсных нагрузок сцинтилляционных (черенковских) счётчиков возможности их применения определяются в основном нагрузочными характеристиками ФЭУ, которые, в свою очередь, определяются переходными процессами в фотоумножителе и делителе напряжений, задающем распределение потенциалов на его электродах.

В современных циклических ускорителях паузы между импульсами интенсивности сравнимы с их длительностью. В ускорителях на средние энергии (фазотроны) при длительностях импульсов интенсивности и паузах порядка нескольких миллисекунд переходные процессы в счётчике-фотоумножителе и делителе напряжений не успевают закончиться. При больших нагрузках на электродах ФЭУ устанавливается некоторое новое динамическое распределение потенциалов, которое и определяет работу счётчика. В больших кольцевых ускорителях (синхротронах) длительность растянутых импульсов интенсивности достигает величин порядка секунды, что превышает постоянные времени счётчиков.

В этих условиях режимы счётчиков очень сильно изменяются в течение импульса интенсивности, что приводит к значительным изменениям амплитуды сигналов от счётчиков (до десятикратных) и времени их появления ( $\Delta t \leq 10$  нсек). Известный способ устранения этих эффектов состоит в применении "подпитки" делителей ФЭУ - обеспечении постоянства распределения потенциалов на последних динодах ФЭУ за счёт питания их от сильноточных источников напряжения. Целью настоящего исследования было изучение в условиях работы на ускорителе влияния импульсных нагрузок на амплитудные и временные характеристики счётчиков и выяснение роли их "подпитки".

Измерения проведены на пучке отрицательно заряженных вторичных частиц с импульсом 25 Гэв/с протонного синхротрона ИФВЭ (Серпухов). Одновременно проводились измерения с двумя исследуемыми счётчиками  $S_x$  ( $S_D$ ,  $S_A$ ), которые помещались в начале канала  $4^{1/}$ . В счётчике  $S_D$  использовался ФЭУ 56 DVP и пластический сцинтиллятор с размерами  $50 \times 50 \times 10$  мм<sup>3</sup>, в  $S_A$  - 56 AVP и сцинтиллятор с размерами  $100 \times 100 \times 10$  мм<sup>3</sup>. Делители в обоих ФЭУ были близки к паспортным, четыре последних междинодных промежутка ФЭУ дополнительно шунтированы емкостями 0,5, 1, 2 и 4 мкф. Измерения проводились на установке, работающей на линии с ЭВМ БЭСМ-3М<sup>2/</sup>.

Схема опыта и электронная логика представлены на рис. 1. Монитором  $M$  служили совпадения четырех сцинтилляционных счётчиков  $S_1 - S_4$ . Счётчик  $S_5$ , расположенный в конце канала, работал в условиях сравнительно невысокой интенсивности ( $2 \cdot 10^5$  сек<sup>-1</sup>) и задавал реперную отметку времени при исследовании временных характеристик.

Совпадения счётчика  $S_5$  с монитором отбирали события, которые подвергались анализу. Счётчики  $S_1 - S_5$  были всегда "подпитаны".

Для каждого отобранного события регистрировались амплитуды сигналов с динодов исследуемых счётчиков и временные интервалы между сигналами от счётчиков  $S_x - S_5$ . Для устранения постоянной составляю-

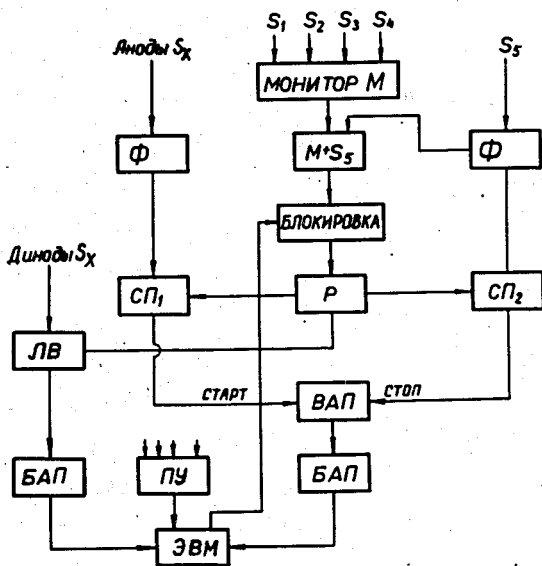
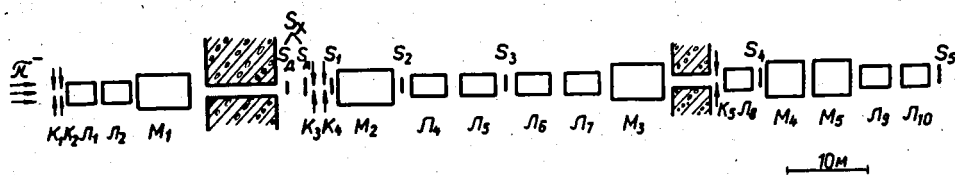


