

С344.1  
Л-33

+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий  
Научно-экспериментальный отдел

СЗ441  
А-33

"Утверждаю"

Зам. директора ЛВЭ

[Signature] / Чувило Н.В. /

"20" [Signature] 1959 года

649 ef

" СИМТИЛАЦИОННЫЙ СИГНАЛИЗАТОР ПРЕВЫШЕНИЯ  
ДОЗЫ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСКОРТЕЛЕЙ "  
/ ССПД-1 /.

Исполнитель:

[Signature] /Лебедев В.Н./

[Signature] /Калашников В.Н./

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Дубна  
1959 г.

## А Н Н О Т А Ц И Я

В работе приводится техническое описание сцинтилляционного сигнализатора превышения дозы, предназначенного для работы в полях излучения импульсных протонных ускорителей высокой энергии. Эффективность регистрации сверхбыстрых нейтронов при использовании пластического сцинтиллятора объемом  $200 \text{ см}^3$  порядка  $3+5\%$ .

Прибор снабжен световой и звуковой сигнализацией, срабатывающей по достижении  $95\%$  заданного интегрального потока нейтронов и гамма-квантов.

## 1. ВВЕДЕНИЕ.

При выполнении различного рода срочных работ в здании ускорителя требуется точно знать допустимое время работы на конкретном рабочем месте или участке, где производится работа. По имеющимся картам дозного поля продолжительность работы может быть определена лишь приблизительно, поскольку интенсивность ускоренного пучка и режим работы ускорителя ( мишени, растяжка, стабилизация пучка и т.д.) в процессе выполнения работы изменяются. Допустимая продолжительность работы в этом случае определяется на основании максимально возможной для данного режима радиационной опасности, что приводит к неоправданному занижению допустимого времени работы.

Для точного определения допустимого времени работы требуется разработать прибор, интегрирующий поток радиации и сигнализирующий о наборе заранее установленного значения. Поскольку в зале ускорителя наибольшую опасность представляет нейтронная компонента смешанного  $n-\gamma$  поля с энергией примерно 10-2000 Мэв этот прибор должен быть достаточно чувствителен к ней.

Исходя из этих условий для регистрации рассеянного излучения импульсного ускорителя более других подходит сцинтилляционный метод, обладающий необходимым временным разрешением и чувствительностью.

Из тех же соображений наиболее целесообразно в данном случае применить пластические сцинтилляторы. Они в достаточной степени тканезэквивалентны и могут быть изготовлены практически любых

размеров. Как-то, так и другое очень важно для регистрации слабых потоков сверхбыстрых нейтронов.

Серьёзным недостатком метода, не позволяющим использовать его для "абсолютной" дозиметрии, является нелинейность конверсионной эффективности органических сцинтилляторов в зависимости от удельной ионизации по следу. Так, к примеру, при полном поглощении в пласт.сцинтилляторе 10 Мэв электрона и протона той же энергии световой выход от протона будет почти на 50% меньше, чем от электрона [1].

Практически эта нелинейность имеет значение лишь в самом начале указанного диапазона энергий, т.к. уже при энергии протона около 100 Мэв световая отдача сцинтиллятора приближается к электронной.

Для регистрации быстрых и сверхбыстрых нейтронов изотропно распределенных в пространстве около ускорителя можно использовать как метод счёта импульсов, так и метод измерения интегрального тока Фэу. Последний однако потребовал бы слишком больших по размерам сцинтилляторов, т.к. пробег протонов отдачи должен полностью укладываться внутри сцинтиллятора. Только в этом случае [2] интегральный световой выход будет в большей или меньшей степени соответствовать полной тканевой дозе (без учёта ОБЭ). Пробег даже 100 Мэв протонов в пласт.сцинтилляторе больше 8 см. Использование сцинтилляторов таких размеров в переносной аппаратуре нецелесообразно. Поэтому за основу был выбран метод счёта импульсов, позволяющий к тому же несколько лучше отделить нейтроны от  $\gamma$ -фона.

Достоинством этого метода является также принципиальная возможность уменьшения погрешности из-за нелинейности конверсионной

смешанных  $n-\gamma$  полях около ускорителя значительно меньше числа нейтронов. Для исключения ошибки за счёт этого необходимо более точно знать спектр излучения и его состав.

## II. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРИБОРА.

### I. Назначение.

Прибор типа СПД-1 предназначен для использования в качестве высокочувствительного сигнализатора превышения заранее установленной дозы жесткого импульсного  $n-\gamma$  излучения ускорителей. Прибор может быть использован для регистрации и обычных, неимпульсных излучений. Чувствительность прибора при этом уменьшается.

### 2. Технические данные.

1. В комплект установки входят 2-3 выносных пульта управления с датчиками и один общий сигнальный блок, предназначенный для укрепления на пульте дежурного. Общий вид выносного пульта управления приведен на рис.1, сигнального блока - на рис.2.

