

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

13-86-106

В.Н.Замрий, А.Б.Роганов

**БЛОКИ НОРМИРУЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ НИЗКОГО УРОВНЯ**

**1986**

Для многоканальных систем измерения статических и динамических параметров экспериментально-физических установок, измерительные каналы которых подвергаются интенсивному воздействию электрических помех, созданы помехоустойчивые базовые комплекты измерительных блоков КАМАК/1-3/ на основе 12-разрядных аналого-цифровых преобразователей /АЦП/ и мультиплексоров аналоговых сигналов низкого и высокого уровней /МСНУ и МСВУ/, с изолированными дифференциальными и "заземленными" каналами. Функционально дополняют и расширяют их возможности разработанные программно-управляемые в стандарте КАМАК блоки нормирующих преобразователей /НП/ и группового нормирующего преобразователя /ГНП/ аналоговых сигналов низкого уровня /СНУ/, включаемые в измерительные каналы, к выходам датчиков и мультиплексора /например, перед МСВУ и после МСНУ/. Блоки НП измерительных каналов и ГНП позволяют привести сигналы датчиков /термоэлектрических, терморезистивных и других датчиков СНУ/ к уровню измеряемого сигнала /входного сигнала АЦП/, отделить измеряемый сигнал от наложенных на него больших синфазных напряжений /постоянного или переменного тока/ и дифференциальной основной помехи /50 Гц/, обеспечить необходимую изоляцию между входом и выходом /для гальванического разделения контуров токов помех/.

Основой блоков НП и ГНП может быть измерительный усилитель /ИУ/, который, в отличие от операционного усилителя /ОУ/, имеет встроенные цепи обратной связи, обеспечивающие нормированный с заданной погрешностью коэффициент преобразования, и дифференциальный вход, необходимый для подключения к датчикам измерительных каналов/4/. Современные ИУ характеризуются малыми смещениями нулевого уровня / $10 \div 100$ / мкВ, температурным дрейфом / $1 \div 10$ / мкВ/°С, входными токами / $1 \div 10$ / нА. Требования эффективного подавления синфазных помех / $80 \div 100$ / дБ и гальванического разделения, изоляции / $10^7 \div 10^{10}$ / Ом приводят к усложнениям конструкции, изготовления, настройки блоков и к дополнительной нелинейности коэффициента преобразования при использовании модуляции и демодуляции сигналов. К блокам, предназначенным для применения в автоматизированных системах с большим числом каналов СНУ, предъявляются повышенные требования технологичности и надежности конструкции, упрощения изготовления и настройки, возможности программируемого управления режимами преобразования сигналов, измерения и коррекции погрешностей большого числа НП.

Проведенные исследования показали целесообразность построения блоков НП и ГНП на основе измерительного усилителя, кон-

структивной особенностью которого является использование интегральной гибридной схемы /на одной подложке ИС размещены интегральные ОУ и пленочные резисторы//5/. Малые габариты и функциональная завершенность такого ИУ, согласованность по величине и знаку температурных характеристик резисторов, возможность функциональной подгонки соответственно улучшают условия экранировки и уменьшения контурных связей электромагнитных помех, температурную стабильность и точность преобразования. Это позволило выполнить технологичные блоки ГНП и НП /для 1, 2 и 4 измерительных каналов/ в виде стандартных модулей КАМАК минимальной ширины /1М/, а также обеспечить воспроизводимость, повторяемость и стабильность характеристик каждого канала на уровне основной погрешности 0,1%.

