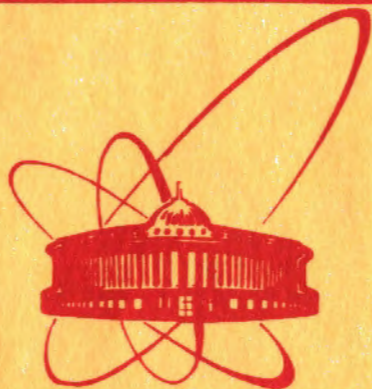


9/vi - 80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

2473/2-80

13-80-137

С.Г.Басиладзе, Л.Лохонян

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ  
С ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР

*Направлено на X Международный симпозиум  
по ядерной электронике, Дрезден, 1980 г.  
и в ПТЭ.*

1980

Для измерения координат частиц, проходящих через дрейфовую камеру, в ряде случаев применяются системы регистрации<sup>/1/</sup>, в которых к каждой сигнальной проволочке подключается усилитель-формирователь и преобразователь время-цифровой код. Такие системы имеют ряд существенных недостатков:

1/ они требуют значительных затрат оборудования /количества интегральных схем/ и не позволяют добиться высокой плотности размещения регистрирующих каналов;

2/ с их помощью невозможно регистрировать более одной частицы в дрейфовом промежутке\*;

3/ они не позволяют производить считывание кодов только со сработавших каналов /по крайней мере на уровне крейта/, что на порядок увеличивает время считывания и требуемый объем памяти для хранения данных.

В других известных системах регистрации<sup>/2,3/</sup> небольшая группа время-цифровых преобразователей обслуживает сравнительно большое количество сигнальных проволочек дрейфовой камеры через общий коммутатор, поочередно подключающий преобразователи к тем усилителям, на выходе которых появляется сигнал. Это устраняет вышеперечисленные недостатки, однако, как показано в работе<sup>/4/</sup>, приводит к ощутимым потерям частиц за счет наложения входных сигналов в коммутаторе. Например, для обеспечения эффективности регистрации 98% коммутатор должен обслуживать участок дрейфовой камеры, на который попадает в среднем не более 1,5 частиц.

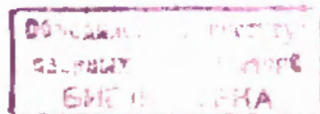
Избежать указанного недостатка можно, используя временные экспандеры в каждом канале<sup>/4/</sup>, тогда вклад мертвого времени коммутатора и конечной разрешающей способности схемы, фиксирующей номер сработавшего канала\*\*, уменьшится пропорционально расширению измеряемого временного интервала.

В описываемую в данной работе систему регистрации информации с дрейфовых камер входят: 4-канальный усилитель-формирователь, отличающийся высокой чувствительностью, сравнительной простотой и быстродействием; 16-канальный экспандер, расширяющий диапазон измеряемых интервалов с 0,5 до 10 нкс; 10-разрядный время-циф-

---

\* поэтому для обеспечения эффективности регистрации 98% среднее число частиц, попадающих на дрейфовый промежуток, не должно быть более 0,04.

\*\* дающей потери менее, чем коммутатор, но все же довольно значительные<sup>/4/</sup>.



ровой преобразователь, обслуживающий до 4 экспандеров и способный регистрировать до 16 расширенных временных интервалов. В данной системе с эффективностью 98% можно регистрировать в среднем 5 частиц на участке в 32 сигнальных проволоочки дрейфовой камеры. В этом случае по 2 экспандера должны быть подключены к каждой проволоочке, а перед каждой парой должен использоваться частный коммутатор сигналов с проволоочки. При малой множественности /количестве регистрируемых частиц/ каждый экспандер может обслуживать отдельную проволоочку /а всего 64/. При большей множественности необходимо подключить к каждой проволоочке 3 ÷ 4 экспандера и временную растяжку увеличить до 20 мкс, тогда можно будет эффективно регистрировать в среднем по 10 частиц.

Понимая отмеченной гибкости системы и высокой эффективности регистрации, отсутствия недостатков (1 ÷ 3), к ее преимуществам можно отнести: наличие входа "быстрого сброса" экспандеров, понижающего мертвое время системы; сравнительно небольшую потребляемую мощность. Важная особенность системы состоит в том, что блок время-цифрового преобразования можно использовать для годоскопических систем с регистрацией величин сигналов. Для этого к нему вместо экспандеров должны быть подключены блоки аналого-временного преобразования.

Принцип работы системы. Работа описываемой системы происходит следующим образом /см. рис. 1/. Общий старт-импульс начинает процесс линейной зарядки конденсаторов в экспандерах, а также запускает 10-разрядный счетчик импульсов тактовой серии частотой 50 МГц.