Рис. 1. Схема опыта и электронная логика;  $K_i$ ,  $L_i$ ,  $M_i$  - элементы магнитооптического канала (коллиматоры, линзы, магниты),  $S_x$  ( $S_D, S_A$ ) исследуемые сцинтилляционные счётчики,  $\Phi$  - формирователи,  $СП_i$  - схемы пропускания,  $P$  - разветвители,  $ЛВ$  - линейные ворота,  $ВАП$  - время-амплитудный преобразователь,  $БАП$  - амплитудный преобразователь,  $ПУ$  - пересчётные устройства.

шей, возникающей при больших нагрузках, сигналы с анодов исследуемых счетчиков дифференцировались отрезком короткозамкнутого кабеля. Каждый импульс интенсивности разбивался по времени на интервалы длительностью 10 мсек: "стробы" и паузы между ними. В течение "строба" ЭВМ принимала информацию с амплитудных кодировщиков (БАП). В каждом отдельном "стробе" производились измерения интенсивности в канале и на его участках с помощью 10 пересчетных устройств (ПУ). Их показания передавались в ЭВМ в паузах между стробами. Это позволяло следить за правильностью работы электронной аппаратуры, а также давало возможность отбирать импульсы интенсивности с одинаковыми параметрами (длительность, форма, интенсивность). В наших условиях импульс интенсивности имел длительность 400 мсек (20 стробов), стробируемый интервал времени был равен 640 мсек (32 строба). Для временной привязки к началу импульса интенсивности синхронизация с циклом ускорителя осуществлялась таким образом, что стробирование начиналось раньше импульса интенсивности.

Стробирование, задание длительности стробов и пауз, вид принимаемой информации и управление электроникой осуществлялось ЭВМ программным путем. Вся принятая информация записывалась на магнитную ленту и частично обрабатывалась во время измерений для контроля работы установки.

Для обеспечения спектрометрирования в условиях больших нагрузок применялась схема блокировки, мертвое время которой задавалось исследуемым сигналом и сигналом окончания приема события в ЭВМ.

Для каждого строба были построены распределения по амплитуде сигналов в исследуемых счетчиках и временным интервалам  $S_x - S_y$ . Форма распределений слабо меняется от строба к стробу, кроме областей резкого изменения средней амплитуды, где спектры сильно уширяются и становятся существенно асимметричными. Это связано с тем, что время переходного процесса сравнимо с длительностью строба. Однако сме-

шение центра тяжести распределения, обусловленное асимметрией, оказалось существенно меньшим, чем изменение центра тяжести от строба к стробу. Действительно, при обрезании спектров на уровне до 20% от максимума центры тяжести смещались не более, чем на 10%. Поэтому в качестве характеристики амплитудно-временных спектров при изучении их изменения по времени стробирования использовался центр тяжести распределения.

При измерении амплитудных и временных характеристик загрузка счётчиков  $S_D$  и  $S_A$  составляла в среднем  $5 \cdot 10^6$ /сек и  $8 \cdot 10^6$ /сек. Характер изменения амплитуды сигналов этих счётчиков из-за переходных процессов в них во время импульса интенсивности показан на рис. 2а и 3а. Наблюдаемое поведение кривых можно объяснить на основе представлений, обсуждавшихся в работе <sup>13/</sup>. При импульсной загрузке ФЭУ происходит разряд емкостей, шунтирующих последние междиодные промежутки, и увеличение в связи с этим напряжения на остальных диодах. Это вызывает начальный рост амплитуды выходного сигнала ФЭУ. При дальнейшем разряде емкостей амплитуда падает в связи с накоплением пространственного заряда в области последних диодов, который из-за уменьшения напряжения на последних промежутках не успевает рассасываться. Наблюдаемое смещение максимумов кривых с увеличением напряжения на ФЭУ в область меньших  $t$  обусловлено уменьшением постоянной времени разряда последних междиодных промежутков, связанным с уменьшением их внутреннего сопротивления. Таким образом, с увеличением напряжения питания переходные процессы заканчиваются быстрее, и ФЭУ быстрее входит в режим накопления объемного заряда.