2. Установка может работать как в режиме с внешним запуском - при измерении импульсного излучения ускорителей - так и в режиме непрерывного счёта ( без запуска ) - при измерении обычных проникающих излучений.

3. Установка запускается внешним положительным импульсом от ускорителя в момент начала ускорения. Длительность запускающего импульса  $5 \pm 20$  мксек, амплитуда в пределах  $3 \pm 20$  в.

4. При отсутствии запускающего импульса установка нормально заперта. Длительность счёта после прихода импульса - 2 сек.

В случае необходимости начало счета может быть сдвинуто по отношению к моменту прихода запускающего импульса на время от 0 до 2,5 сек.

5. Установка допускает измерение импульсного  $n$ -го излучения, частота повторения которого лежит в пределах от 4-х до 60 циклов/мин.

При частоте повторения свыше 60 цикл/мин установка переключается в режим непрерывного счета.

6. Установка позволяет производить непосредственный отсчет интегрального потока в  $\$$  к предельно-допустимой величине по механическому счетчику типа ИЭС-54, укрепленному на передней панели выносного нуля.

7. Чувствительность прибора для работы при различных ПДУ (пред. доп. уровнях) может изменяться в пределах от 3000 до 10000 импульсов на одно деление механического счетчика, что соответствует:

имп/дел. мех. сч.	ПДУ	нейтр. см <sup>2</sup> /сек
3000		6
6000		12
10000		20

8. Собственный фон прибора (космическое излучение, радиоактивные загрязнения и т.д.) - при рабочем напряжении на ФЭУ не превышает 1,0 деления/час.

9. Разрешающее время установки определяется мертвым временем формирующего каскада, равным  $0,7 \div 0,9$  мксек.

10. Эффективность регистрации сверхбыстрых нейтронов определяется величиной пластического сцинтиллятора и равна  $3 + 5\%$  при сцинтилляторе объемом  $200 \text{ см}^3$ .

11. Сигнальное устройство срабатывает при достижении  $95\%$  установленной предварительно величины. Одновременно загорается красная лампочка на сигнальном блоке, расположенном на пульте дежурного.

12. Приборная погрешность измерений, в том числе ошибка за счёт утечки, не превышает  $15\%$ .

13. Выводной датчик с пультом управления может быть вынесен на расстояние до  $300 \text{ м}$  от сигнального блока.

14. Установка рассчитана на непрерывную круглосуточную работу в закрытом помещении при температуре окружающего воздуха от  $+25^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  и при относительной влажности до  $75\%$ .

15. Питание установки производится от сети переменного тока  $220 \text{ вольт}$  стабилизированной с точностью  $\pm 0,5\%$ .

16. При случайных отключениях питания показания прибора сохраняются.

### 3. Принцип действия и схема прибора.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 3, 4, 5.

Отрицательные импульсы с анода ФЭУ-29, наруженного на сопротивление  $R = 300 \text{ ом}$ , поступает на вход широкополосного импульсного усилителя-ограничителя на лампе  $L_1 (6X5H)$ . Величина сопротивления нагрузки ФЭУ фотоумножителя выбрана с таким расчетом, чтобы затягивание импульса за счёт многократных отражений на концах подводющего кабеля не превышало бы  $10^{-8} - 5 \cdot 10^{-8} \text{ сек.}$



Усиленный сигнал ~~проходит через схему пропускания на~~  
 ~~$L_2$  (6Ж1П)~~ и попадает на сетку быстрого одновибратора с катодной  
 связью собранного на лампе  $L_2$  (6Н15Н). Чувствительность одно-  
 вибратора регулируется потенциометром  $R_{10}$  в пределах от  
 0,1 до 2 вольт (по входу прибора). Мертвое время каскада не  
 превышает 0,7 ÷ 0,9 миксек. Эта величина определяет разрешаю-  
 щую способность всего прибора.

Сформированные одновибратором импульсы через дозирующую  
 емкость  $C_{20}$  и диод  $L_3$  (6х2П) попадают на накопительную  
 емкость с малой утечкой  $C_{23}$ . Для регистрации напряжения  
 на накопительной емкости служит пороговая схема, собранная на  
 лампах  $L_4$  (6Ж1П) и  $L_5$  (6Н15Н). Лампа  $L_4$  нормально заперта,  
 т.к. потенциал катода ее больше 10 вольт, а напряжение на  
 аноде фиксируется диодом Д7Е на уровне +27 вольт. При этом  
 левый по схеме триод лампы  $L_5$  подзаперт и реле  $R_I$  находится  
 в отпущенном состоянии. При увеличении потенциала на накопи-  
 тельной емкости до величины несколько меньшей потенциала като-  
 да  $L_4$ , она быстро отпирается, вызывая переброс полувибратора  
 $L_5$  и срабатывание реле  $R_I$ . Один из контактов этого реле при  
 замыкании разряжает накопительную емкость, после чего схема  
 возвращается в исходное состояние. Другая пара контактов раз-  
 ряжает емкость  $C_{27}$  на механический счетчик ИЭС-54, величина  
 которой выбирается достаточной для срабатывания счетчика.

