

3-276

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



10/5-

1749 / 2-77

P14 - 10410

Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов, В.Д.Пешехонов,
И.А.Тяпкин, С.С.Черненко

УСТАНОВКА
НА ОСНОВЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ
ДЛЯ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ

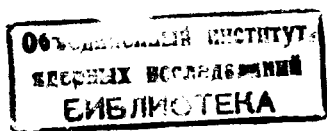
1977

P14 - 10410

Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов, В.Д.Пешехонов,
И.А.Тяпкин, С.С.Черненко

УСТАНОВКА
НА ОСНОВЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ
ДЛЯ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ

Направлено в ПТЭ



Заневский Ю.В., Пешехонов А.Б., Тяпкин И.А.,
Черненко С.П.

P14 - 10410

Установка на основе пропорциональной камеры для
радиографического исследования объектов

Описана установка на основе пропорциональной камеры, созданная для получения изображения объектов, просвечиваемых гамма-лучами. Информация выводится на катодно-лучевую трубку и передается в ЭВМ. Приводятся рабочие характеристики пропорциональной камеры с газовым наполнением на основе аргона и ксенона, а также результаты просвечивания различных объектов источниками ^{55}Fe и ^{241}Am .

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Zanevsky Yu.V., Peshekhonov V.B.,
Tyapkin I.A., Chernenko S.P.

P14 - 10410

MWPC for Radiographic Investigations of Images

The application of the MWPC to X-radiography is described in this paper. The radiographic image is displayed by the oscilloscope and transferred to core memory of the on-line EC-1010 computer. Operating characteristics of the MWPC filled with a xenon and isobutan or argon and isobutan mixtures are presented. Sample radiographic images taken with this chamber with ^{55}Fe and ^{241}Am β -sources are shown.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие методики пропорциональных камер /ПК/ позволило получать двухкоординатную информацию с обычных трехэлектродных камер. Это дало возможность использовать ПК для получения изображения объектов, облучаемых нейтральным излучением /нейтронами, гамма-квантами/ и применять их для нейтронографии, рентгенографии в медицине, биологии, дефектоскопии и т.д. Получение изображения радиоактивных объектов, испускающих нейтральное излучение, позволяет использовать ПК для диагностики в ядерной медицине ^{1/}.

2. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Система визуального представления изображения объектов состоит из ПК, информация с которой снимается при помощи линий задержки, регистрирующей электроники, выполненной в стандарте КАМАК, осциллографа в качестве дисплея, фотокамеры типа "Полароид". Для просвечивания объектов используется точечный радиоактивный гамма-источник. Общий вид установки показан на рис. 1. Информация с ПК может передаваться в ЭВМ для накопления, обработки /в режиме on-line / и представления данных на дисплей или печатающее устройство.



Рис. 1. Общий вид установки.

2.1. Пропорциональная камера

Разборная ПК с чувствительной площадью $200 \times 200 \text{ мм}^2$ изготовлена из стеклотекстолитовых рам, толщина которых определяет межэлектродное расстояние камеры и составляет 6 мм. Катоды камеры намотаны ортогонально проволокой из бериллиевой бронзы диаметром 0,1 мм с шагом 1 мм. Проволоки распаяны на

печатные электроды, каждая проволока заземлена через резистор 200 кОм . Информация снимается с катодов камеры при помощи электромагнитных линий задержки.

С целью получения одинакового пространственного разрешения по X и Y координатам проволоки анодной плоскости ПК ориентированы под углом 45° к катодным. Для намотки анодной плоскости использовалась золоченая вольфрамовая проволока диаметром 20 мкм / шаг намотки 2 мм/. Газовый объем камеры изолирован майларом толщиной 60 мкм.

