

Л-38

2846/2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



25/vn-77

P11 - 10579

Ф.В.Левчановский, А.В.Никульников, В.И.Приходько

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР

НА БИСТАБИЛЬНОЙ ЗАПОМИНАЮЩЕЙ ЭЛТ

С СЕТОЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОНОСИТЕЛЕМ

Общее описание

**1977**

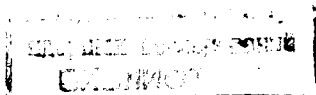
P11 - 10579

Ф.В.Левчановский, А.В.Никульников, В.И.Приходько

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР  
НА БИСТАБИЛЬНОЙ ЗАПОМИНАЮЩЕЙ ЭЛТ  
С СЕТОЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОНОСИТЕЛЕМ

Общее описание

*Направлено на IX Международный симпозиум по ядерной  
электронике /Варна, 1977/*



Графический индикатор на бистабильной запоминающей ЭЛТ с сеточным потенциалоносителем. Общее описание

Описан графический индикатор на бистабильной запоминающей ЭЛТ с сеточным потенциалоносителем. Индикатор выполнен в виде автономного прибора, включающего в себя все электронные блоки, необходимые для управления ЭЛТ, и допускает работу в нескольких режимах: осциллографическом, в котором для поддержания изображения требуется его регенерация; режиме записи и воспроизведения (изображение записывается на мишени сфокусированным лучом записывающего прожектора и воспроизводится на экране низкоэнергетичным потоком электронов воспроизводящего прожектора); режиме стирания записанного изображения; режиме курсора, в котором на фоне записанного изображения можно наблюдать положение и перемещение луча записывающего прожектора. Для автономной проверки индикатора используется встроенный тестовый генератор.

Индикатор предназначен для работы в составе графического терминала и подключается к ЭВМ через контроллер дисплея.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.  
Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Levchanovsky F.V., Nikulnikov A.V., Prikhod'ko V.I. P11 - 10579

Graphic Monitor Using Bistable Repeller Storage CRT. General Description

Graphic monitor using repeller storage CRT is described. Monitor is autonomous device with all electronics needed for CRT control. Monitor permitted to work in the following modes of operation: Non-Store Operation (storage monitor may be used as a conventional CRT display unit with an image refresh); Storage mode (image is written on the CRT target by focused beam from writing gun and reading on the screen by low energy electrons from flood gun), there are two kinds of this mode—Holding and Viewing modes; Erase mode (in this mode information previously stored on the CRT is erased); Write-Through Operation (this mode is useful when it is desirable to know the writing beam's location and movement without storage of the beam's position). The internal test generator is used. Monitor is developed for use in the graphic terminal and connected with computer via display controller.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

## 1. Введение

В настоящее время широкое распространение получили графические дисплеи на запоминающих электронно-лучевых трубках /ЗЭЛТ/. Основными достоинствами этих дисплеев являются большая информационная емкость, ограничиваемая лишь разрешающей способностью ЭЛТ, высокое качество изображения /нет мигания кадра при любом объеме выводимой на экран графической информации/ и отсутствие проблемы регенерации изображения, что освобождает ЭВМ от непроизводительных затрат оперативной памяти и машинного времени. Кроме того, при работе с дисплеями, использующими индикаторы на ЗЭЛТ, отпадает необходимость в применении быстродействующих генераторов символов, векторов и окружностей, а также сложных схем управления<sup>1/</sup>. Все это позволяет создавать компактные и дешевые дисплейные терминалы, которые могут работать как в непосредственной близости от ЭВМ, так и на значительных расстояниях от нее в диалоговом или справочном режимах, используя низкоскоростные коммутируемые телефонные или выделенные линии связи.

К недостаткам индикаторов на ЗЭЛТ следует отнести отсутствие селективного стирания отдельных фрагментов изображения, один уровень яркости линий, а также статический характер изображения /объекты на экране не могут перемещаться/. Однако для большинства случаев применения графических дисплеев эти недостатки несущественны.

