

5494/2-79



сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

29/12-79

П-303

13 - 12672

М.Петржик, В.И.Фоминых

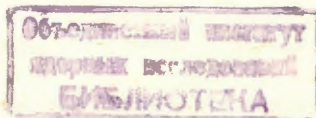
ЧАСТОТНЫЕ И ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ

1979

13 - 12672

М.Петржик, В.И.Фоминых

ЧАСТОТНЫЕ И ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ



Петржик М., Фоминых В.И.

13 - 12672

Частотные и шумовые характеристики  
зарядочувствительного предусилителя

Приводятся результаты исследований амплитудно-частотных и шумовых характеристик зарядочувствительного предусилителя с целью определения области его устойчивой работы и априорной оценки разрешающей способности до подключения к детекторам ядерного излучения. Амплитудно-частотные характеристики получались методом подачи на вход предусилителя синусоидального сигнала в области частот от 30 Гц до 30 МГц. Для получения шумовых характеристик использовался широкополосный вольтметр со среднеквадратичной шкалой и некогерентным стробированием измеряемого сигнала. В результате были найдены количественные критерии для выходных параметров предусилителя. Приводятся количественные характеристики шумов элементов предусилителя.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Petrzhak M., Fominykh V.I.

13 - 12672

Frequency and Noise Characteristics of a  
Charge Sensitive Preamplifier

The amplitude-frequency and noise characteristics of the charge sensitive preamplifier have been investigated to determine the range of its stable operation and to evaluate a priori before detectors of nuclear radiation are put in. The amplitude-frequency characteristics were obtained by inputting to the amplifier a sine signal in the frequency range from 30 Hz to 30 MHz. The noise characteristics were measured using a broad-strip voltmeter with an average square scale and incoherent strobing of a measured signal. As a result, the quantitative criteria were found for the output parameters of preamplifier. The quantitative noise characteristics of preamplifier electro-elements are presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Для проведения исследований были собраны макетные образцы предусилителей /МПУ/ по схеме /рис.1/, составленной на основе анализа ряда схемных решений и рекомендаций /1-9/.

Схема содержит относительно небольшое количество электроэлементов. Предусмотрена возможность коррекции выходных параметров. Применение только кремниевых транзисторов, а также стабилизатора в цепи питания входного полевого транзистора обеспечило высокую температурную стабильность предусилителя.

В качестве основных критериев оценки свойств предусилителей были выбраны: а/ зависимость коэффициента усиления от частоты синусоидального сигнала, по которой можно судить об устойчивости работы усилителя, и б/ зависимость уровня шумов от величины емкости конденсатора, подключенного ко входу предусилителя, позволяющая оценить ожидаемое разрешение при использовании конкретного детектора. Нормали для количественных значений выбранных критериев были получены путем усреднения результатов измерений на трех оригинальных образцах предусилителей М970- CANBERRA /2 шт/ и ORTEC -120-3 /1шт/.

Для снятия частотных характеристик использовались 2 генератора и 2 милливольтметра переменного тока. Первый генератор для диапазона частот  $0,030 \div 150$  кГц собран по схеме, приведенной в /10/; в качестве второго генератора сигналов в диапазоне частот  $0,1 \div 35$  МГц использовался генератор типа Г4-18А. Измерение напряжений выходных сигналов в низкочастотном диапазоне проводилось милливольтметром, схема которого описана в /11/; для измерения высокочастотных сигналов использовался вольтметр типа BSV-1624 с полосой пропускания от 10 кГц до 1 ГГц и максимальной чувствительностью 10 мВ на шкалу /прибор работает по принципу некогерентного стробирования входного сигнала/. Соединение генератора с предусилителем осуществлялось через согласующее переходное устройство.

На рис.2 приведены частотные характеристики предусилителей.



Кривая 1 относится к предусилителям М970 и ORTEC-120; частотные характеристики трех МПУ соответствуют кривым 2,3,4; кривая 5 относится к предусилителю типа П213, разработанному в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ<sup>7/</sup> /этот предусилитель имеет дополнительный выход временных сигналов/.