Принципиальная схема ПК показана на рис. 2. Сигнал

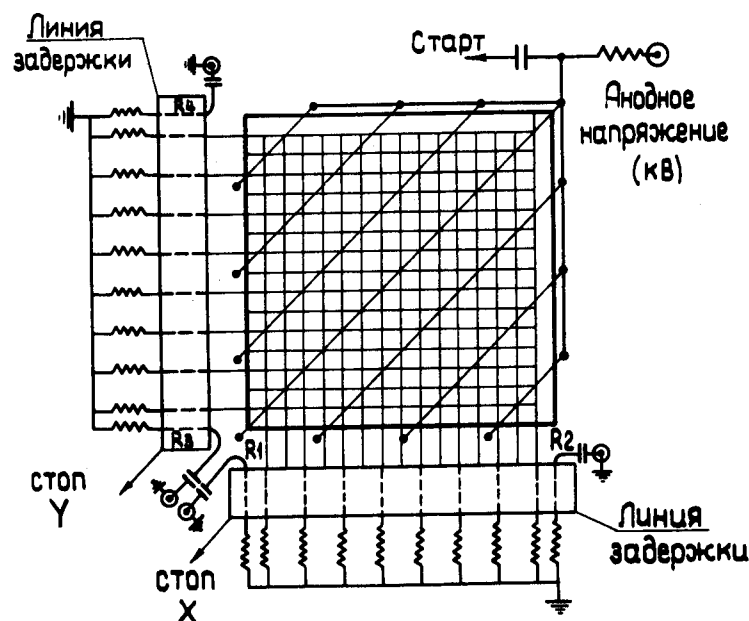


Рис. 2. Схема пропорциональной камеры.

с анодной плоскости является "стартовым" и задает начало измерения времени задержки катодных сигналов, проходящих через электромагнитные линии задержки. Регистрируемые импульсы после предусилителей, уста-

новленных на камере, передаются на усилители-дискриминаторы, выполненные в стандарте КАМАК. Для определения масштаба по X и Y координатам на соответствующих электродах камеры имеются реперные проводники /R1-R2 и R3-R4, соответственно/, расстояние между которыми измеряется с высокой точностью.

Основные параметры линий задержек следующие: полная длина задержки - 200 мм, сечение линии - 30 x 3 мм², погонная задержка - $\tau = 7,2$ нс/мм, затухание сигнала - 0,2 дБ/см, импеданс линии - ~1,4 кОм.

2.2. Регистрирующая электроника

Блок-схема регистрирующей электроники приведена на рис. 3.

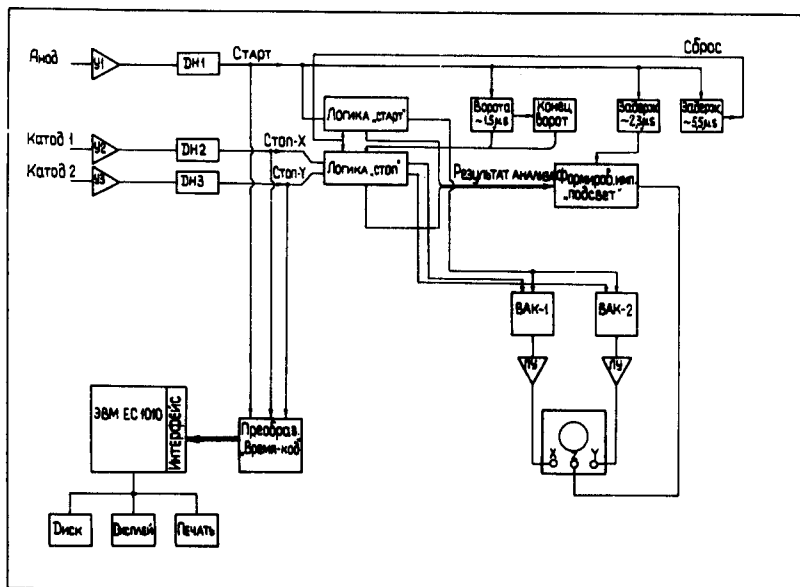


Рис. 3. Функциональная схема установки.

Сигналы с ПК поступают на предусилители, установленные непосредственно на камере, и далее на дискриминаторы пересечения нуля, выходной импульс которых привязан к вершине сигнала с линии задержки. Обработанная таким образом информация поступает на блок управления типа ЛТ-201, осуществляющий анализ временных соотношений сигналов и пропускание их на время-амплитудные конвертеры /ВАК1 и ВАК2/. Блок управления вырабатывает импульсы подсвета луча осциллографа, используемого в качестве дисплея. Импульс подсвета вырабатывается при условии наличия обоих сигналов "стоп" и только одного сигнала "старт" за время $T = 1,5$ мкс.

Временная диаграмма показана на рис. 4.