Переменное сопротивление в аноде  $L_5$  служит для регули-  
 ровки в некоторых пределах порога срабатывания полувибратора.  
 Выгодно работать при максимальной чувствительности его, т.к.

при этом срабатывание реле  $P_1$  происходит в самом начале отпирания  $L_4$  пока ее сеточный ток практически не влияет на разряд накопительной емкости.

Вся шкала счетчика МЭС-54 разбита на 100 делений. При подходе к 95-му делению, замыкаются внутренние контакты счетчика, реле  $P_2$  срабатывает и блокируется в этом положении.  $P_{2a}$ . Другая пара контактов разрывает цепь зеленого сигнала, третья - подает питание на пульсирующий одновибратор, собранный на лампе  $L_6$ . Таким образом при замыкании контактов счетчика гаснет зеленый свет и загорается периодически прерывающийся красный. Потенциометр  $R_{40}$  служит для изменения частоты и длительности срабатываний.

Возвращение прибора в исходное состояние возможно путем установки мех. счетчика на нуль и кратковременного выключения прибора.

Для уменьшения влияния фона фотоумножителя (темновой ток, космика, естественная радиоактивность) служит схема пропускания, собранная на лампах  $L_8$  и  $L_9$ . В положении переключателя  $\Pi_1$  "работа" ~~катодный повторитель на  $L_2$  нормально эмитер~~, правый триод  $L_9$  - закрыт, и потенциал в точке "а" равен - 100 вольт. После прихода внешнего запускающего импульса одновибратор на лампе  $L_6$  опрокидывается на несколько секунд, потенциал в т. "а" при этом поднимается до 200 в <sup>одновибратор на  $L_2$  выдает</sup> и ~~катодный повторитель~~ пропускает импульсы к накопителю.

В положении переключателя "проверка" включается внутренний генератор импульсов на МХТ-90 и производится общая проверка работоспособности прибора. Частота генератора выбрана такой, чтобы период между срабатыванием механического счетчика был в пределах 4±5 секунд.

Значительное отклонение от этой величины свидетельствует о неисправности прибора.

В положении переключателя "проверка" и "непрерывный счет" управление схемой пропускания выключается.

#### 4. Конструкция прибора.

Все основные элементы электронной схемы размещены в выносном пульте управления с наклонной передней панелью, заключенном в прямоугольный корпус размером 260x180x320 мм (рис.2). Выносной пульт может быть установлен непосредственно на стойке, на которой укреплен выносной датчик. Датчик соединяется с пультом управления кабелем РК-50 и ПВЛЭ длиной около метра.

В выносном датчике размещены: фотоумножитель ФЭУ-29, пластический сцинтиллятор  $\varnothing$  50 и высотой 50 мм, делитель ФЭУ и емкости для последних каскадов делителя.

Конструкция выносного датчика обеспечивает его светонепроницаемость. Датчик снабжен магнитным экраном для экранировки от слабых магнитных полей (до 100 эрст.).

На наклонной передней панели пульта размещены сигнальные лампочки, механический счетчик ИЭС-54, индикаторные лампочки питания и цикла, тумблеры питания и выключения акустического сигнала. Все регулировочные переменные сопротивления и переключатель рода работы выведены для исключения случайных переключе-

ний непосредственно на шасси под вертикальную переднюю панель. Выводные пульты управления соединяются 6-ти жильным кабелем с ближайшим метрическим боксом, а через него с общим сигнальным блоком, расположенным на пульте сменного дежурного.

Сигнальный блок выполнен на стандартном шасси высотой 170 мм. В нем расположена дублирующая система сигнализации о превышении дозы и электронное устройство для преобразования внешнего запускающего импульса.

### 5. Погрешность измерений.

Верхний предел измерений определяется мертвым временем установки, среднее значение которого равно 0,8 мксек. Кривая распределения интенсивности вторичного излучения при сбросе первичного протонного пучка на мишень имеет трапецевидную форму с крутым задним фронтом.

Длительность этого импульса при работе без растяжки 3-4 мсек на середине высоты и порядка 6-7 мсек у его основания. Примерно такую же форму будет иметь и распределение рассеянного излучения, однако задний фронт будет затягиваться на время жизни нейтронов (около 1 мсек). При учете этого верхняя граница измерений данным прибором с 10% просчётом определится как 800 имп/цикл. При работе в полях с большей интенсивностью необходимо делать поправку на просчёт. Величины этих поправок для практического использования приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I.