При импульсной загрузке временная отметка события - момент срабатывания формирователя - может изменяться в основном из-за двух факторов : а) перераспределение потенциалов на диодах ФЭУ вызывает изменение времени пролета электронов через диодную систему, т.е.



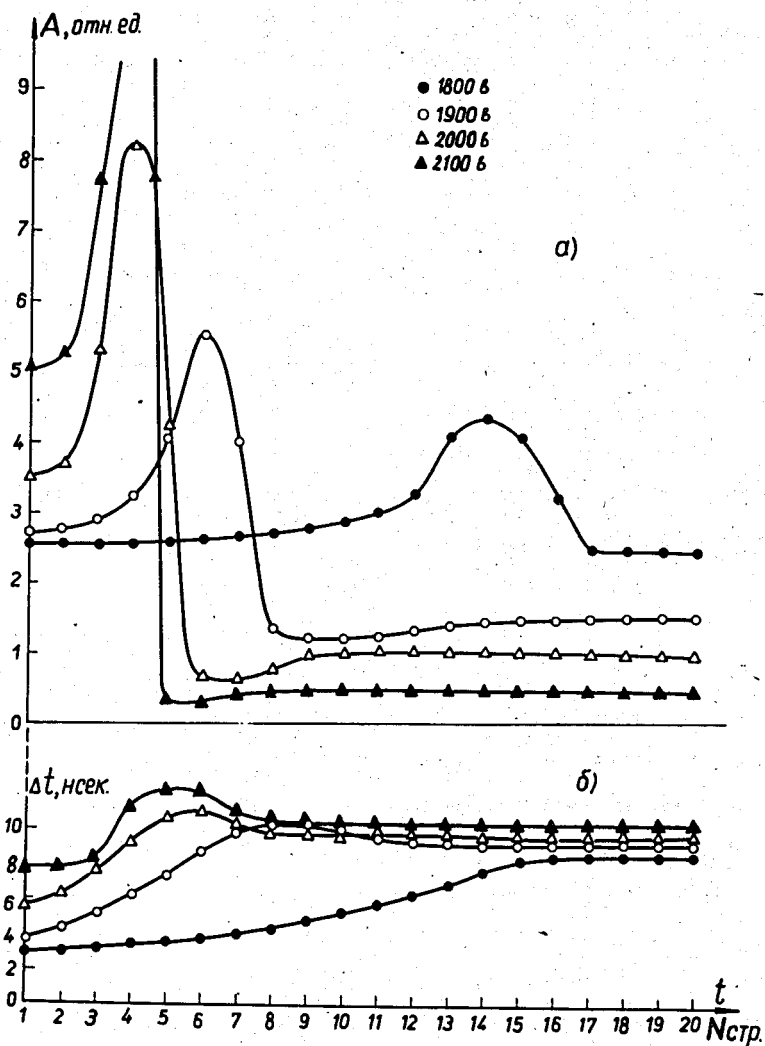


Рис. 2. Изменение усиления ФЭУ (а) и смещение временной отметки события (б) при больших нагрузках сцинтилляционного счётчика.  $N_{стр.}$  — номер интервала времени (строба), в каждом из которых измеряются амплитудные и временные спектры, ФЭУ 56 DVP.