Измерение шумов проводилось по методике, применяемой фирмой ORTEC при аттестации предусилителей<sup>8/</sup>. Сигнал от генератора с ртутным реле, имеющий фронт нарастания 15-20 нс и медленный спад, подается на вход предусилителя через конденсатор емкостью 0,5 пф. По известной чувствительности предусилителя устанавливается соответствие амплитуды выходного сигнала эквивалентному значению заряда на выходе генератора.

Выход предусилителя подключается ко входу линейного усилителя, где устанавливаются постоянные формирования, равные 2 мкс /однополярный импульс/, и усиление, обеспечивающее на выходе амплитуду сигнала, равную  $\approx 4,5В$ .

К выходу линейного усилителя подключается широкополосный вольтметр со среднеквадратичной шкалой - RMS-вольтметр. После выключения генератора снимаются показания RMS-вольтметра, и окончательное значение шума предусилителя определяется по формуле:

$$^{1/2}\Delta \text{ (кэВ)} = 2,35 \frac{E_i}{V_i} V_{RMS};$$

где  $E_i$  - заряд, подаваемый на вход предусилителя, в кэВ /в нашем случае 40 кэВ/;  $V_i$  - амплитуда сигнала на выходе линейного усилителя при подаче заряда  $E_i$  /в нашем случае 5,0 В/;  $V_{RMS}$  - показания RMS-вольтметра.

На рис. 3 приведены зависимости шумов предусилителей при разных емкостях конденсаторов, подключаемых ко входу.

Кривая 1 получена при работе с предусилителем М970 без каких-либо его изменений. Кривая 2 соответствует тому же предусилителю, но с заменой входного полевого транзистора /ПТ/ на ПТ № 33, характеристики которого приведены на рис. 5.

Кривые 3,4,5 получены при работе двух МПУ и П213 с полевым транзистором № 33.

Как видно, частотные и шумовые характеристики МПУ подобны характеристикам М970. Повышенные значения шумовых свойств при измерениях с ПТ № 33 на входе обусловлены, по-видимому, дополнительным вкладом шумов ПТ, сопротивлений в цепях обратной связи и нагрузки, а также значительными размерами переходного конденсатора.

Дальнейшие исследования зависимости шумов от различных элементов проводились в схеме МПУ.

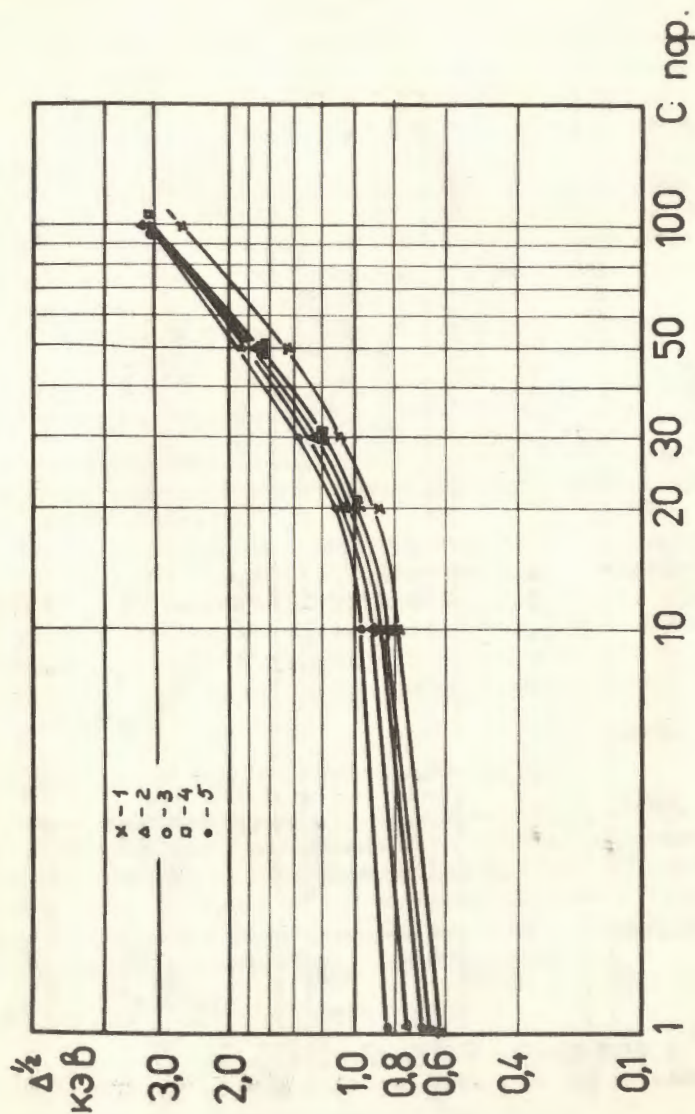


Рис. 3. Зависимость шума предусилителей от величины емкости конденсатора на входе. 1 - М970; 2 - МПУ № 2; 3 - М970, 4 - МПУ № 3; 5 - П213; кривые 2 ÷ 5 соответствуют предусилителям с одним полевым транзистором на входе.