имп/цикл	Допустимая продолжительность работы	Поправка
200	8	0
800	2	10%
1100	1,45	15%
1500	1,0	20%
1750	0,9	25%
2000	0,8	30%

Нижний предел измерений определяется, в основном, величиной фона фотоумножителя. В случае среднего по уровню фона фотоумножителя, у которого:

$$N_{\text{фона}} \cong 20 \text{ имп/цикл}$$

(включая счет от естественной радиоактивности и космического излучения) отсчет по шкале механического счетчика за 6-ти часовой рабочий день не превышает 6 делений. Прибор уверенно регистрирует однократное превышение полезного сигнала над фоном.

$$N_{\text{сигн.}} \geq 20 \text{ имп/цикл}$$

что соответствует при пластике  $\phi$  50 мм уровню  $8 \pm 10$  нейтронов/см<sup>2</sup> цикла, т.е. примерно 1/20 рекомендованного санитарными нормами предельно-допустимого уровня

$$N_{\text{пгу}} = 12 \text{ нейтр/см}^2 \text{ сек}$$

Наибольшая ошибка измерений будет, естественно, при регистрации малых уровней, близ порога чувствительности. Основной вклад в ошибку в этом случае дает утечка заряда с накопительной емкости. На рис. 6 приведены кривые накопления заряда на емкости при приходе одинакового количества импульсов за время  $T_1 = 4$  мин и  $T_2 = 32$  мин. Первая кривая соответствует уровню излучения около 1 допуст. доз/ раб. день., вторая - около 1/10 доп. доз раб. день.

Как можно видеть из графика, несмотря на различный ход кривых ошибка в момент срабатывания не превышает 7%. Такая погрешность вполне допустима для сигнального устройства, особенно если учесть, что появляется она лишь при малых уровнях радиации.

#### 6. Порядок включения и инструкция по работе.

I. При подготовке прибора к работе необходимо:

- 1) произвести подключение всех внешних кабелей,
- 2) включить тумблер "сеть" на сигнальном блоке и установить необходимое для работы время сдвига выдержки,
- 3) включить тумблер "сеть" на выносном пульте управления,
- 4) снять вертикальную переднюю панель на пульте, переключатель рода работы установить в положение "проверка" и удостовериться в исправности прибора. Если прибор исправен, мех. счетчик будет срабатывать через каждые 3±5 сек,
- 5) переключатель рода работы установить в положение "работа",
- 6) триггер установки ПДУ ( пред. доп. уровня) установить в положение, соответствующее заданному уровню.

- 7) закрыть вертикальную переднюю панель
- 8) нажатием кнопки на мех.счетчике установить его стрелку на нуль.

Прибор готов к работе.

2. Для приведения прибора в исходное состояние после срабатывания на заданном уровне необходимо:

- а) нажатием на кнопку мех.счетчика установить его стрелку на нуль;
- б) выключить на I сек тумблер "сеть" на пульте управления и вновь включить его.

Прибор готов к дальнейшей работе.

## 7. Контрольный лист.

Параметры	Датчик и пульт Б 1	Датчик и пульт Б 2	Датчик и пульт Б 3
1 ФЭУ Б раб.напр.			
2 Фон при отсутствии внешних источников			
3 Чувствительность входа по напряжению			
4 Чувствительность прибора			
	макс.		
	мин.		
5 Проверка			