Наибольшее распространение в графических индикаторах нашли бистабильные ЗЭЛТ, поскольку они обес-

печивают высокое качество изображения и длительное время его сохранения. Используются два типа бистабильных ЗЭЛТ: бессеточные и с сеточным потенциалоносителем /2,3/. Трубки второго типа по сравнению с первыми обладают более высокими яркостью свечения экрана /примерно в 5 раз/ и контрастностью изображения, но имеют несколько худшую разрешающую способность.

В данной работе рассматривается индикатор на бистабильной ЗЭЛТ с сеточным потенциалоносителем /31 ЛНЗ/, имеющей следующие параметры:

размер рабочей части экрана - 200x200 мм<sup>2</sup>;  
скорость записи линии - 4 мм/мкс;  
ширина записанной линии - 0,4 мм;  
яркость свечения  $\geq 80$  кд/м<sup>2</sup>;  
время сохранения изображения - 15 мин;  
контрастность - 10:1.

Принцип работы запоминающей ЭЛТ с сеточным потенциалоносителем. Конструктивная особенность бистабильной ЗЭЛТ с сеточным потенциалоносителем состоит в том, что на небольшом расстоянии от экрана размещается мелкоструктурная металлическая сетка, покрытая со стороны прожектора тонким слоем диэлектрика /мишень/, на который напыляется сетчатая металлическая пленка /коллектор/. Перед сеткой на колбу трубки нанесен коллимирующий электрод /КЭ/, с помощью которого осуществляется равномерное облучение электронным потоком от воспроизводящего прожектора /ВП/ всей поверхности мишени. Электронный луч записывающего прожектора /ЗП/, попадая на поверхность мишени, выбивает из диэлектрика вторичные электроны, причем энергия луча такова, что коэффициент вторичной эмиссии больше единицы. Вторичные электроны уходят на коллектор, благодаря чему на диэлектрике мишени образуется положительный относительно катода ВП потенциальный рельеф, имеющий два стабильных уровня. Такими стабильными уровнями являются потенциал, равный потенциалу катода ВП, и потенциал коллектора. Все промежуточные

уровни, созданные в процессе записи, под действием электронов ВП приводятся к одному из стабильных значений в зависимости от того, были ли они выше или ниже значения первого критического потенциала /при первом критическом потенциале коэффициент вторичной эмиссии равен единице/. Участки мишени с положительным потенциальным рельефом являются прозрачными для электронов ВП; через эти участки электроны проходят на экран. Однако наличия двух стабильных уровней еще недостаточно для сохранения записанного потенциального рельефа, так как при одновременном действии утечек на поверхности диэлектрика и облучения мишени потоком электронов ВП происходит смещение границы переходной области. Стабилизация границы осуществляется коллекторной сеткой, которая не позволяет границе смещаться за пределы одной ячейки сетки.

Записанный потенциальный рельеф стирается путем понижения потенциала коллектора до величины, несколько меньшей первого критического значения. При этом электроны ВП приводят положительный потенциал диэлектрика к уровню потенциала катода /3,4/.

При запертом ВП запоминающая ЭЛТ работает, как обычная осциллографическая трубка.

## II. Описание блок-схемы индикатора

Индикатор включает в себя следующие основные блоки: блок фокусировки и динамической фокусировки луча ЗП; блок отклонения луча ЗП и коррекции геометрических искажений; блок управления режимами работы ЗЭЛТ; тестовый генератор и блок питания индикатора. Блок-схема индикатора приведена на рис. 1.

1. Блок фокусировки и динамической фокусировки луча ЗП. Информационная емкость экрана графического индикатора, а также качество изображения зависят от многих факторов, в том числе от разрешающей способности ЭЛТ, обусловленной в первую очередь способом фокусировки и отклонения луча. В ЗЭЛТ данного типа применяется полностью электро-