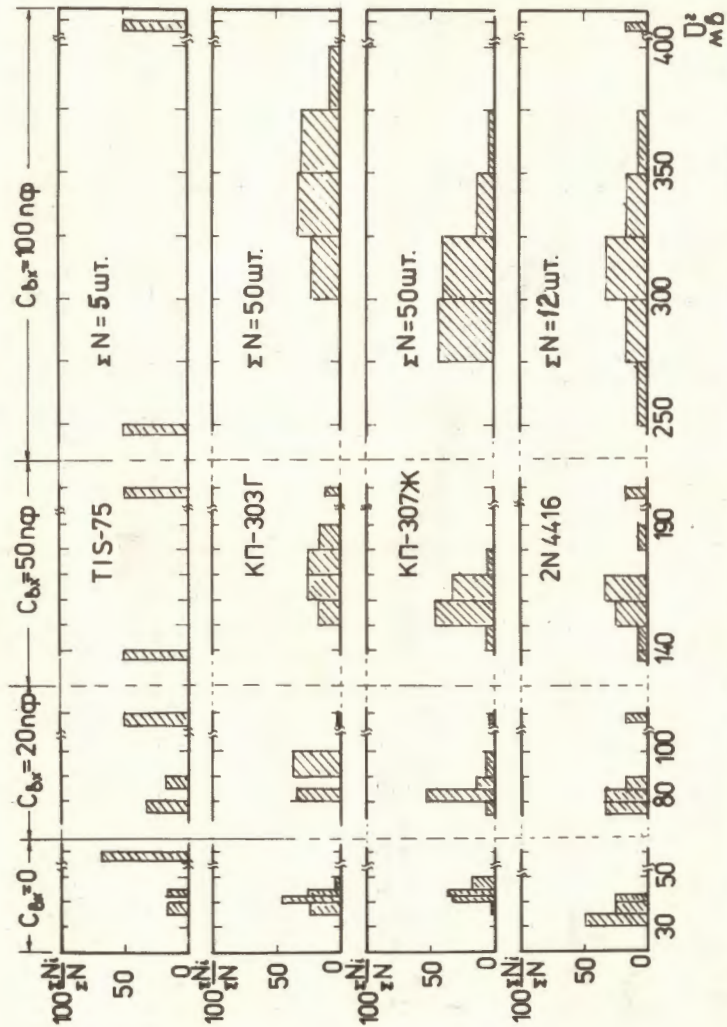


Рис. 4. Распределение полевых транзисторов разных типов по шумовым свойствам при разных значениях емкости конденсатора на входе предусилителя.

## ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ ДЛЯ ВХОДНОГО КАСКАДА

У всех полевых транзисторов измерялись статические параметры:  $I_{с нач}$  - начальный ток стока и  $S$  - крутизна. После их включения в схему МПУ устанавливался режим по постоянному току: напряжение на стоке  $+4,5 \pm 0,2$  В и напряжение на затворе  $-0,5 \pm 0,1$  В.

На рис.4 даются распределения полевых транзисторов по шумовым свойствам при различных значениях емкостей конденсаторов на входе предусилителя. Измерялись транзисторы типов КП303Г /50 шт/, КП307Ж /50 шт/, 2N4416 /12 шт/ и TIS -75 /5 шт/. На рис.5 в качестве примера приведены результаты измерений шумов некоторых полевых транзисторов.

Как видно, для эффективного использования ПТ целесообразно проводить их отбор с учетом электрической емкости конкретного детектора.

## СОПРОТИВЛЕНИЯ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ

Шум сопротивлений измерялся в схеме МПУ посредством включения их в цепь обратной связи. Сопротивление нагрузки при этом отключалось.