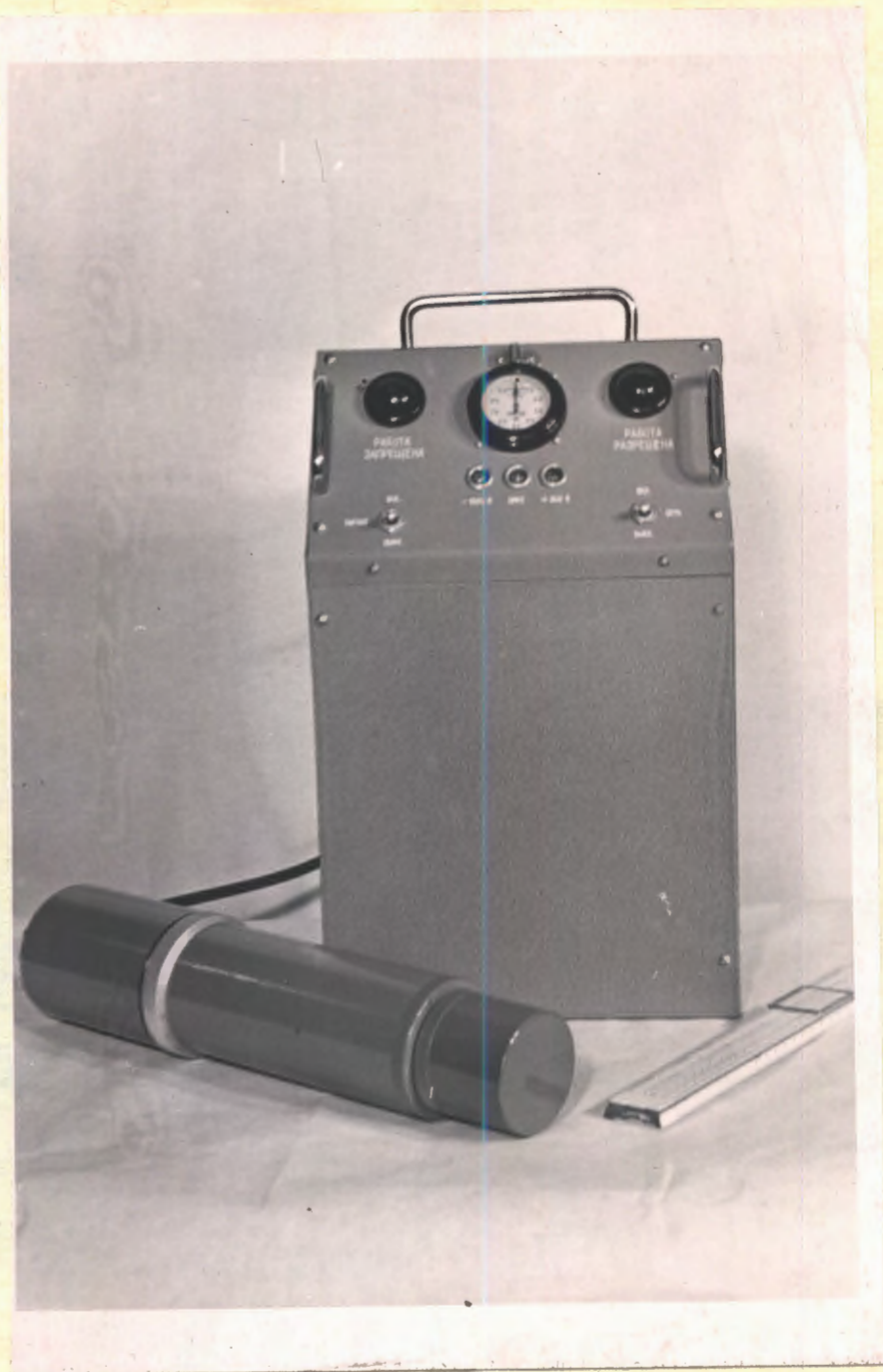


Рис. I.

Общий вид выносного пульта управления с датчиком.