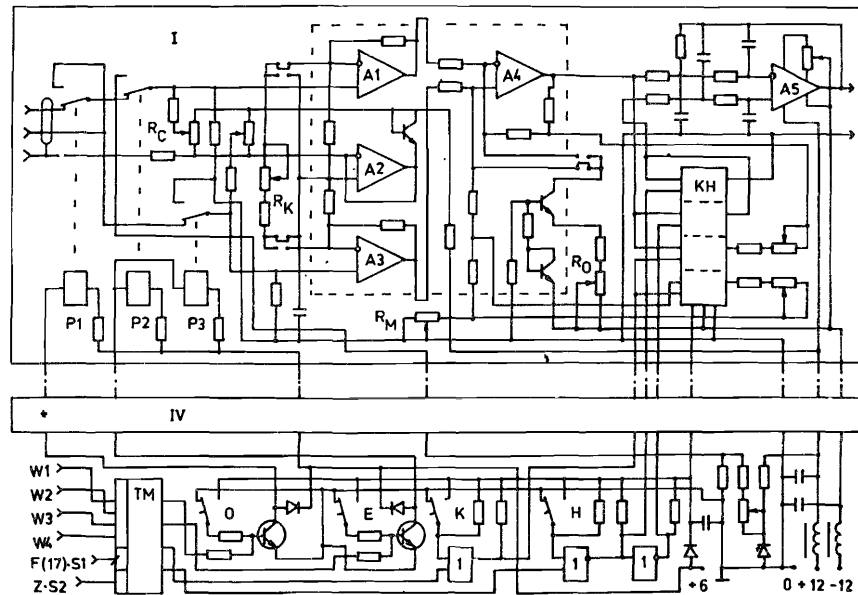


Рис. 1

Схема блока НП-4 показана на рис.1 в несколько упрощенном виде. Каждый из четырех НП измерительных каналов /I÷IV/ построен на основе ИУ, выполненного по схеме инструментального усилителя/4-6/. Дифференциальный буферный каскад /A1, A2/ обеспечивает большое входное сопротивление, коэффициент усиления 10 для разностных сигналов и 1 - для синфазных напряжений, а последующий каскад /A4/ - коэффициент усиления разностных сигналов 10, с возможностью уменьшения его до 1, и эффективное по-

давление синфазных напряжений /с выходов A1, A3/ при хорошо сбалансированной мостовой схеме /возможна функциональная подгонка по максимуму коэффициента подавления синфазной помехи  $K_C$ /. Выход повторителя /A2/ входного синфазного напряжения, поступающего со средней точки буферного каскада, подключен к "изолированному" экрану входного кабеля для уменьшения его влияния на снижение  $K_C$ , для защиты входа.

В схеме каждого НП предусматривается точная подстройка коэффициента усиления  $K = 100$  - резистором  $R_K = 7 \div 12$  кОм и балансировка моста - резистором  $R_M = 0 \div 1$  кОм. Для компенсации напряжения смещения нулевого уровня к одному из входов A4 подключен термокомпенсированный генератор тока, величина которого устанавливается резистором  $R_0 = 70 \div 120$  кОм. Регулируемые резисторами  $R_C = 6,8$  кОм напряжения смещения /с термочувствительного стабилизатора, относительно напряжения средней точки буферного каскада/ и токозадающие резисторы  $\sim 1$  Мом обеспечивают компенсацию входных токов A1 и A3. Входные шины A1 и A3 привязаны к шине базового потенциала через резисторы  $\sim 1 \div 10$  Мом, определяющие пути для разностных входных токов при различных температурных режимах.

Включение реле P1 либо P2, P3 обеспечивает перевод схемы НП из режима преобразования входного сигнала в режимы коррекции "нуля" /"установка 0"/ либо коэффициента преобразования /"калибровка E"/ соответственно по уровням выходного напряжения 0 либо  $E = 2000$  мВ. Разностное напряжение между входами A1 и A3 будет при этом задано равным 0 либо  $E/K = 20$  мВ с достаточно малой погрешностью только в том случае, если соответствующие входные шины и контактные группы реле полностью удовлетворяют высоким требованиям изоляции, предельно малых контактных разностей потенциалов и термоЭДС. В блоке применены стандартные реле типа РЭС-55А с магнито-управляемыми контактами /их экраны целесообразно соединить с выходом A2/. Для уменьшения влияния включения реле ток их катушек ограничивается дополнительными резисторами, а корпуса всех трех реле окружены массивным радиатором. Эти меры, а также дополнительный отвод тепла от вывода замыкаемого контакта на экран и корпус реле через керамический конденсатор позволили значительно уменьшить, практически - исключить влияние реле на характеристики погрешности НП. Например, после включения реле P1 выходное напряжение НП начинает медленно меняться и устанавливается в пределах от 0,1 до 0,5 мВ, что соответствует приведенному ко входу смещению нулевого уровня на 1-5 мкВ.

Введенный в схему НП выходной каскад /A5/ - коммутируемый инвертор и активный фильтр низкой частоты - выполнен на ОУ типа К140УД6. Его полоса пропускания, например, от 0 до  $5 \div 20$  Гц на уровне 0,7 АЧХ фильтра с характеристикой Беттерворта, определяет динамические характеристики и погрешности НП. Если в схеме фильтра с резисторами 20 кОм установлены конденсато-

ры 1 и 0,33 мкФ в цепях входа и обратной связи А5, частота среза ~10 Гц, спад частотной характеристики 12 дБ на октаву и подавление дифференциальной помехи 50 Гц достигает 30 дБ.