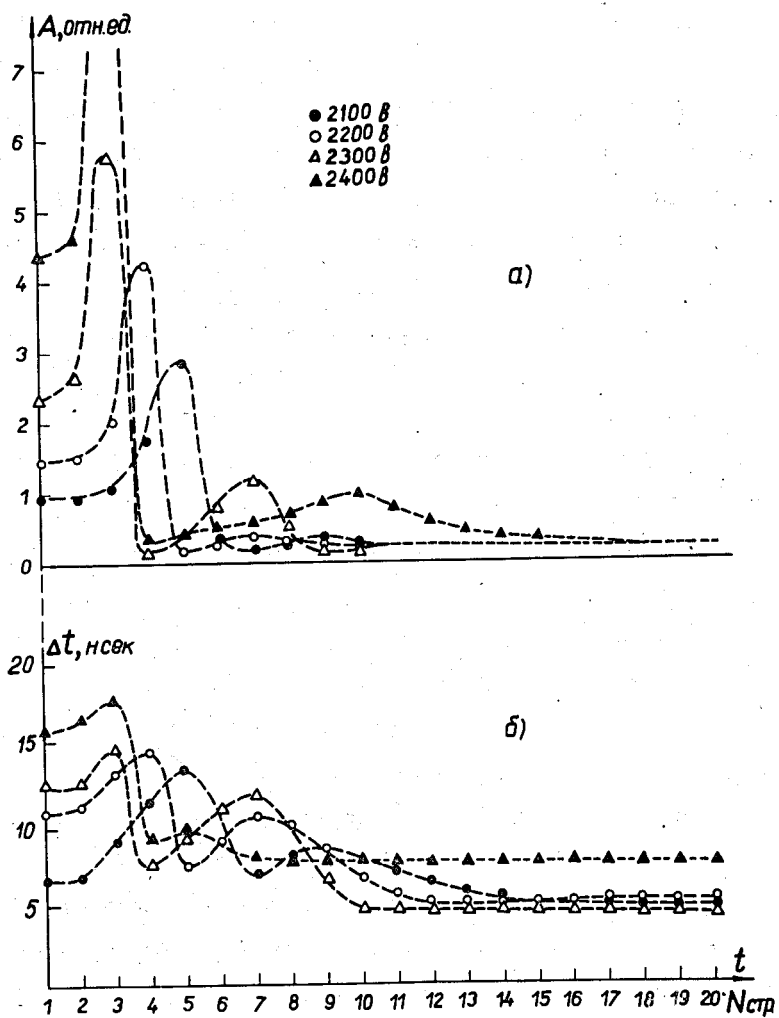


Рис. 3. То же, что на рис. 2, для ФЭУ 56 АУР.

изменение задержки ФЭУ; б) изменение амплитуды сигнала ФЭУ приводит к сдвигу момента срабатывания. Поскольку исследуемый счётчик включен в канал "старт" время-амплитудного преобразователя ВАП, уменьшение амплитуды сигнала ФЭУ должно приводить к уменьшению измеряемого интервала времени. Характер изменения временной отметки события при больших импульсных нагрузках показан на рис. 2б и 3б. Анализ результатов, приведенных на рис. 2 и 3, показывает, что основными причинами изменения временной отметки события являются, по-видимому, изменение амплитуды сигнала ФЭУ и изменение задержки ФЭУ. Переходные процессы в делителе и в самом ФЭУ в условиях импульсных нагрузок изменяют временную отметку события на  $\Delta t = 4-6$  нсек для  $56 DVP$  и  $\Delta t = 8-10$  нсек для  $56 AVP$ . Измерения, проведенные на партии из пяти ФЭУ  $56 AVP$ , показали, что результаты не зависят от выбора экземпляра ФЭУ. Рисунки 4 и 5 иллюстрируют изменение амплитуды сигнала ФЭУ и временной отметки события из-за переходных процессов в делителе ФЭУ в течение длительности импульса интенсивности ускорителя.

Включение подпитки на последние четыре динода исследуемых счётчиков резко подавило исследуемые процессы: изменение амплитуды сигнала от ФЭУ  $56 DVP$  не превышало 10%, а изменение временной отметки события  $\Delta t$  уменьшилось на порядок и не превышало 0,5 нсек (рис.6). При измерениях с подпиткой потенциалы четырех последних динодов ФЭУ задавались от сильноточных стабилизированных источников питания. Каждый междинодный промежуток запитывался от отдельного источника, напряжение на нем выбиралось равным значению, измеренному при малых нагрузках и без подпитки.

Поскольку напряжения питания счётчиков несколько различаются, а на практике подпитка группы счётчиков производится от одних и тех же источников питания, распределение потенциалов на последних динодах ФЭУ не является оптимальным для каждого отдельного счётчика.