Сигнал проволоочки дрейфовой камеры проходит через усилитель-формирователь на стоп-вход экспандера, останавливает зарядку конденсатора в данном канале и запускает его медленный разряд. В конце разрядки на общем выходе "Стоп" экспандера вырабатывается короткий /~10 нс/ сигнал, и одновременно с ним - 4-разрядное слово, представляющее двоичный код номера сработавшего канала. Выходной стоп-сигнал экспандера поступает на вход ВЦП и записывается в его память содержание синхронного счетчика наряду с номером сработавшего канала /4-разрядный код номера в блоке ВЦП дополняется еще 2 разрядами, соответствующими номеру экспандера/. В конце преобразования в память ВЦП будут записаны 16-разрядные слова, количество которых равно числу стоп-сигналов, поступивших на систему за время преобразования. 6 старших разрядов каждого слова соответствуют номеру сработавшего канала /0 ÷ 63/, а 10 младших - измеряемому интервалу времени в данном канале. Количество максимально регистрируемых интервалов /16/ определяется емкостью памяти ВЦП, считывание которой производится через магистраль КАМАК. Ввиду того, что при считывании передается только значащая информация, длина считываемого массива меняется в зависимости от количества сработавших каналов.

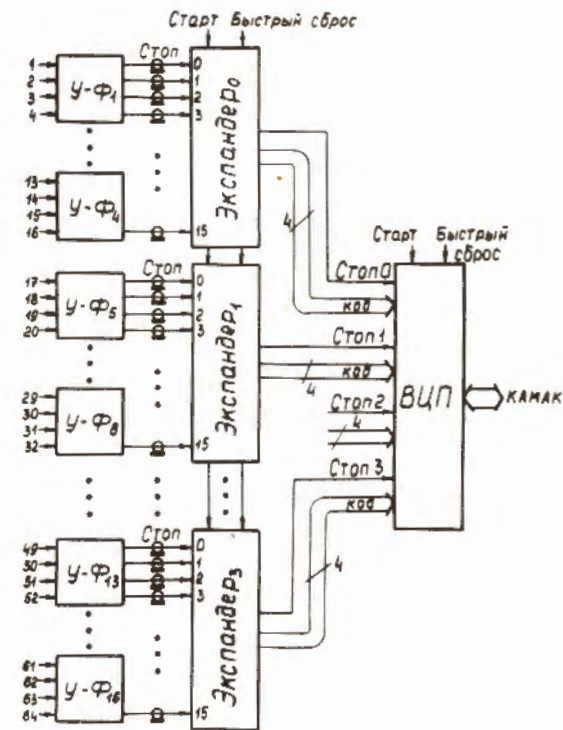


Рис. 1. Общая блок-схема регистрирующей системы.

Под действием сигнала быстрого сброса, поступающего с системы отбора событий, прекращается процесс преобразования в экспандерах, и все их схемы возвратятся в исходное состояние за время не более 0,5 мкс.

Усилитель. Усилитель-формирователь подробно описан в работе /5/. Он отличается повышенной чувствительностью, введением дифференцирования входного импульса и малым потреблением мощности. Основные характеристики: входное сопротивление 300 Ом; порог - 2 мкА, собственный временной сдвиг  $\leq 4$  нс; время восстановления - 25 нс; потребляемая мощность - 400 мВт/канал; выходной сигнал - отрицательный импульс NIM.

Экспандер. Блок-схема экспандера приведена на рис. 2. Передним фронтом старт-сигнала запускается одновибратор 0В1, снимающий сигнал принудительного сброса со всех триггеров старт-стоп и одновременно записывающий в них "1" через схему дифференцирования. Триггеры вернутся в исходное состояние под действием сигнала "Стоп", поступившего на тактовый вход С, или, по исте-