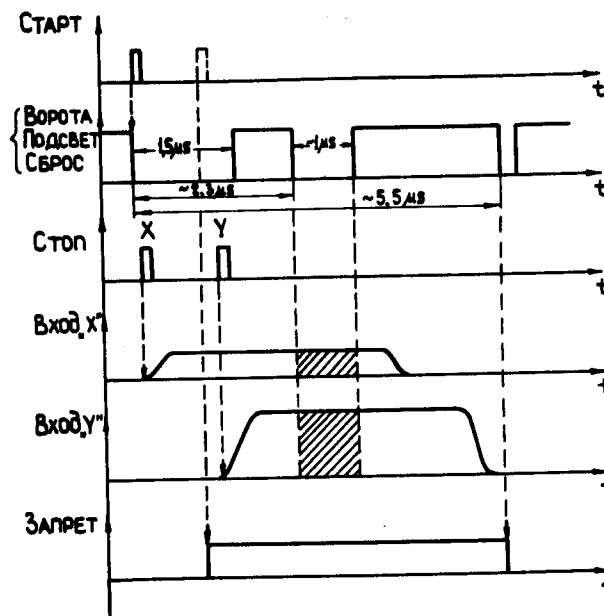


Рис. 4. Временная диаграмма работы регистрирующей электроники.

Для получения количественных характеристик изображения, информация передавалась в ЭВМ ЕС-1010, работающую на линии с установкой. Кодирование интерва-

лов времени между сигналом "старт" и сигналами "стоп-х", "стоп-у" производилось преобразователями "Время-код" типа R-301 с частотой дискретизации 125 МГц. Тактирующая частота вырабатывалась генератором типа G-301^{3/3}. В случае отсутствия сигнала "стоп" соответствующий канал преобразователя "очищался" сигналом "автосброс". Информация с цифровой регистрирующей электроники передавалась в ЭВМ с помощью программного канала по два шестнадцатитриазрядных слова X и Y. Вся регистрирующая электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Эффективность камеры

Предварительная проверка ПК проводилась с помощью β -источника ^{144}Ce . На рис. 5 показана эффектив-

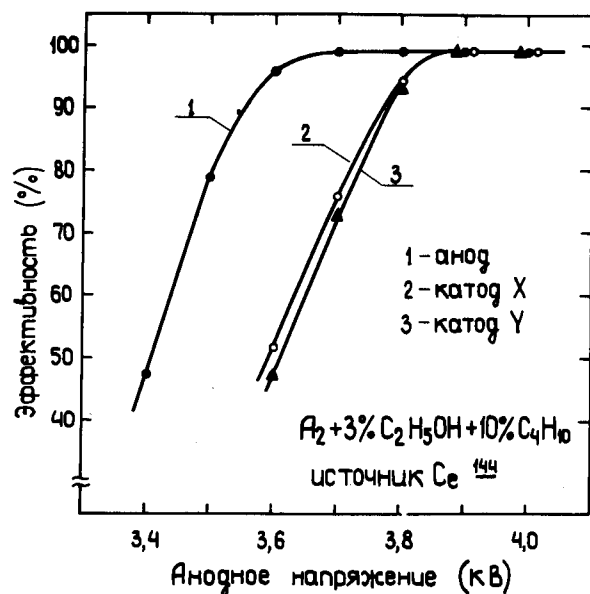


Рис. 5. Эффективность регистрации β -электронов по аноду и катодам камеры.

ность регистрации электронов при съеме информации с анода и катодов камеры. Использовалась газовая смесь аргона с 10%-ной добавкой изобутана и 3%-ной добавкой спирта.

При работе с источниками гамма-излучения камера наполнялась аргоном или ксеноном с добавками в обоих случаях 10% изобутана и 3% этилового спирта. Применялись источники ^{55}Fe с энергией гамма-излучения 5,9 кэВ и ^{241}Am - 60 кэВ.

Основным процессом взаимодействия гамма-квантов с рабочим веществом камеры является фотоэффект. Вероятность образования фотоэлектронов при прохождении гамма-квантов через слой газа толщиной d можно оценить выражением

$$\epsilon = 1 - 2 \frac{d \rho N}{0,693 A}$$

где A - атомный вес, ρ - плотность газа, N - число Авогадро. При условии полной регистрации фотоэлектронов эффективность пропорциональной камеры при наполнении ее смесью на основе аргона составляет 46% для гамма-квантов с энергией 6 кэВ и менее 0,1% для гамма-квантов с энергией 60 кэВ, а на основе ксенона - около 99% и 5%, соответственно. Значения сечений взаимодействия $\sigma / \text{б/атом}$ были взяты из работы^{4/}.