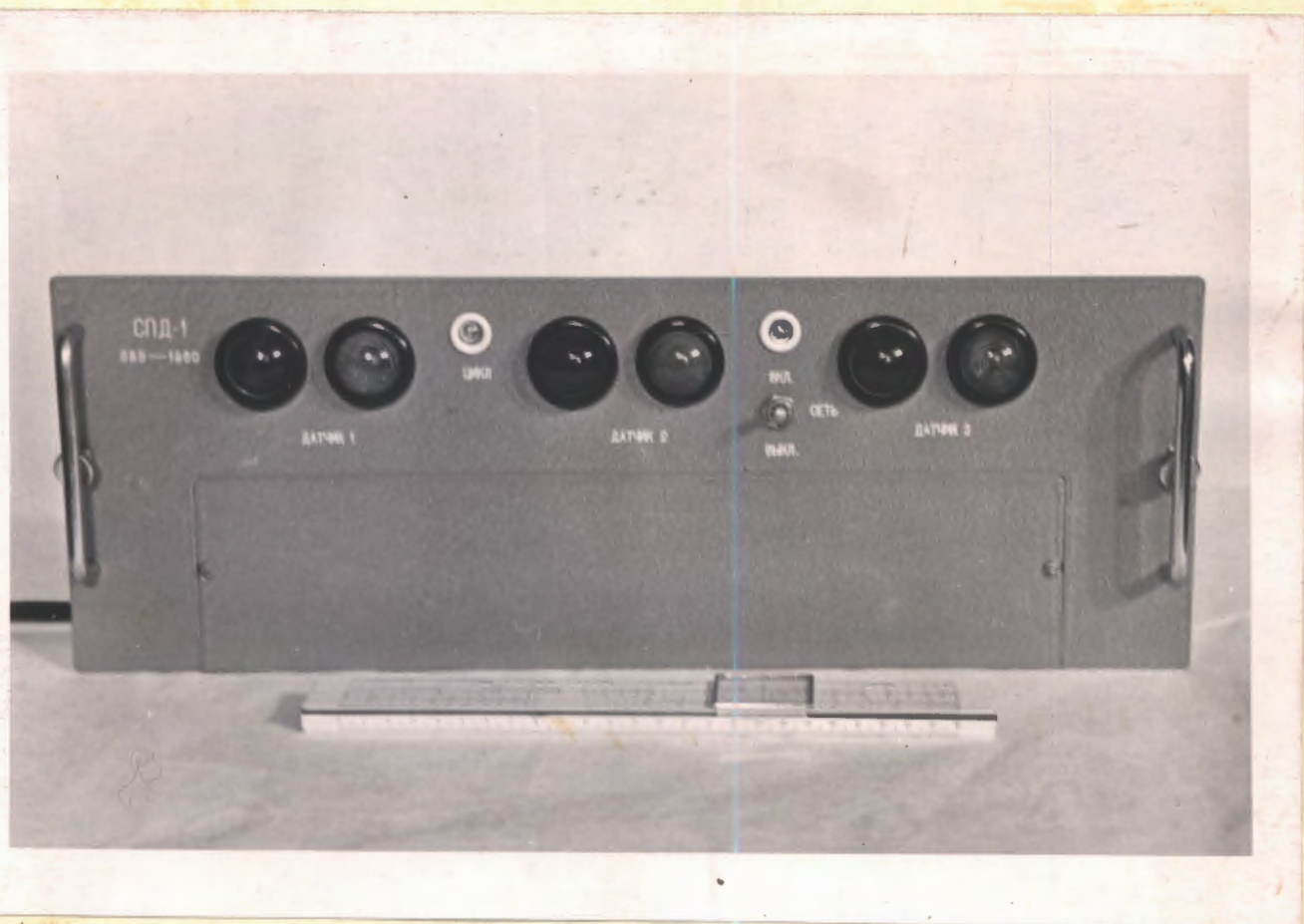


Рис. 2. Общий вид сигнального блока.

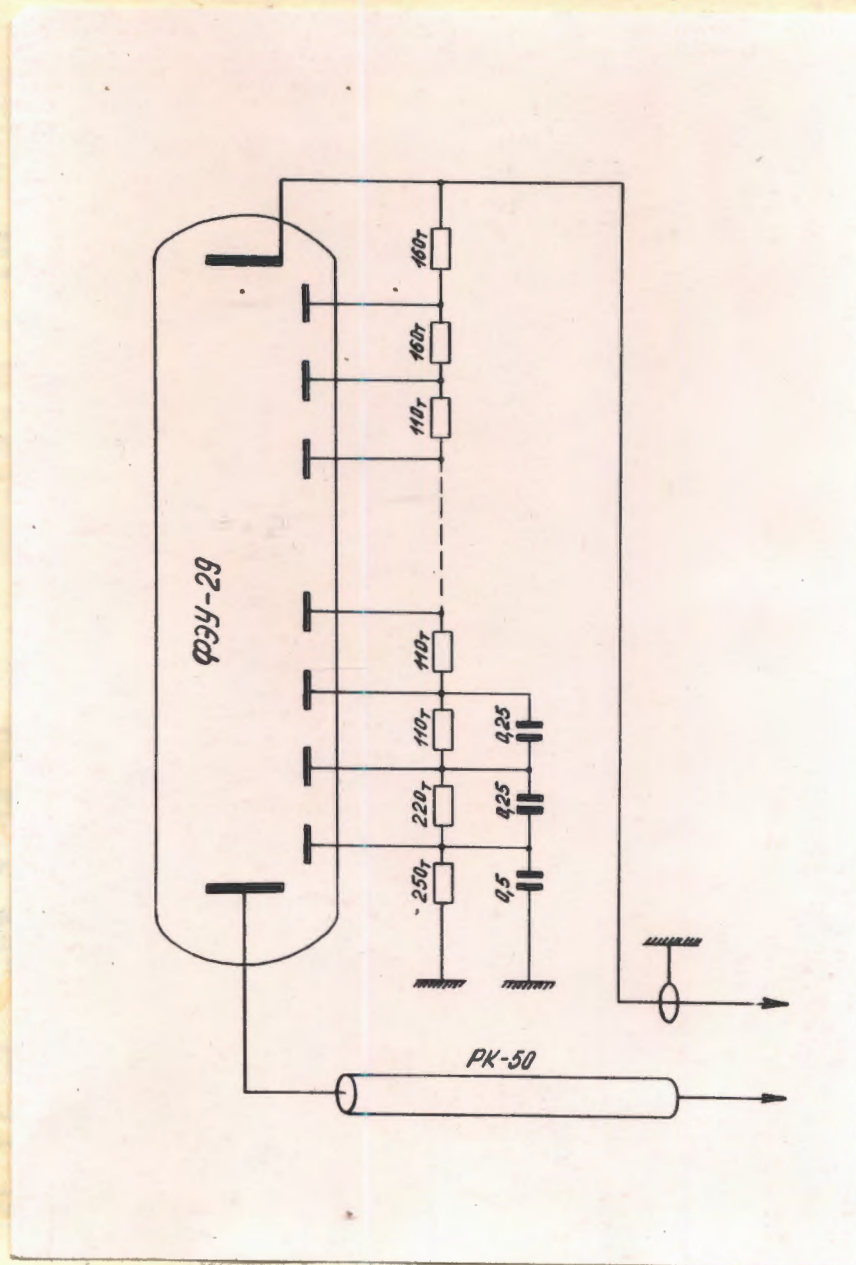


Рис. 3.

Принципиальная схема сцинтилляционного датчика.