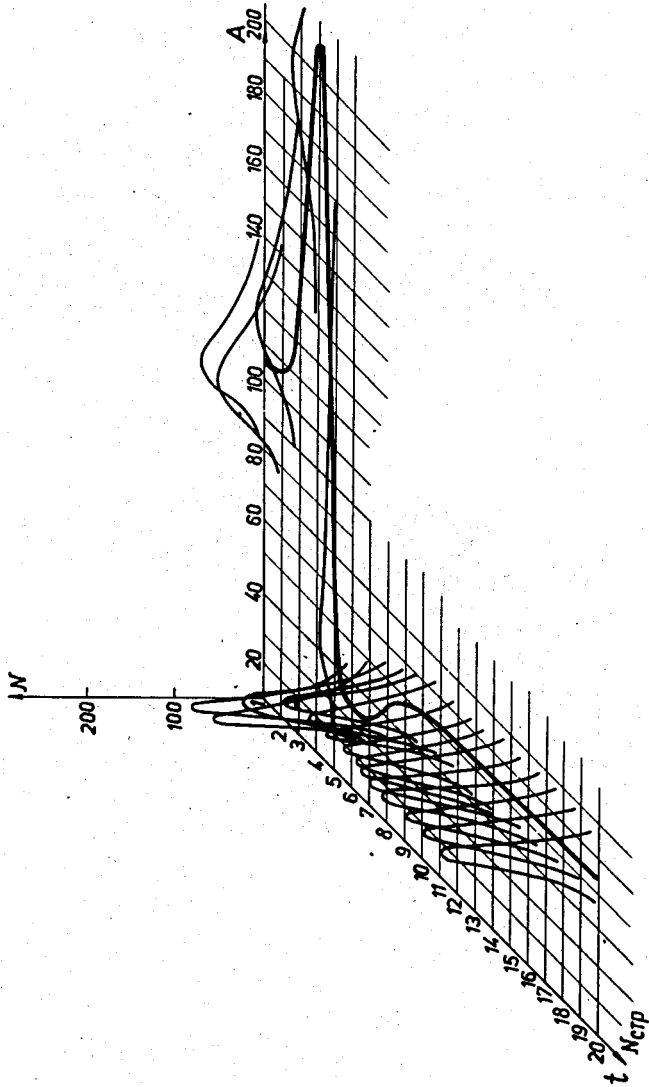


Рис. 4. Характер изменения амплитудных распределений сигналов сцинтилляционного счётчика при больших нагрузках.

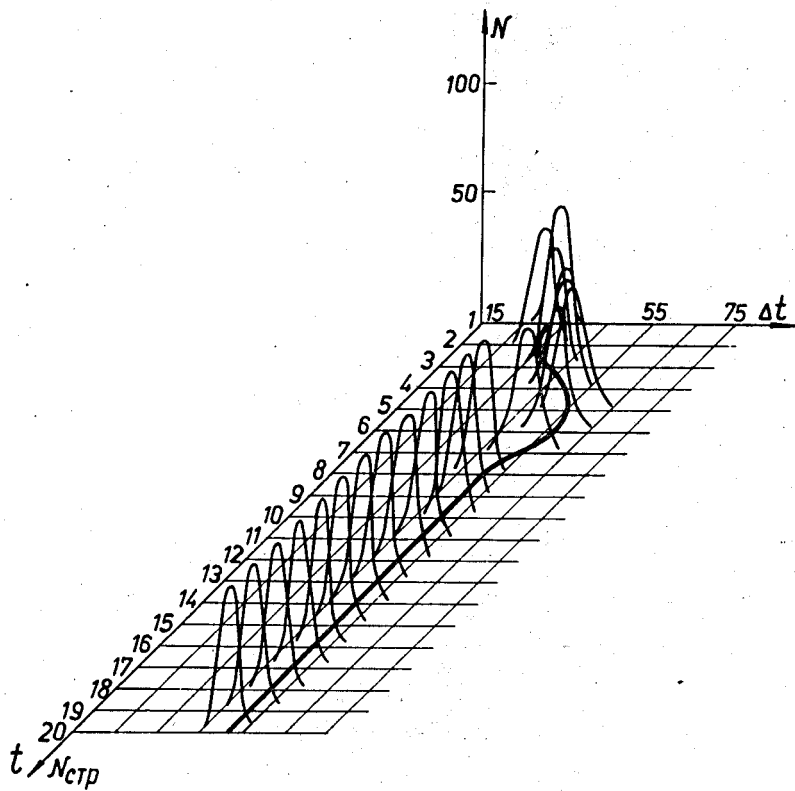


Рис. 5. Характер изменения временной отметки события сцинтилляционным счётчиком при больших нагрузках.