На рис. 6 приведены счетные характеристики камеры для источника ^{55}Fe , при Ar и Xe наполнении. Счетная характеристика пропорциональной камеры при Xe наполнении для источника ^{241}Am , а также шумы камеры показаны на рис. 7. Зависимость приведена для анодных сигналов. Видно, что количество собственных шумов камеры на плато счетной характеристики составляет около 20 Гц.

Амплитудный спектр сигналов с анода камеры для источника ^{241}Am показан на рис. 8. Центр пика соответствует фотоэлектронам с энергией 25,4 кэВ, вырываемым с K-й оболочки атома ксенона. В 87% случаев возбуждение атома снимается флуоресцирующими гамма-квантами с энергией около 29 кэВ, большая часть которых выходит за пределы камеры. В остальных случаях возбуждение снимается Оже-электронами с энергией около 24 кэВ^{4/}.

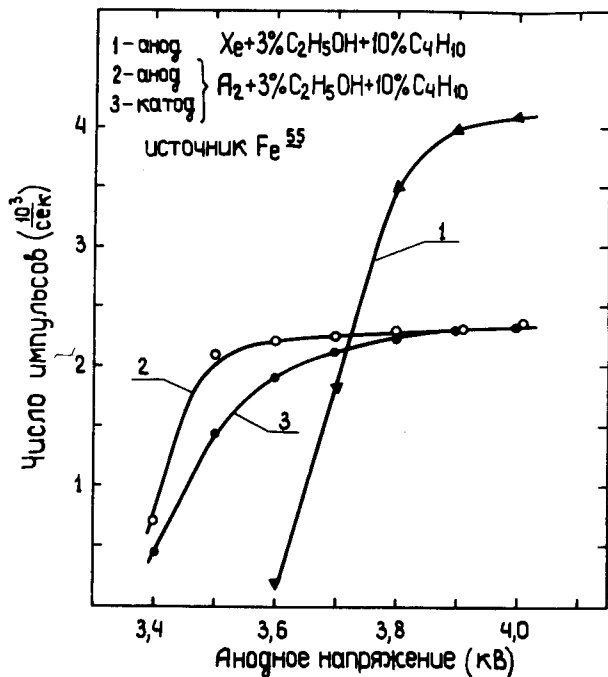


Рис. 6. Счетные характеристики камеры при работе с источником гамма-квантов ⁵⁵Fe.

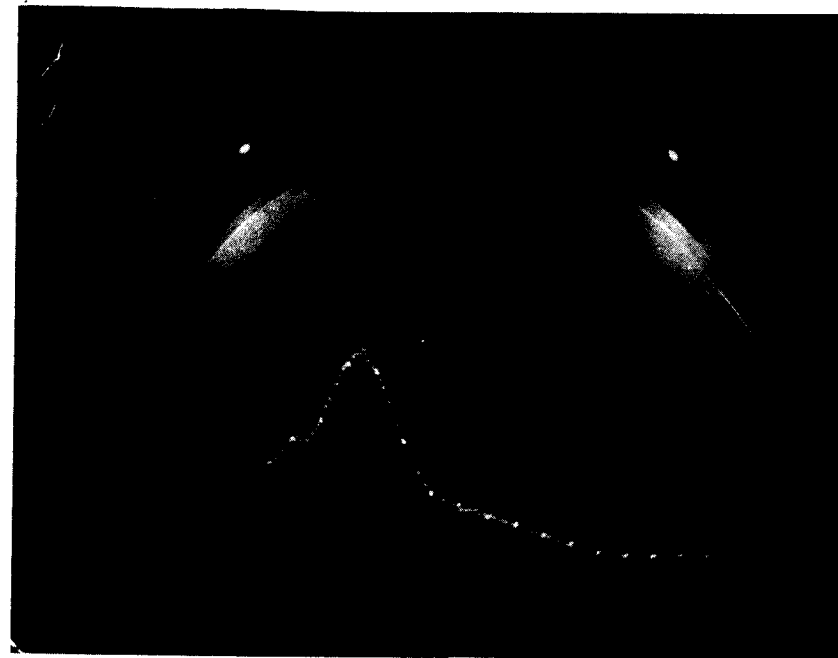
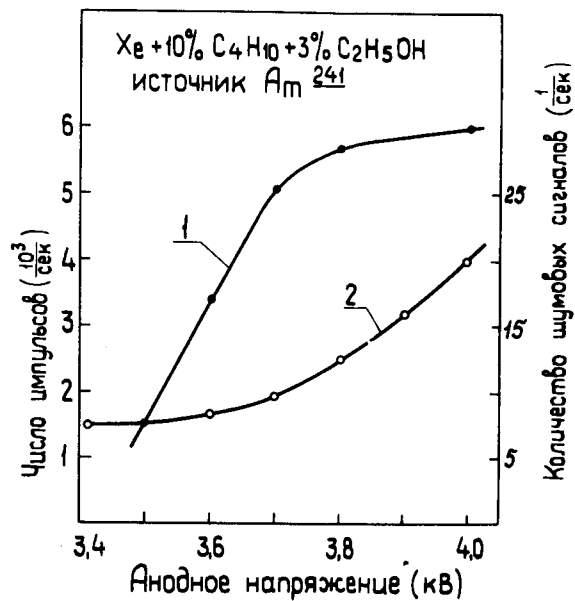