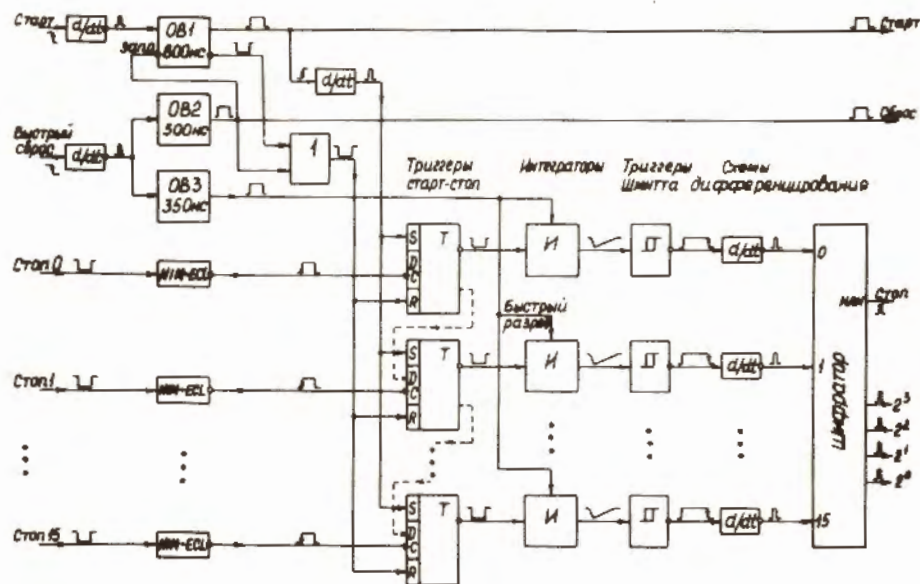


Рис. 2. Блок-схема экспандера.

чении времени выдержки  $OB_1$ , - через общую шину сброса, а также в результате подачи сигнала на вход быстрого сброса - через одновибратор  $OB_2$ .

Выходной сигнал триггера, длительность которого равна интервалу времени между сигналами "Старт" и "Стоп", поступает на интегратор (И), на выходе которого получается линейно нарастающее, затем - после сигнала "Стоп" - линейно убывающее напряжение. Скорость зарядки в 20 раз больше скорости разрядки. Конец преобразования выделяется триггером Шмитта и схемой дифференцирования. Выходные сигналы всех стоп-каналов есть импульсы длительностью 10 нс, они подаются на входы шифратора, который вырабатывает на выходе "ИЛИ" общий стоп-сигнал, а на выходах  $2^0 \dots 2^3$  - код сработавшего канала.

Сигнал, подаваемый на вход быстрого сброса, запускает, помимо одновибратора  $OB_2$ , служащего для сброса триггеров и блокировки старт-входа, также одновибратор  $OB_3$ , выходным сигналом которого производится быстрая разрядка интеграторов. Выдержка  $OB_3$  /350 нс/ достаточна для полной разрядки, а дополнительное время 150 нс /разность выдержек  $OB_2$  и  $OB_3$ / необходимо для полного восстановления исходного состояния.

При объединении двух или более стоп-входов для регистрации нескольких стоп-сигналов последовательная работа каналов обеспечивается за счет соединений между выходом триггера и входом D следующего /показано штрих-пунктиром/. Если стоп-каналы используются отдельно, то эти соединения не выполняются.

На рис. 3 приведена принципиальная схема одного канала экспандера. В исходном состоянии триггер  $M_1$  находится в положении "0", поэтому зарядный ток /2,8 мА/, задаваемый транзистором  $T_3$ , протекает через диод  $D_3$ , а транзистор  $T_2$  заперт. Разрядный ток /0,14 мА/ течет в транзистор  $T_5$ , создавая на конденсаторе  $C_1$  напряжение покоя +0,6 В. Напряжение коллектора  $T_5$  составляет +0,15 В по отношению к опорному -1,3 В, поэтому на выходе триггера Шмитта  $M_2/3$  получаем логический ноль. На выходе дифференцирующей схемы  $M_2/2$  - также логический ноль.

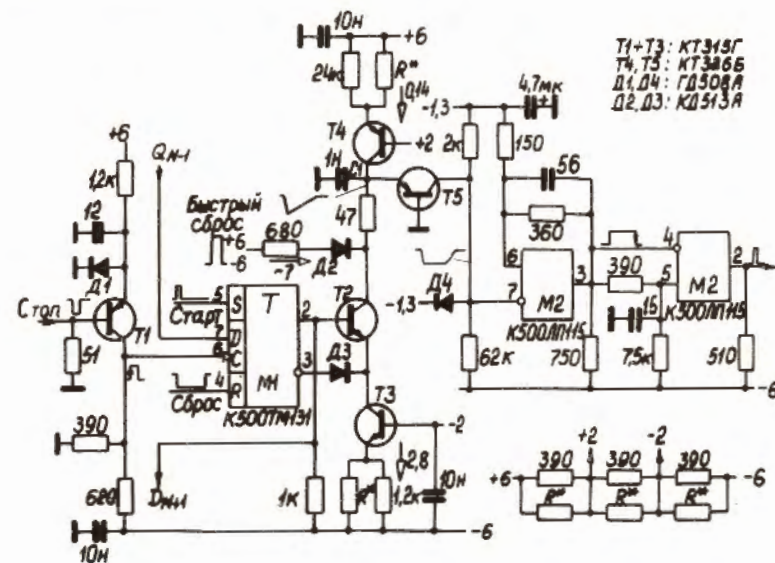


Рис. 3. Принципиальная схема одного канала экспандера.