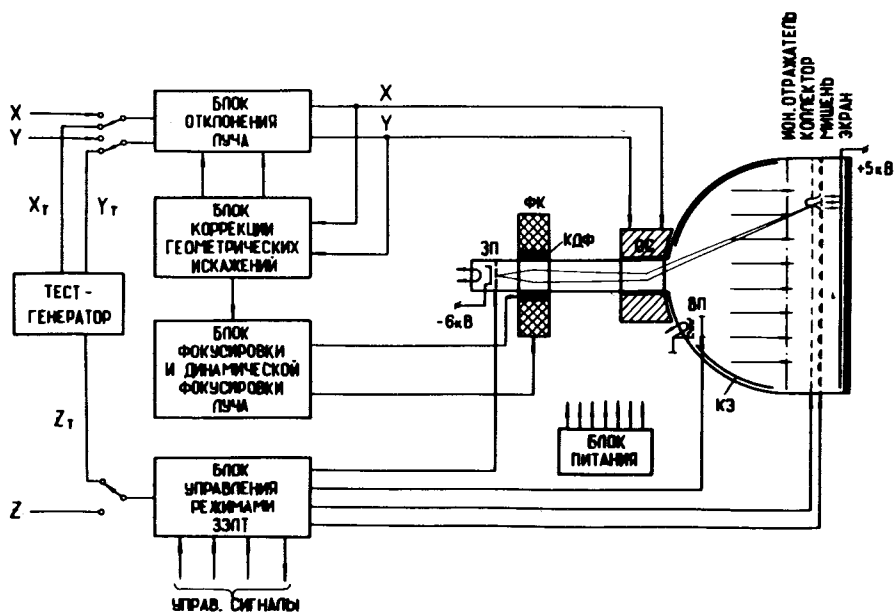


Рис. 1. Блок-схема графического индикатора.

магнитная система формирования луча, которая с точки зрения получения высокого разрешения предпочтительнее электростатической. В качестве фокусирующей катушки используется "короткая" осесимметричная магнитная линза. Для уменьшения основных видов aberrаций фокусировки ось магнитной линзы должна быть совмещена с осью электронного луча. Это достигается применением механического юстировочного приспособления, которое позволяет перемещать и наклонять магнитную линзу в любом направлении относительно горловины трубки. Для увеличения эффективности и повышения однородности фокусирующего магнитного поля катушка помещена в каркас из магнитного материала /сталь "армко"/, а намотка произведена виток к витку; количество витков - 1700. Аберрация типа "кривизна поля", ухудшающая фокусировку пятна на краях экрана, устраняется путем применения динамической фокусировки<sup>15/</sup>. Катушка динамической фокусировки

/КДФ/ размещена на одном каркасе с фокусирующей катушкой; количество витков - 180.

Фокусирующая катушка подключена к генератору постоянного тока. Ток в КДФ изменяется в соответствии с известным выражением

$$I_{д.ф.} = kI_0(x^2 + y^2),$$

где  $I_0$  - ток фокусирующей катушки;  $k$  - коэффициент  $< 1$ ;  $x, y$  - координаты положения луча.

Важным моментом является выбор оптимального расстояния между фокусирующей катушкой и электронной оптикой ЗП. Для ЗЭЛТ 31 ЛНЗ фокусирующую катушку рационально размещать как можно ближе к записывающему прожектору. При этом несколько увеличивается масштаб /линейное увеличение/ магнитооптической линзы и соответственно увеличивается размер сфокусированного в плоскости экрана пятна, но уменьшается апертура входящего в отклоняющую систему луча, что, в свою очередь, значительно уменьшает aberrации отклонения.

2. Блок отклонения луча ЗП и коррекции геометрических искажений. При выборе типа отклоняющей катушки учитывались величина ее энергетической эффективности и простота повторения электронно-оптических и электрических параметров при массовом изготовлении. С этой точки зрения выбрана катушка тороидального типа с внутренним магнитопроводом. Конструктивно она представляет собой каркас, внутри которого помещается магнитомягкий ферритовый сердечник МН2000 /МН600/. Каркас разбит на несколько секций для более точной фиксации витков обмотки. Распределение витков в секциях в зависимости от угла определяется выражением  $\Omega(\theta) = k \sin 2\theta$ , где  $\theta$  - угловая координата середины секции /  $\theta = 0 \div 45^\circ$ .