С целью инверсии знака и выбора величины коэффициента усиления  $K < 100$  применены аналоговые ключи /КН/ с гальванически развязанными цепями коммутации и КМОП-схемами управления /ИС типа К590КН2/. Первые два ключа обеспечивают переключение цепи неинвертирующего входа А5 /ее сопротивления и емкости удовлетворяют условиям симметрии параметров входных цепей ОУ и заданным параметрам фильтра/ с общей шины на выход А4. При замыкании двух других ключей шунтируются цепи входа и обратной связи А4, причем сопротивление замкнутого ключа и последовательно соединенных резисторов определяют величину  $K$ , устанавливаемую в пределах  $10 \div 100$ .

Общая схема управления НР-4 содержит логические элементы для дешифрации поступающих по магистрали КАМАК команд сброса /Z·S2/ и записи (N·A(0)·F(17)·S1) управляющих кодов (W1÷W4) в статусный регистр (ТМ). Выходные сигналы ТМ управляют состоянием реле и аналоговых ключей через транзисторы и элементы ИЛИ, но при этом переключатели ручного управления /0, Е, К, Н/ должны быть сброшены в исходное состояние. С их помощью можно переключать режимы коррекции 0, Е и преобразования, величины коэффициентов К и знак Н. Логическая схема управления предельно минимизирована с целью необходимой экономии занимаемого места в блоке.

Схема блока выполнена с использованием 12 аналоговых и 7 цифровых ИС /типа К155ТМ8, ЛА1, ЛА2, ЛА3, ЛА8, ЛН1/, 2 транзисторов КТ603Б, стабильных постоянных и переменных резисторов /С2-29В, СП5-2, СП5-15/ и стабилитрона Д818Е. На передней панели блока размещены входные и выходной разъемы /РС-4А и РП15-9/, резисторы установки "0" и переключатели ручного управления. Блок целесообразно применять в составе крейта КАМАК, имеющего стабильные источники +12 В /0,1 А/ и -12 В /0,1 А/ с необходимым ослаблением помех, проникающих через цепи питания с заземленной шиной, или более эффективные изолированные источники на основе импульсных преобразователей напряжения и разделительного трансформатора с малой проходной емкостью.

Одноканальный блок ГНП /рис.2/ свободен от некоторых ограничений НР-4 прежде всего благодаря применению встроенных изолированных источников напряжения и более сложного независимого ручного или программного управления с расширенными возможностями.

В схеме преобразователя ГНП предусмотрен выбор, помимо основного коэффициента  $K = 100$ , еще двух значений  $K = 50$  и  $K = 25$ . При замыкании двух первых либо двух других аналоговых ключей КН подключаются пары шунтирующих резисторов 14,3 либо 3,5 кОм /подбираемые с учетом сопротивления замкнутых ключей ~100 Ом и допустимых погрешностей величин  $K$  и  $K_C$ /.

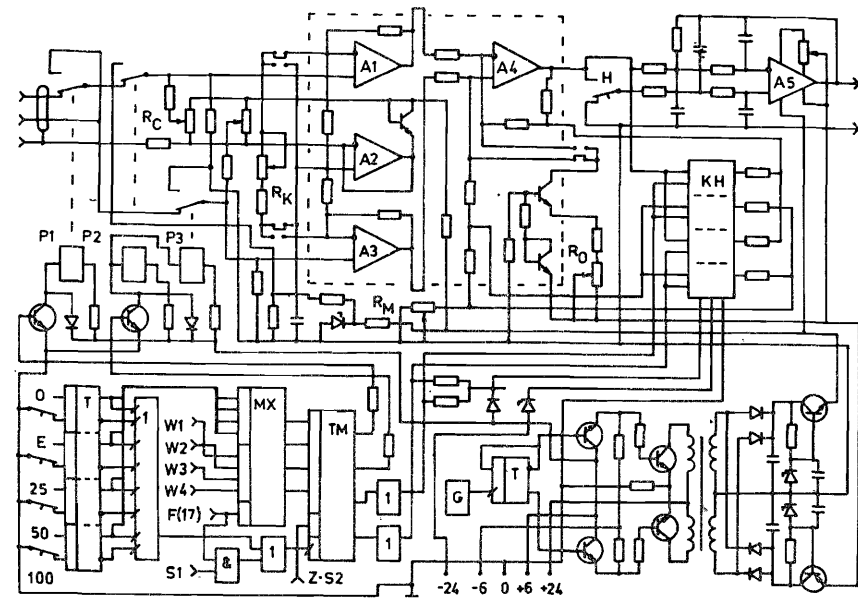


Рис.2

Схема управления ГНП обеспечивает выбор режимов без предварительного сброса регистра или переключателей. Регистр ТМ дополнен входным коммутатором /МХ/ типа К155ЛР1. Коммутатор МХ переключается на время цикла команды записи, и поступающие коды статуса записываются в регистр с приходом их строба /S1/. При отсутствии команд КАМАК в регистр ТМ можно записывать выходные коды 4 триггеров /Т/ после каждого изменения их состояния переключателями ручного управления /0, Е, 25, 50/. Импульсы записи формируются и поступают через схемы ИЛИ с 8 входными формирователями на элементах К155ЛА3, ЛА2. Режим инверсии знака устанавливается отдельным переключателем /Н/.