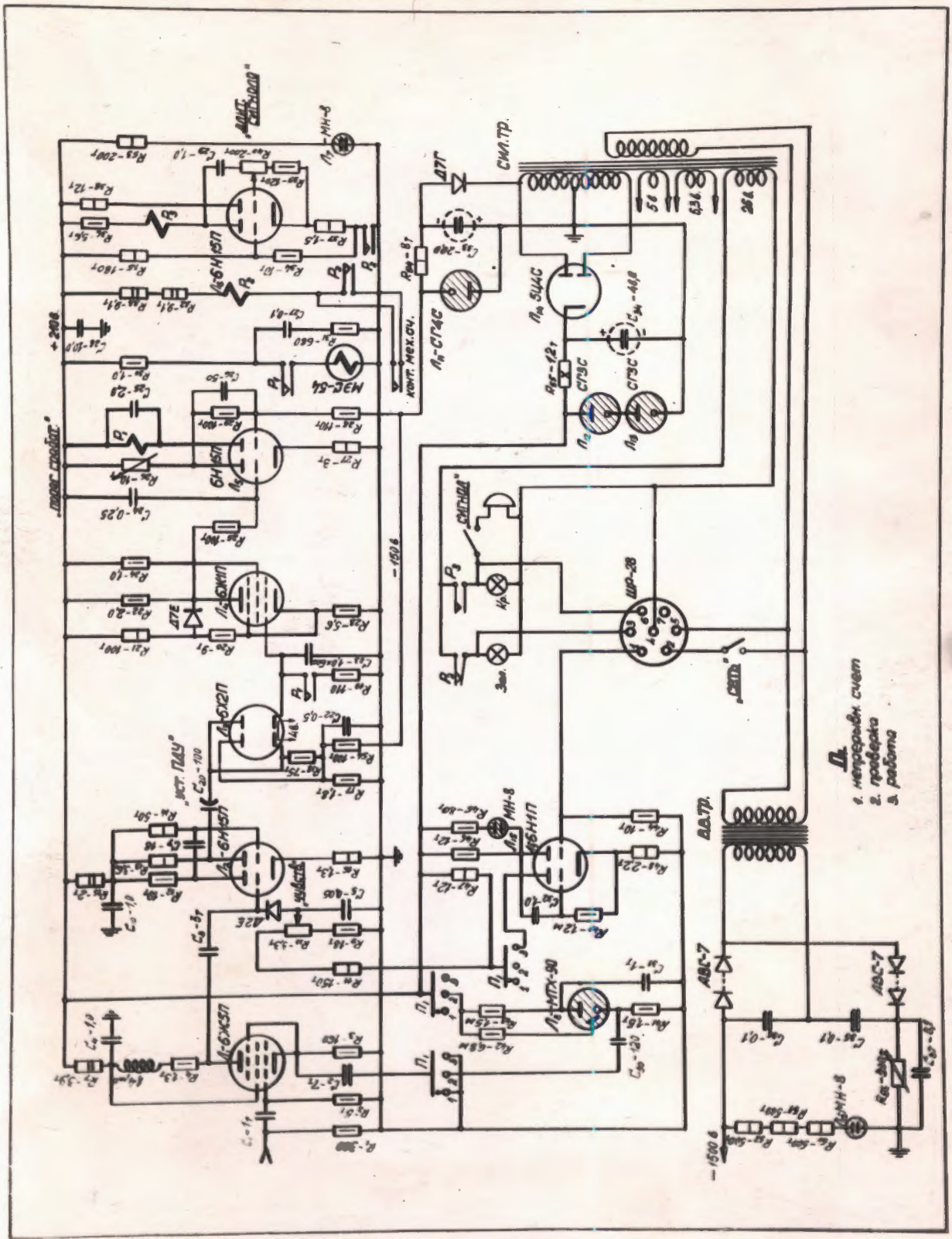


Рис. 4. Принципиальная схема выносного пультa управления.