Рис. 8. Амплитудный спектр сигналов с анода камеры. Газ - Xe + 10% C₄H₁₀ + 3% C₂H₅OH. Источник гамма-квантов - ²⁴¹Am. Анодное напряжение - 3,95 кВ.

Эти случаи, по-видимому, определяют "хвост" амплитудного спектра.

3.2. Контрастность и разрешение

Пространственное разрешение (σ) пропорциональной камеры было определено для смеси на основе аргона при облучении камеры через точечный коллиматор источником ⁵⁵Fe и составляло 0,5 мм. Для получения характеристики

Рис. 7. Счетная характеристика /кривая 1/ и шумы камеры /кривая 2/. Зависимости получены для анодных сигналов.

пространственного разрешения, отвечающего полной контрастности изображения, /нерезкости/ применялся так называемый "теневого" метод /5/. При облучении источником часть камеры была закрыта экраном. Через точки "фронта" изображения, выведенного на анализатор, на уровне 16% и 84% проводится прямая до продолжения с нижней и верхней линиями. Расстояние между точками пересечения их (U) характеризует величину нерезкости. Принцип метода показан на рис. 9.

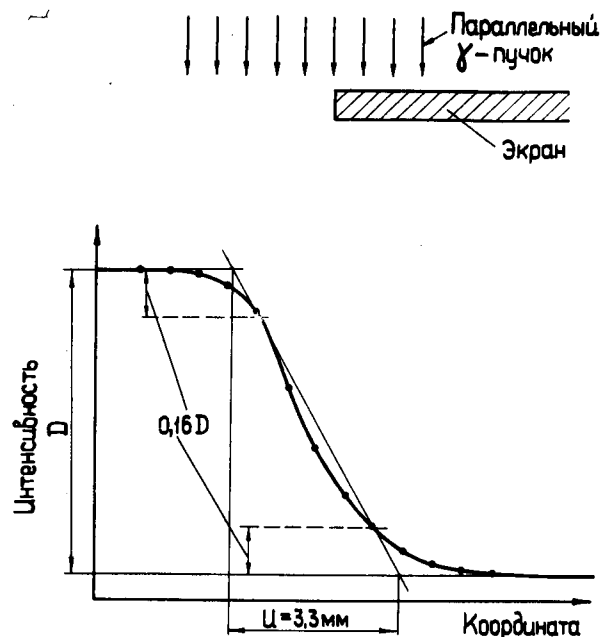


Рис. 9. Способ получения величины нерезкости камеры (U), наполненной газовой смесью $\text{Xe} + 10\% \text{C}_4\text{H}_{10} + 3\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Источник гамма-квантов - ^{241}Am .

При получении изображения от источника ^{55}Fe с помощью камеры, работающей на Ag , величина нерезкости составила 1,8 мм. Для источника ^{241}Am в случае Xe - 3,3 мм.