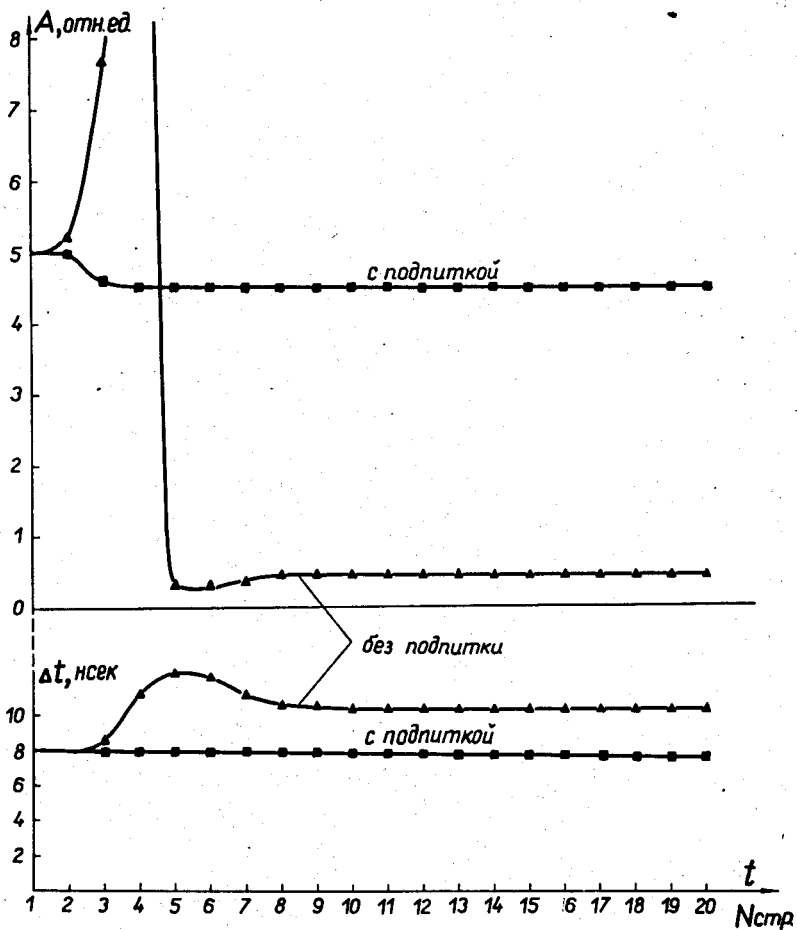


Рис. 6. Эффект включения подпитки четырех последних междиодных промежутков ФЭУ (56 DVP).

Для изучения влияния этого эффекта были сделаны измерения при трех напряжениях питания  $U_D$  счётчика  $S_D$  - 1900 в, 2100 в, 2300 в и потенциалах четырех последних диодов ФЭУ (фиксируемых подпиткой), соответствующих значению  $U_D = 2100$  в. Результаты приведены на рис. 7. Анализ результатов показывает, что в этих условиях сохраняется линейность работы ФЭУ (данные по первым двум стробам), а влияние загрузки резко возрастает с увеличением напряжения на ФЭУ. При фиксированном напряжении на ФЭУ аналогичные по характеру изменений зависимости  $A(t)$  и  $\Delta t(t)$  наблюдаются при увеличении загрузки счётчика (рис. 8).

Использованная нами подпитка четырех последних диодов оказывается недостаточной. Снова, как и без нее, наблюдается изменение усиления ФЭУ и смещение временной отметки события. Однако в этом случае все изменения носят монотонный характер (рис. 7 и 8).