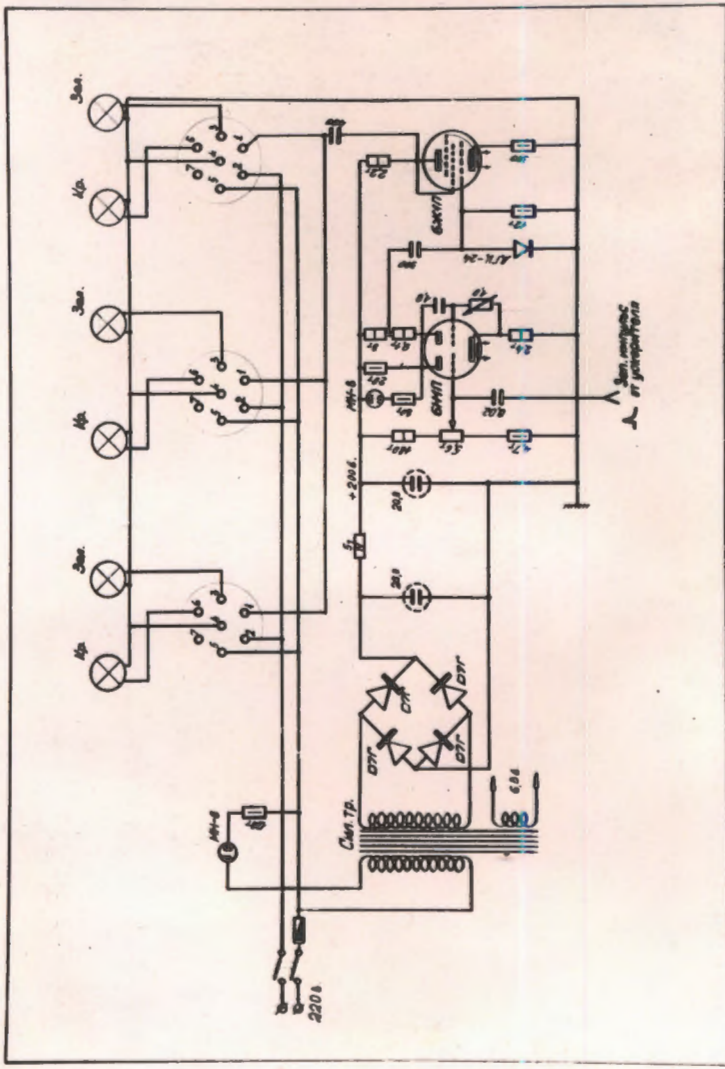


Рис. 5. Принципиальная схема сигнального блока.

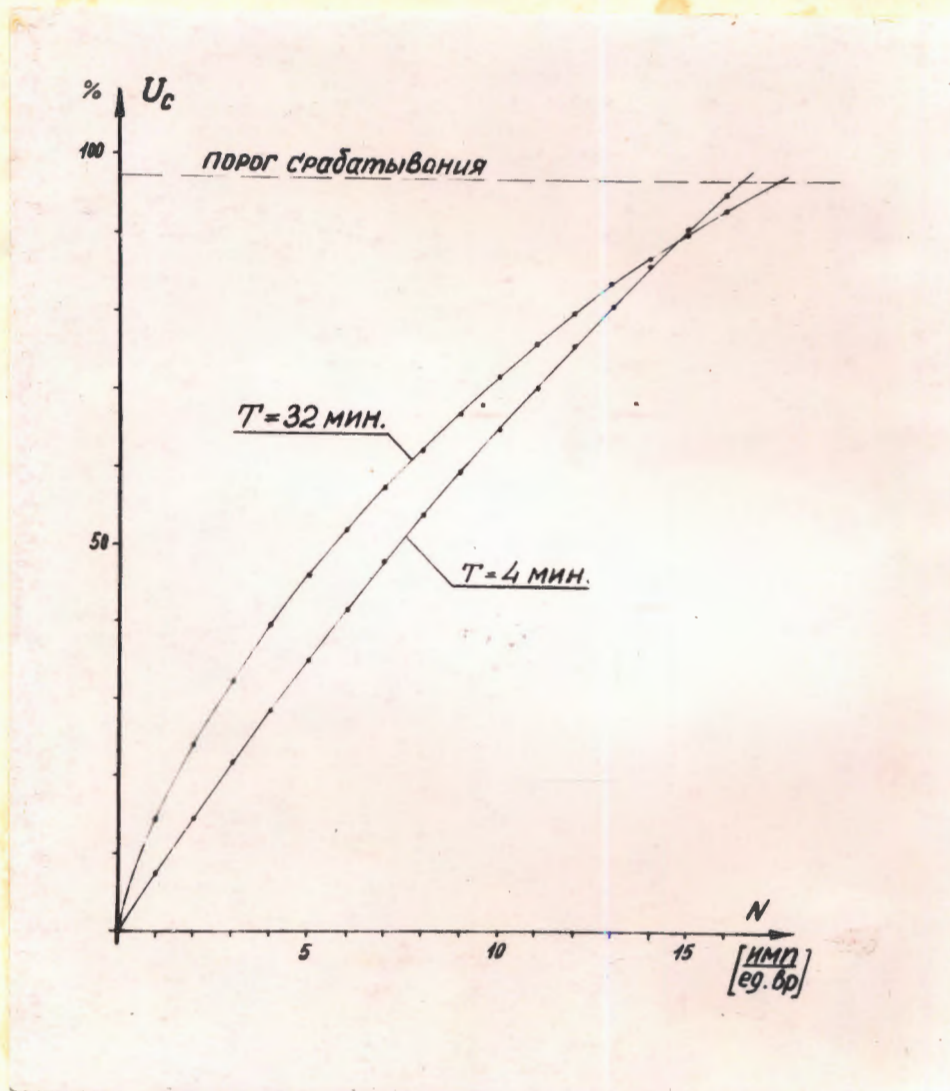


Рис.6.

График изменения потенциала на обкладках накопительной емкости в зависимости от числа импульсов при различной частоте поступления этих импульсов.

## Л И Т Е Р А Т У Р А :

- 1 Чечик Н.О. Электронные умножители Гостехиздат 1957 г.
- 2 Дж.Хайн \* Радиационная дозиметрия. ИЛ 1958 г.
- 3 Пальнов Ат.энергия т.4 вып.6 1958 г.