На рис.6 приведены характеристики шумов отечественных сопротивлений типа КВМ, ОС и сопротивлений зарубежных фирм типа HR -600, KEWEX, VICTORIA, MOD-102, MOD-104.

Представляется возможным использовать отечественные сопротивления типа КВМ в цепи обратной связи /с номинальным значением  $4,7$  ГОм/ и в цепи нагрузки /с номинальным значением  $4,7 \div 10$  ГОм/.

## РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Нами использовались отечественные конденсаторы типа К15-3 х6,3 кВ, предварительно промытые в спирте, выдержанные в вакуумной камере при температуре  $\pm(50 \div 70)^\circ\text{C}$  в течение  $8 \div 10$  часов и сразу же после этого покрытые парафином типа Т-100 /ЧССР/. При подаче напряжения смещения до 3 кВ не замечалось изменений выходных параметров предусилителей.

## ЭЛЕКТРОЭЛЕМЕНТЫ ПОСЛЕДУЮЩИХ КАСКАДОВ

В схеме МПУ применялись сопротивления МЛТ-0,5; МОН-0,5 с отклонением от номинальных значений  $\pm 5\%$  и  $\pm 1\%$  соответственно; электролитические конденсаторы типа К-53.

Все транзисторы проходили контроль по  $\beta$  и отбор по шумовым свойствам посредством включения в схему, приведенную на рис.7<sup>12/</sup>.

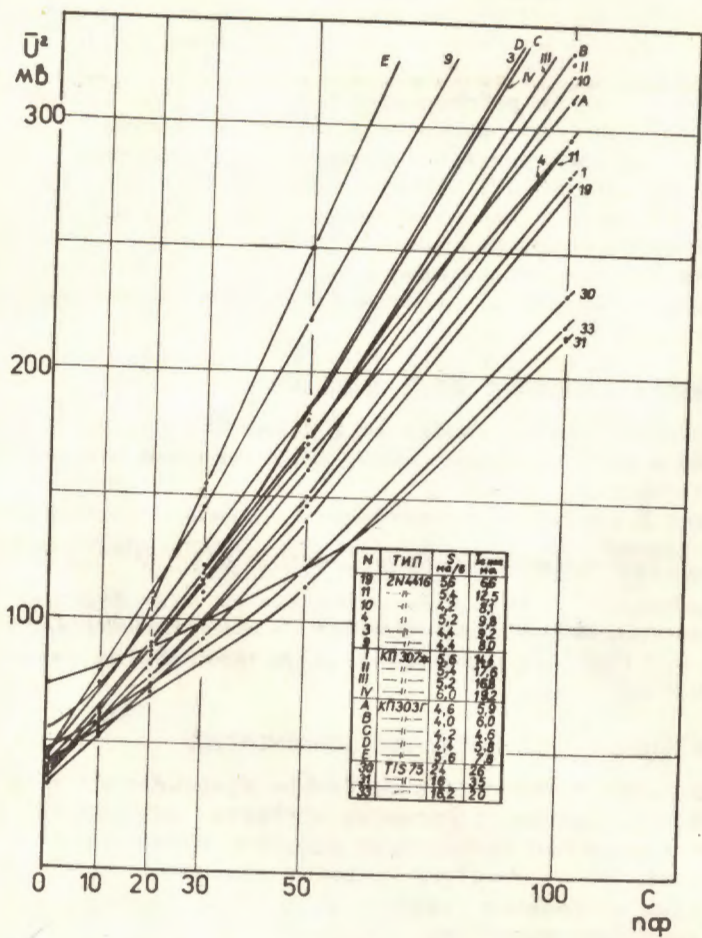


Рис. 5. Зависимость шума полевых транзисторов, измеренного в схеме МПУ, при разных значениях емкости конденсатора на входе предусилителя.