Схема встроенных источников питания содержит генератор /G/ периодически следующих импульсов, триггер /Т/ - делитель частоты и формирователь меандра ~5 кГц, транзисторные ключи с трансформаторной нагрузкой и стабилизаторы напряжения +12 В, -12 В с изолированным выходом. Разделительный трансформатор выполнен на ферритовом кольце 17x8x5 мм, проводом ПЭЛШО 0,1, 100+100: 80+80 витков, с малой емкостью между обмотками.

В схеме ГНП используется 3 аналоговых и 17 цифровых ИС, 8 транзисторов и 4 стабилитрона.

Блок НР-2 является промежуточным вариантом: два НР измерительных каналов выполнены по схеме рис.1, а общее управление - независимое, аналогично схеме рис.2.

Основные отличия созданных блоков следующие:

- Блок НП-4 - четырехканальный, имеет дифференциальный изолированный вход, защиту входа, выходной каскад с активным фильтром, 7 режимов работы /преобразование, коррекция "0" и "Е", 2 значения К, инверсия знака Н/, управление режимами ручное либо по командам КАМАК;

- Блок НП-2, в отличие от предыдущего, - двухканальный, управление ручное или по командам КАМАК, независимое;

- Блок ГНП - одноканальный, имеет 8 режимов работы /три значения К/, встроенные источники питания с изолированным выходом.

Основные метрологические характеристики НП находятся на современном уровне:

Напряжение смещения нулевого уровня, мкВ	- 10±100
Температурный дрейф напряжения смещения, мкВ/°С	- 5
Входной ток, нА	- 1±10
Входное сопротивление, МОм	- 1±10
Коэффициент усиления /с погрешностью 0,05%/	- 100
Нестабильность коэффициента усиления, %/°С	- 0,02
Максимальное выходное напряжение, В	- +10
Подавление синфазной помехи /+5 В/, дБ	- 100
Подавление дифференциальной помехи /50 Гц/, дБ	- 30.

Погрешности нелинейности преобразования менее 0,02%, для входных сигналов от 10 до 90 мВ и остаются ниже относительной погрешности 0,1% практически для всего рабочего диапазона сигналов +/0±100/ мВ после выполнения настройки НП /точной установки "0" с компенсацией напряжений смещения нулевого уровня и входных токов, точной подстройки коэффициента К и балансировки моста/ и внесения при необходимости /в ходе измерений/ корректирующих медленных дрейфов поправок, получаемых в режимах коррекции 0 и Е.

Для блока ГНП подавление синфазных напряжений больше 110-120 дБ, а реализуемое ослабление дифференциальной помехи обусловлено дополнительными требованиями к его динамическим характеристикам. Так, в ГНП с фильтром, настроенным на номинальное подавление помехи 50 Гц, после коммутирования входного сигнала мультиплексором уровень выходного напряжения с погрешностью 0,1% устанавливается в течение ~330 мс. Повышая частоту среза 10 Гц и одновременно уменьшая подавление помехи 30 дБ в допустимых пределах, например, в 2 раза, можно соответственно уменьшить время установления, а отключив конденсаторы фильтра, - сократить это время до 50 мкс. Следовательно, при применении ГНП с активным фильтром частота коммутирования и изменения сигналов до ~3÷6 с<sup>-1</sup>, ГНП без такого фильтра - ~10<sup>2</sup> и 10<sup>4</sup> с<sup>-1</sup>, при использовании мультиплексоров МСНУ и МСВУ с АЦП-12. В последнем случае ГНП обеспечивает необходимые величины коэффициентов К и К<sub>с</sub>, а ослабление дифференциальных помех возможно в блоках НП и фильтрах, включаемых в измеритель-

ные каналы до мультиплексоров. При учете допустимых в измерительных каналах динамических погрешностей оказываются целесообразными дифференциация типовых динамических характеристик блоков НП и ГНП, разграничение и распределение задач применения.