Модуляционная передаточная функция /6/, характеризующая способность камеры воспроизводить изображе-

ние и позволяющая оценивать качество воспроизведения мелких деталей /соответствующих высоким пространственным частотам/, показана на рис. 10. Зависимость

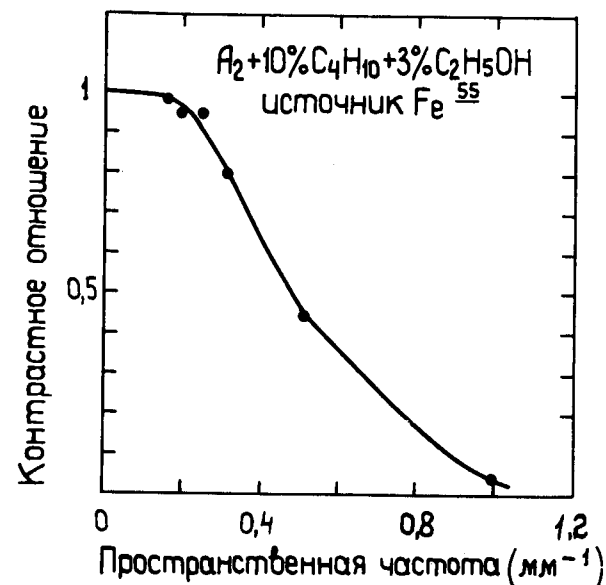


Рис. 10. Модуляционная передаточная функция пропорциональной камеры.

получена для ^{55}Fe при Ar наполнении. По оси ординат отложено контрастное отношение, по оси абсцисс - пространственная частота. Следует отметить, что при взаимодействии с ксеноном гамма-квантов с энергией 60 кэВ разрешение ухудшается из-за большой величины пробега фотоэлектронов с энергией 25 кэВ.

3.3. Результаты просвечивания объектов гамма-квантами

С помощью источника ^{55}Fe , излучающего гамма-кванты с энергией 5,9 кэВ, просвечивались объекты малой плотности. Изображение объектов выводилось на

экран осциллографа и фотографировалось фотокамерой "Полароид". ПК работала на Ag смеси. На рис. 11



Рис. 11. Изображение листа растения. Снимок с дисплея.

показан результат просвечивания листа растения /снимок с дисплея/, доза облучения составляла 2 мкР. На рис. 12 показано изображение спички, болта, гайки, помещенных в закрытую спичечную коробку /снимок с дисплея/. Информация с пропорциональной камеры при этом передавалась в ЭВМ. На рис. 13 показано изображение тех же предметов, полученное на ЭВМ и представленное с помощью печатающего устройства.

Источником ^{241}Am , испускающим гамма-кванты с энергией 60 кэВ, просвечивались объекты высокой плотности. На рис. 14 показаны изображения ключа, плашки, штепсельной вилки, помещенных в закрытую стальную коробку с толщиной стенок 0,25 мм; доза облучения составляла -30 мкР.

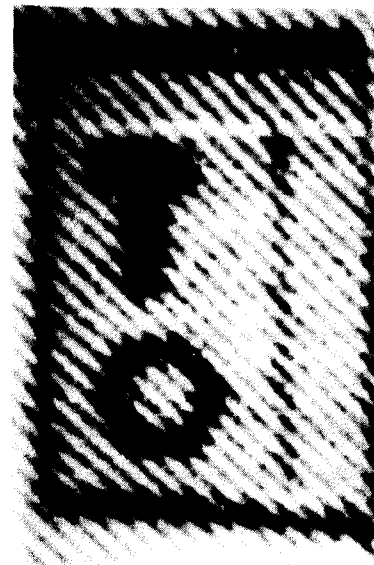


Рис. 12. Изображение предметов /спички, болта, гайки/, помещенных в закрытый спичечный коробок. Снимок с дисплея.

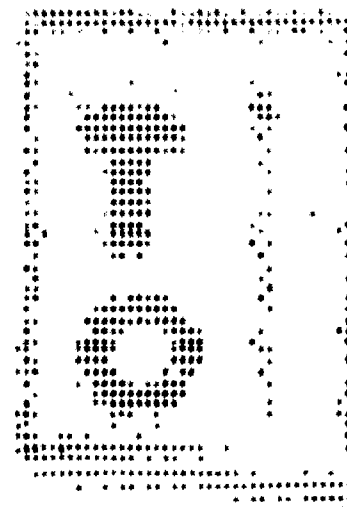


Рис. 13. Изображение предметов /спички, болта, гайки/, помещенных в закрытый спичечный коробок, полученное с помощью ЭВМ.

ботки первичного массива чисел снимался сигнал за- прета от ЭВМ и производился новый цикл ввода данных. По окончании набора статистики содержимое буфера памяти /обработанная информация/ переносилось на мини-диск.

Обработка полученной трехмерной информации $X \times Y \times Z$, где $X \times Y = 2^6 \times 2^6$ - размер буфера памяти, Z - накопленное число в ячейке $\{X_i, Y_i\}$ / производилась программами "PSTCH" и "CUT".