Использование указанной зависимости позволяет свести к минимуму aberrации такого типа, как астигматизм отклонения и кома, ухудшающие фокусировку луча, но приводит к увеличению дисторсии /геометрических

искажений /6/. Все эти искажения обусловлены как непараксиальностью электронного луча, так и неоднородностью отклоняющего поля и классифицируются по виду в зависимости от апертуры луча ( $\omega$ ) и угла отклонения ( $\alpha$ ). Искажения типа дисторсии пропорциональны  $a^3$  и независимы от  $\omega$ , при этом не нарушается фокусировка луча, а только искажаются геометрические характеристики изображения. Дисторсия приводит к дополнительному по отношению к расчетному отклонению луча на экране в радиальном направлении от центра на величину  $\Delta R_D = A_D \cdot a^3$ . Коэффициент дисторсии  $A_D$  может быть положительным /подушкообразные искажения/ или отрицательным /бочкообразные искажения/ и полностью определяется формой отклоняющего поля. Зависимость величины дисторсии от координаты точки записывается в следующем виде /7/:

$$\Delta x = A_1 x^3 + A_2 x y^2, \quad /1/$$

$$\Delta y = B_1 y^3 + B_2 y x^2. \quad /2/$$

В данном графическом индикаторе для устранения дисторсии используются аппаратные средства. Блок-схема усилителя отклонения луча и коррекции геометрических искажений приведена на рис. 2. Зависимости /1/ и /2/ реализованы при помощи аналоговых сумматоров и умножителей напряжения, причем схема коррекции включена в цепь общей обратной связи усилителя отклонения.

3. Управление режимами работы ЗЭЛТ. В индикаторе предусмотрены несколько режимов работы ЗЭЛТ /рис. 3/:

а/ Режим записи и воспроизведения, в котором изображение записывается на мишени сфокусированным лучом ЗП и воспроизводится на экране с полной яркостью низкоэнергетичным потоком электронов ВП. Это основной режим работы индикатора.

б/ Режим воспроизведения записанного изображения с пониженной яркостью. Используется для увеличе-

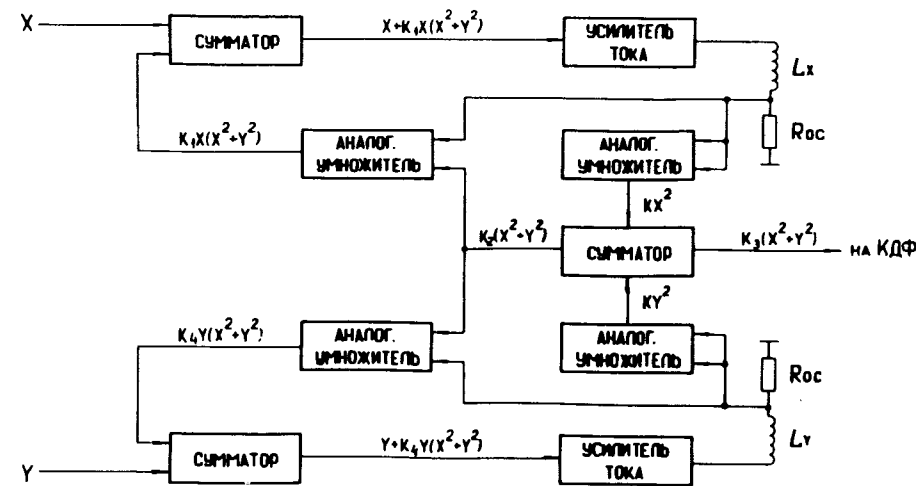


Рис. 2. Блок-схема усилителя отклонения и коррекции геометрических искажений.

ния срока службы диэлектрика мишени при длительном воспроизведении одного и того же изображения, а также для увеличения времени сохранения изображения. Данный режим осуществляется путем подачи на анод ВП запирающих импульсов со скважностью  $Q \approx 9$ . Полная яркость поддерживается в течение 1 мин после цикла записи, затем индикатор автоматически переходит в режим пониженной яркости. Режим а/ восстанавливается Z-сигналом или специальным импульсом от контроллера дисплея, а также кнопкой на лицевой панели индикатора.

в/ Режим стирания, в котором потенциальный рельеф мишени приводится к уровню катода ВП, при этом мишень подготавливается к новой записи. Этот режим устанавливается импульсом ERASE от контроллера дисплея или кнопкой на лицевой панели индикатора. Во время стирания формируется импульс "интервал стирания", запрещающий работу контроллера во избежание потери информации.