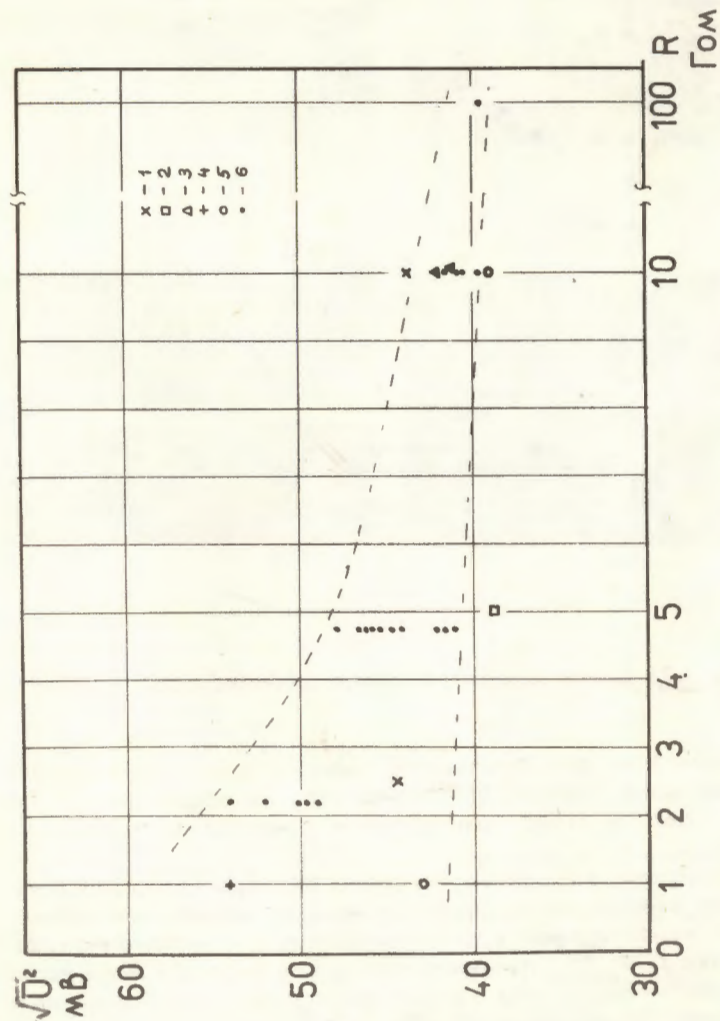


Рис. 6. Шумы сопротивлений разных типов и номиналов. 1 - VICTORIA, 2 - KEWEX; 3 - MOD 102; 4 - OC; 5 - HR-600; 6 - KBM.

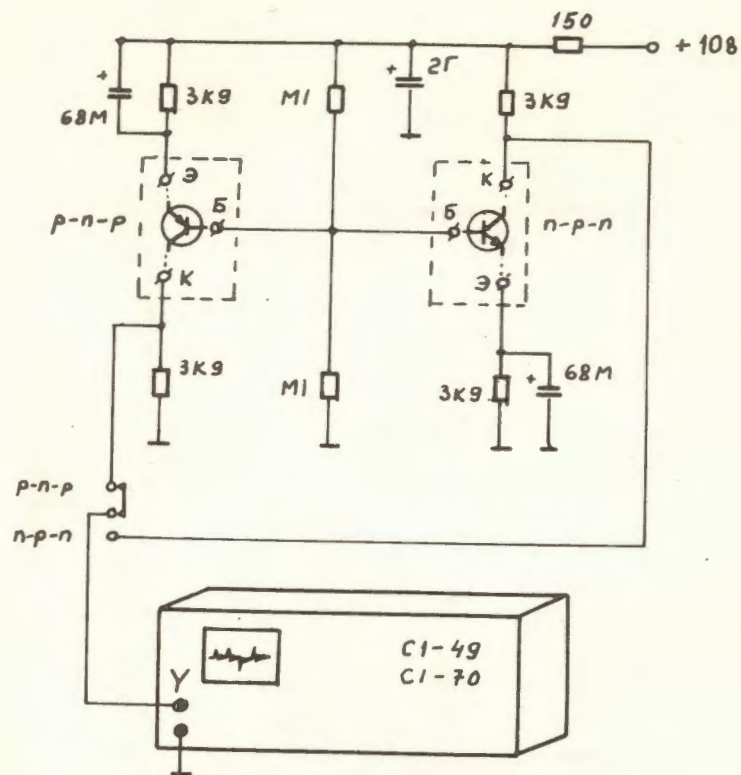


Рис. 7. Схема измерения шумов транзисторов.

Для примера на рис.8 показаны осциллограммы шумов некоторых транзисторов типа КТ306Г. Очевидно, не представляет затруднений сделать отбор транзисторов с минимальными значениями шумов.