Эффект включения подпитки  $\epsilon$  велик и составляет

$$\epsilon_A = \frac{(\Delta A)_0}{(\Delta A)_П} \approx 10^2 \quad \text{и} \quad \epsilon_t = \frac{(\Delta t)_0}{(\Delta t)_П} \approx 10, \quad \text{что}$$

практически во всех случаях обеспечивает использование счётчиков для получения эффективных совпадений при загрузках  $\leq 2 \cdot 10^7$  частиц/сек. Однако применение подпитки не исключает полностью влияния больших загрузок, сохраняющееся при этом изменение временной отметки сигнала ( $\approx$  сотен псек) существенно ограничивает возможности время-пролетной методики. Возможные пути устранения влияния больших загрузок состоят, по-видимому, в уменьшении рабочих напряжений на счётчиках и использовании усилителей выходных сигналов ФЭУ.

В заключение пользуемся случаем поблагодарить В.И. Рыкалина за обсуждения, Я.В. Гришкевича и Д.Б. Шатковскую - за помощь в работе.

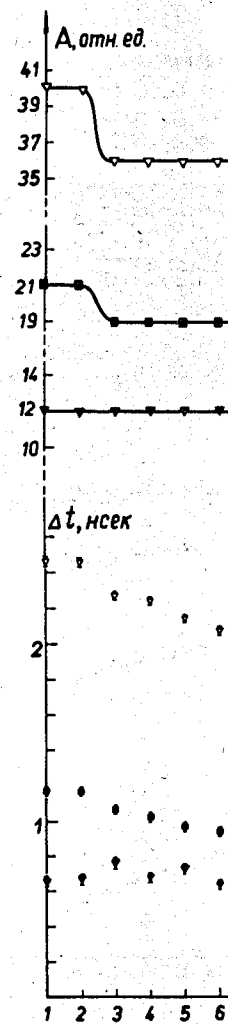


Рис. 7. Чувствительность к большим нагрузкам при  $J = 5 \cdot 10^6$  частиц/сек

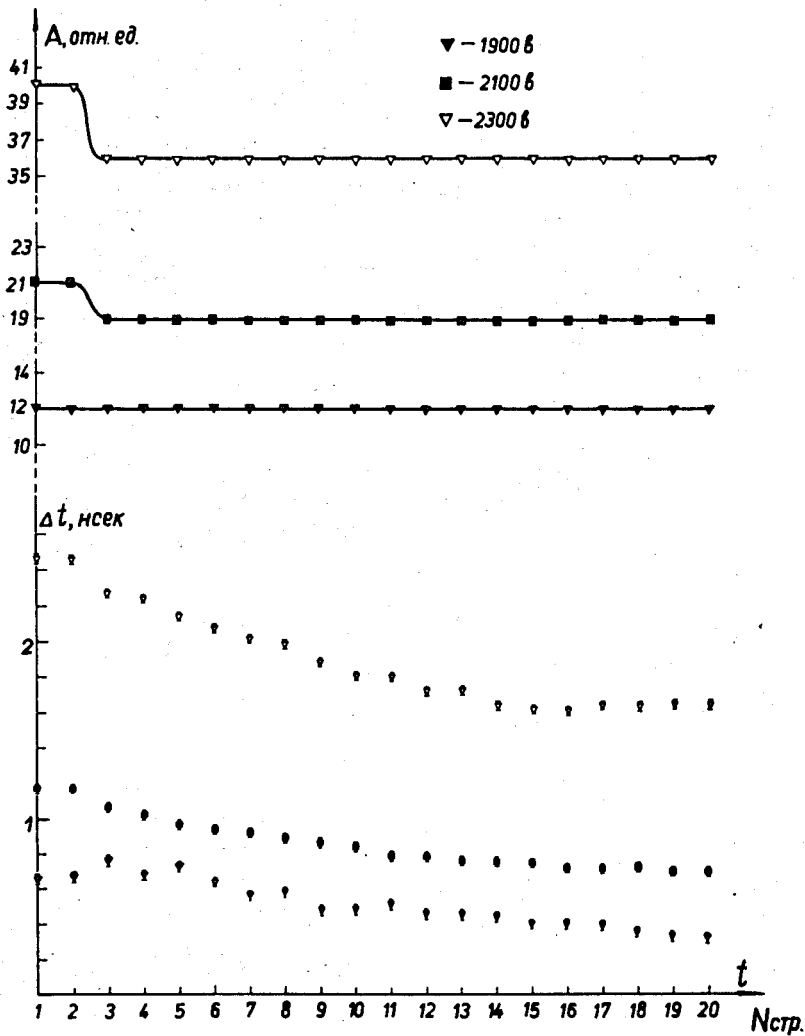


Рис. 7. Чувствительность "подпитанного" сцинтилляционного счётчика к большим нагрузкам при различных напряжениях питания; ФЭУ 56 DVP  
 $J = 5 \cdot 10^6$  частиц/сек.