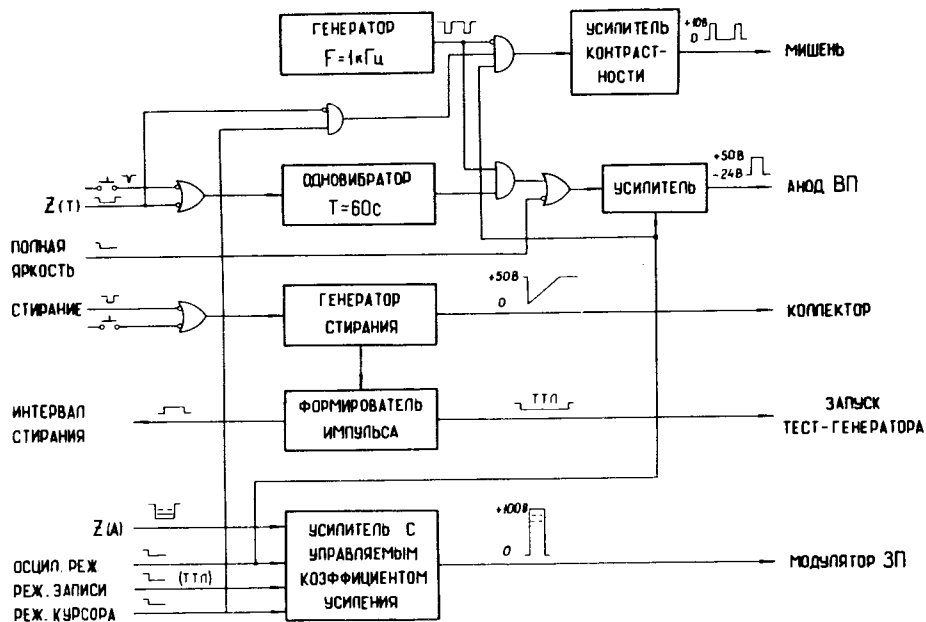


Рис. 3. Блок управления режимами ЭЛТ.

г/ Режим курсора /или электронного визира/, в котором на фоне записанного изображения можно наблюдать положение и перемещение луча ЗП без запоминания на мишени. При этом плотность тока луча ЗП такова, что образующийся на диэлектрике мишени положительный заряд не создает потенциала выше первого критического значения. В режиме курсора осуществляется ввод графической информации в ЭВМ непосредственно с экрана индикатора при помощи координатного шара или координатного рычага /8/.

д/ Осциллографический режим. В этом режиме изображение не запоминается на мишени ЭЛТ и для его поддержания требуется регенерация /воспроизводящий прожектор при этом отключается путем подачи на его анод отрицательного напряжения/.

Для повышения контрастности изображения в режиме воспроизведения на мишень трубки подаются положитель-

ные импульсы с амплитудой около 10 В. Эти импульсы уменьшают напряженность поля между мишенью и коллектором, уменьшая таким образом "прозрачность" тех участков мишени, на которых запись не производилась. Подача импульсов контрастности на мишень запрещена в осциллографическом режиме, а также в момент поступления сигнала Z.

Все указанные режимы осуществляются путем изменения напряжений на аноде ВП, модуляторе ЗП, коллекторе и мишени. Остальные электроды находятся под постоянными потенциалами, указанными в паспорте ЭЛТ.

4. Тестовый генератор. Для автономной проверки графического индикатора используется встроенный тестовый генератор /рис. 4/. Тестовое изображение представляет собой спираль с наложенной на нее высокочастотной синусоидой. Для устранения плавания высокочастотной синусоиды по спирали генератор затухающей синусоиды синхронизируется от высокочастотного генератора. Оба сигнала суммируются, затем поступают на усилители каналов X /непосредственно/ и Y /через фазо-