"PSTCH" производит вычитание фона /измерение фона должно производиться предварительно/ и формирует "негатив" отображения в памяти исследуемого объекта, обрезая задаваемый пьедестал. Это позволяет выводить на дисплей или печатающее устройство только те участки изображения, которые соответствуют заданной величине ослабления интенсивности X-лучей исследуемым объектом.

Приведенное на рис. 13 изображение предметов получено с помощью ЭВМ при образовании пьедестала на уровне 90%.

При помощи программы "PEFL" можно автоматически получить "теневое" изображение объекта на внешнем устройстве с носителем информации, позволяющим дать определенный набор степеней контрастности.

Программа "CUT" служит для детального изучения количественных характеристик сечения изображения объекта. Характер сечения задается программными параметрами $X = \text{const}$ или $Y = \text{const}$. Результат работы программы выводится в виде гистограммы.

Блок-схема программ представлена на рис. 15.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение пропорциональных камер для анализа объектов, просвечиваемых нейтральным излучением либо испускающих гамма-кванты, позволяет оперативно получать визуальное изображение исследуемых объектов при малой дозе облучения их, а также более детально изучать эти объекты с помощью ЭВМ.

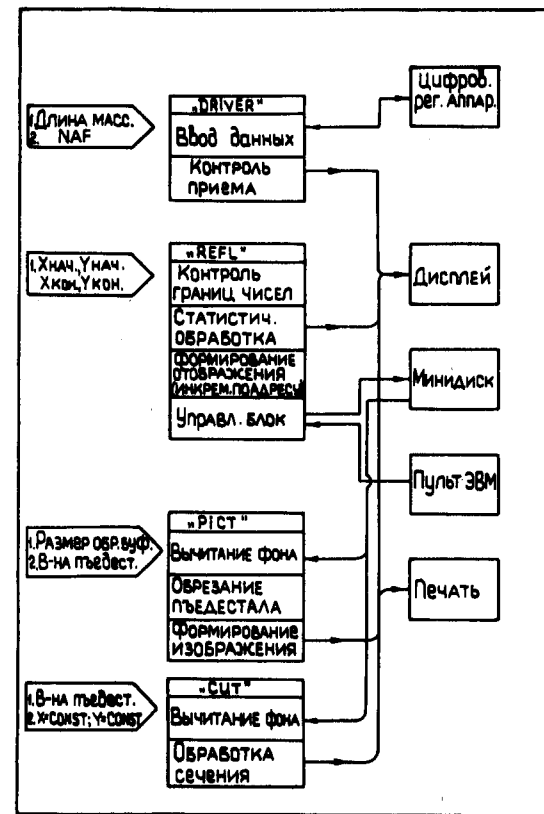


Рис. 15. Блок-схема программ для анализа просвечиваемых объектов с помощью ЭВМ.

Используя источник гамма-квантов с оптимальной энергией, можно получать теневые изображения биологических объектов $E_\gamma = 20 \div 40 \text{ кэВ}$. При более высокой энергии гамма-квантов и наличии системы коллимации на пропорциональной камере установку можно использовать для дефектоскопии с пространственным разрешением лучше 1 мм .

В заключение авторы выражают глубокую признательность проф. А.М.Балдину за большой интерес к работе, В.М.Головатюку, М.Н.Михайловой, Р.М.Базловой,

Ю.Г.Федулову, Н.П.Волкову за помощь при создании установки, П.К.Маньякову и А.Н.Парфенову за помощь в наладке стандартных электронных блоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaplan S.N. e.a. *Nucl.Instr. and Meth.*, 1973, 106, p. 397.
2. Rindi A. e.a. *Nucl.Instr. and Meth.*, 1970, 77, p. 325.
3. Chermenko S.P. e.a. *Nucl.Instr. and Meth.*, 1976, 138, p. 105.
4. Немец О.Ф., Гофман Ю.В. Справочник по ядерной физике. "Наук.думка", Киев, 1975.
5. Wapstra A.H. e.a. *Nuclear Spectroscopy Tables*. Amsterdam, 1959.
6. Klasens H.A. *Philips Res. Rep.*, 1946, 1, p. 241.
7. Моду Н.Ф. и др. *ТИИЭР*, 1970, 58, 41.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 февраля 1977 года.