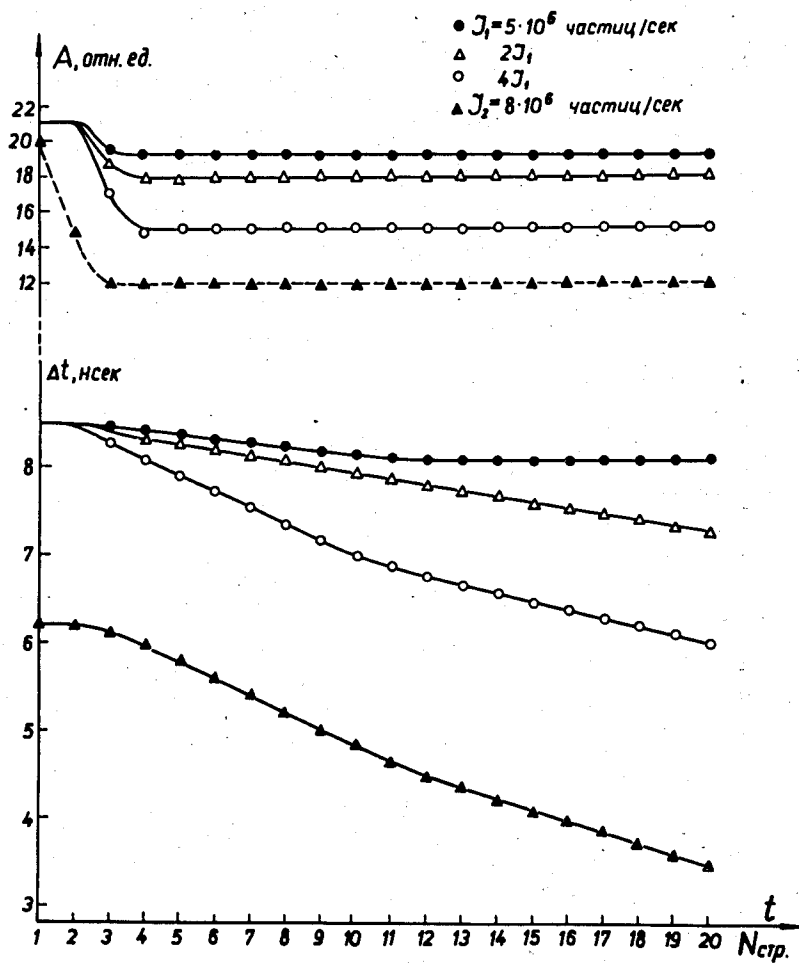


Рис. 8. Влияние загрузки на амплитудные и временные характеристики сцинтилляционных счётчиков. ●, Δ, ○ - 56 DVP; ▲ - 56 AVP.

1. М.И. Грачёв, К.И. Губртов, А.В. Самойлов, В. 1971.
2. Я.В. Гришкевич, З.В. К Нго Куанг Зуй, В.И. П М. Шавловски; Г.А. Ше калин, В.П. Хромов. Т в физике высоких энер
3. В.Г. Горбенко, В.Г. Ла Препринт ОИЯИ, 13-30

Рукопис

### Литература

1. М.И. Грачёв, К.И. Губриенко, Е.В. Еременко, В.П. Карташев, В.И. Котов, А.В. Самойлов, В.С. Селезнев, Ю.С. Ходырев. ЖТФ, 41, 1812, 1971.
2. Я.В. Гришкевич, З.В. Крумштейн, Р. Ляйсте, Ю.П. Мереков, З. Мороз, Нго Куанг Зуй, В.И. Петрухин, А.И. Ронжин, Н.Н. Хованский, З. Цисек, М. Шавловски, Г.А. Шелков, Н.К. Вишневский, В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, В.П. Хромов. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий (Дубна, сентябрь, 1970), том 1, 29 (1971).
3. В.Г. Горбенко, В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, В.П. Хромов, З. Цисек. Препринт ОИЯИ, 13-3095, Дубна, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 апреля 1972 года.