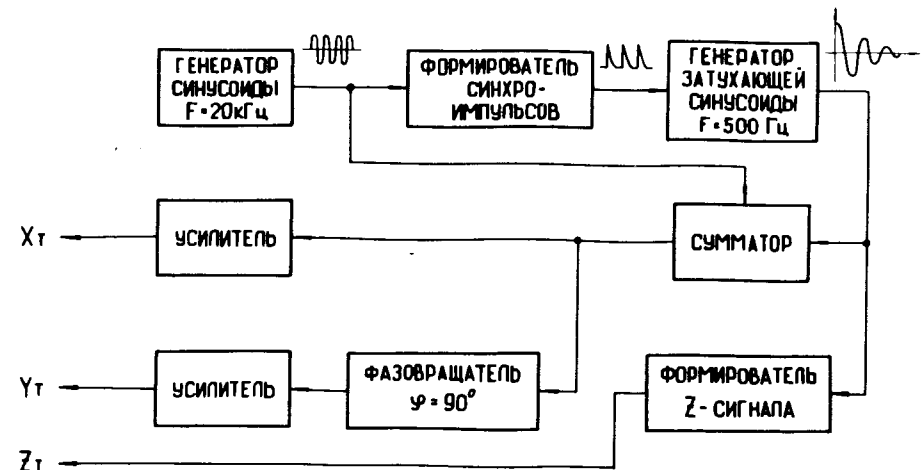


Рис. 4. Блок-схема тестового генератора.

вращатель/. Кроме того, формируется сигнал  $Z$  /в режиме записи это одиночный импульс, длительность которого равна длительности спирали, а в осциллографическом режиме - пачка таких импульсов/.

Тестовый генератор удобно использовать также при настройке индикатора: в режиме записи регулируется интенсивность луча записывающего прожектора, в осциллографическом - фокусировка луча. Коммутация режимов /работа с контроллером или с тестовым генератором/ производится при помощи клавишного переключателя.

5. Блок питания. Для питания усилителей отклонения используются нестабилизированные источники напряжения  $+24 В / I_{max} = 2,5 А /$ , к которым через стабилизаторы подключены интегральные и транзисторные схемы с питанием  $+6,3 В$  и  $+5 В$ . Генераторы тока фокусирующей катушки и катушки динамической фокусировки подключены к нестабилизированному источнику  $+50 В$ . Для питания схем, управляющих напряжениями на электродах ЗЭЛТ, используется стабилизированный источник питания  $+110 В$ . Стабилизированные высоковольтные источники  $+5 кВ$  и  $-6 кВ$  построены по схеме преобразователя напряжения с широтно-импульсной модуляцией /преобразователь работает на частоте около  $20 кГц$ /. В качестве высоковольтных трансформаторов используются стандартные телевизионные трансформаторы ТВС-110ЛА.

Индикатор на запоминающей ЭЛТ предназначен для работы с ЭВМ в составе графического терминала и подключается к ней через контроллер дисплея<sup>/9/</sup>. Входные сигналы индикатора:  $X, Y - U_{вх} = 0 \div 1 В$ ,  $R_{вх} = 75 \Omega$ ;  $Z - I_{вх} = 0 \div 10 мА$ ; управляющие сигналы - ТТЛ.

Авторы благодарят Р.П.Кухареву, В.К.Купцова, Б.И.Колесникова и Г.Н.Быкова, принимавших активное участие в изготовлении опытных образцов индикатора.

#### Литература

1. Дорух Х. и др. ОИЯИ, Р11-8494, Дубна, 1974.
2. Приходько В.И. ОИЯИ, Д10-11-8550, Дубна, 1974.
3. Котовщиков Г.С., Кондратенков В.М. Запоминающие трубки с видимым изображением. "Советское радио", М., 1970.
4. Денбновецкий С.В., Семенов Г.Ф. Запоминающие трубки в устройствах обработки информации. "Советское радио", М., 1973.
5. Бонштедт Б.Э., Маркович М.Г. Фокусировка и отклонение пучков в электронно-лучевых трубках. "Советское радио", М., 1967.
6. Глиненко К.С., Грицкив З.Д., Любинецкая Б.И. Экспериментальные исследования зависимости основных aberrаций магнитной отклоняющей системы от закона распределения ампервитков. В кн.: Тезисы Украинской республиканской конференции по электронной оптике и ее применениям. Изд. Харьковского ФТИ, Харьков, 1969.
7. Вендт Г. Zeitschrift für Physik, 1941, Bd.118; s.593.
8. Дорух Х. и др. Устройства ввода графической информации в ЭВМ с экрана дисплея на запоминающей ЭЛТ. I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике /Тезисы докладов/. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976.
9. Груша А. и др. ОИЯИ, Р11-10580, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 апреля 1977 года.