Предусилители, собранные по схеме рис.1, с предварительным отбором элементов в соответствии с предложенными рекомендациями использовались длительное время в экспериментах на установке СПИН<sup>18</sup> при измерениях  $\gamma$ -спектров. Была установлена идентичность результатов измерений, полученных при использовании предусилителей МПУ и М970, как по разрешающей способности, так и по стабильности.

Авторы выражают благодарность В.М.Цупко-Ситникову, М.Фингеру за постоянное внимание к данной работе и И.Н.Егошину, Б.А.Аликову, Ф.Пражаку за помощь.

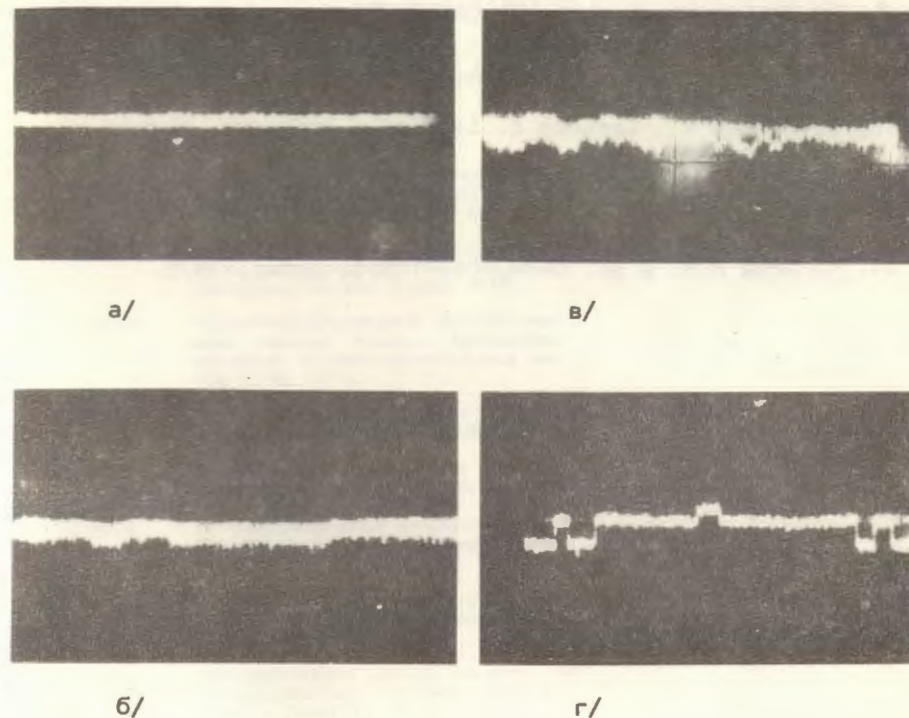


Рис. 8. Осциллограммы шумов транзисторов типа КТ306Г.  
/Масштаб по оси X - 1 мс/дел; по оси Y - 5 мВ/дел./

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Джиллеспи А.Б. Сигнал, шум и разрешающая способность усилителей. Атомиздат, М., 1964.
2. Акимов Ю.К. и др. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение. Атомиздат, М., 1967.
3. Калинин А.И., Шейко В.Д. ОИЯИ, 2357, Дубна, 1965.
4. Субботин В.Г., Фефилов Б.В. ОИЯИ, 13-3111, Дубна, 1967.
5. Берлович Э.Е. и др. Препринт ЛИЯФ № 57, Ленинград, 1973.
6. Зубарева А.М. и др. ОИЯИ, Р13-10430, Дубна, 1977.
7. Akimov Yu.K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1972, 104, p.581.



8. Preamplifiers Series 120-ORTEC, Operating and Service Manual.
9. Preamplifiers Series M-970 CANBERRA, Operating and Service Manual.
10. Syrovatko R., Cernoch B. Zapojem s integrov. obvody. SNTL - PRAHA - 1976.
11. Kryska L. AR-B6/77, с.217. Magnet - PRAHA.
12. Blaha E., Havlik L., Stach J. Merem polovod soucartek. SNTL - PRAHA - 1977.
13. Громова И.И. и др. ОИЯИ, P13-11363, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 июля 1979 года.