Созданные наборы блоков прошли длительные испытания, в частности, в составе автоматизированных систем на базе микроЭВМ, с целью обеспечения измерений групп аналоговых параметров /температура, вакуум, расход и др./ установки для поляризационного анализа УХН/7/ и реактора ИБР-30/8/, а также сигналов тока фокусировки пучка ускорителя ЛИУ-30/9/. Характеристики блоков НП и ГНП позволяют расширить их применение в модульных многоканальных прецизионных системах измерения параметров экспериментально-физических, базовых установок, работающих в условиях интенсивных электрических помех.

Изготовление блоков НП-4 освоено Опытным производством ОИЯИ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев В.А. и др. ОИЯИ, 10-11926, Дубна, 1978.
2. Замрий В.Н. ОИЯИ, 10-12041, Дубна, 1978.
3. Замрий В.Н. В кн.: XI Международный симпозиум по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-84-53, Дубна, 1984, с.142.
4. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. "Мир", М., 1985, с.388.
5. Гуляев В.А. и др. В кн.: Тезисы Первого всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Изд. "Дониш", Душанбе, 1980, с.143.
6. Гуляев В.А. и др. Препринт ФЭИ-937, Обнинск, 1979.
7. Елизаров О.И. и др. ОИЯИ, Р13-85-752, Дубна, 1985.
8. Денисов В.Д. и др. ОИЯИ, 13-84-275, Дубна, 1984.
9. Журавлев В.В. и др. ОИЯИ, 9-82-423, Дубна, 1982; в кн.: Труды VIII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1983, т.2, с.312.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 февраля 1986 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Замрий В.Н., Роганов А.Б. 13-86-106  
Блоки нормирующих преобразователей аналоговых сигналов низкого уровня

Разработаны программно-управляемые блоки многоканальных нормирующих преобразователей /НП/ и группового нормирующего преобразователя /ГНП/, подключаемые к датчикам и мультиплексору аналоговых сигналов низкого уровня. Модули НП и ГНП, выполненные в минимальном конструктиве КАМАК, имеют следующие отличия: НП-4 - четырехканальный, с дифференциальным изолированным входом, 7-мью режимами работы /преобразование, коррекция  $10^0$  и коэффициента усиления K, 2 значения K =  $10 \div 100$ , инверсия знака/, управление режимами по командам КАМАК, либо ручное; НП-2 - двухканальный, управление по командам или ручное независимое; ГНП - одноканальный, 8 режимов работы, изолированные источники питания. Погрешности преобразования 0,1 % для сигналов  $\pm 0 \div 100$  мВ, при входных сопротивлениях -  $1 \div 10$  МОм и токах  $1 \div 10$  нА, смещении нулевого уровня  $10 \div 100$  мкВ и дрейфе  $5$  мкВ/°С, подавлении синфазных напряжений  $\pm 5$  В/  $100 \div 120$  дБ и дифференциальных помех /50 Гц/, 30 дБ, частоте коммутирования сигналов ГНП с активным фильтром до  $3 \div 6$  с<sup>-1</sup>; ГНП - без фильтра, с НП -  $10^2 \div 10^4$  с<sup>-1</sup>. Характеристики блоков позволяют расширить применение их в системах измерения параметров установок, работающих в условиях интенсивных помех.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.  
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Zamrij V.N., Roganov A.B. 13-86-106  
Blocks of Normalizing Converters of Analog Low Level Signals

The program-controlled blocks of multichannel normalizing converters (NC) and the group normalizing converter (GNC) connected to transducers and multiplexer of analog low level signals have been elaborated. The single width CAMAC modules NC and GNC have the following characteristics: NC-4 is the 4-channel, differential isolated input, 7 operation modes, the control for the regimes by the CAMAC commands or manual; NC-2 - the 2-channel, the control by the commands or manual independent; GNC - the 1-channel, 8 operation regimes, isolated power supplies. The conversion errors are 0.1% for signals  $\pm (0 \div 100)$  mV, at the input impedances -  $1 \div 10$  MOhm and currents  $1 \div 10$  nA, the offset voltage referred to input  $10 \div 100$   $\mu$ V and drift  $5$   $\mu$ V/°C, the rejection ratio of common-mode voltage ( $\pm 5$  V) is  $100 \div 120$  dB and normal mode noise (50 Hz) is 30 dB. The signal commutation frequency is up to  $3 \div 6$  s<sup>-1</sup> for GNC with active filter and  $10^2 \div 10^4$  s<sup>-1</sup> for GNC without the filter with NC. The block performances permit to extend their utilization in systems for measuring the parameters of installations operating under intensive noise conditions.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986