Переход триггера  $M_1$  в состояние "1" переключает зарядный ток, и в конденсатор  $C_1$  течет разность зарядного и разрядного токов, создавая на нем линейно нарастающее напряжение. При этом  $T_5$  заперт, и на выходе триггера Шмитта мы имеем логическую единицу. Выход канала остается в нулевом состоянии. Возврат триггера в исходное состояние приводит к отключению зарядного тока и началу медленного разряда конденсатора. По окончании разряда на выходе триггера Шмитта появляется отрицательный пе-

репад, а на выходе канала - короткий положительный импульс, длительность которого /10 нс/ определяется интегрирующей цепочкой на входе M2/5.

Под действием сигнала быстрого сброса разряд конденсатора производится через D2 большим током /-7 мА/. В эмиттерах токозадающих транзисторов T3, T4 предусмотрена возможность подключения дополнительных резисторов R\* для подстройки коэффициента растяжки отдельных каналов. Напряжения +2 В в базах этих транзисторов создаются общим для всех каналов делителем, включенным между напряжениями питания ±6 В. Благодаря такому схемному решению коэффициенты преобразования практически не зависят от изменения напряжения питания, приводящего к одинаковому изменению зарядного и разрядного токов.

Экспандер выполнен в виде блока КАМАК единичной ширины. Основные характеристики: все входы работают от отрицательного фронта импульса NIM; все выходные сигналы - положительные (ECL); диапазон измеряемых интервалов - 500 нс; коэффициент преобразования -  $20 \pm 0,5$ ; интегральная нелинейность -  $\leq 0,4\%$ ; дифференциальная нелинейность -  $\leq 3\%$  /с 10% шкалы/; температурный дрейф - /-0,01% диапазона  $\pm 0,03\%$  отсчета/ на °C; потребление - 0,5 Вт/канал.

Время-цифровой преобразователь. Блок-схема ВЦП показана на рис. 4. Началу преобразования соответствует сигнал "Старт", поступающий с экспандеров на вход S триггера Tг1. Триггер пере-

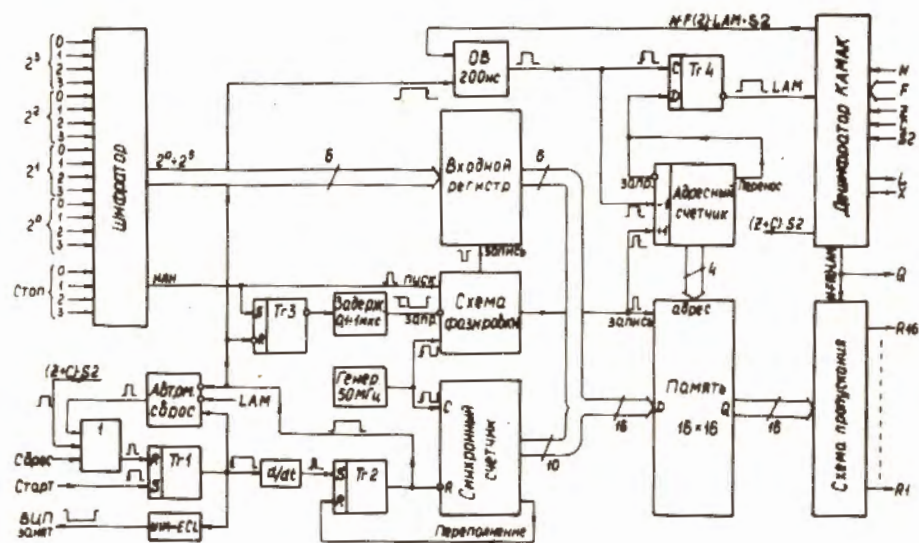


Рис. 4. Блок-схема время-цифрового преобразователя.

ходит в состояние "1", в результате чего снимается принудительный сброс, подаваемый с выхода триггера Tг1 /прямо или косвенно/ на все остальные триггеры схемы, включая синхронный счетчик и схему фазировки /эта шина общего сброса на схеме не показана/. В свою очередь, перебрасывается и триггер Tг2, снимающий сброс с синхронного счетчика на время преобразования, т.е. до переполнения этого счетчика /из 10 разрядов счетчика при работе ВЦП с экспандерами старший разряд не используется, если время преобразования - 10 мкс/. Выходной сигнал счетчика подается на вход памяти 16x16 наряду с 6-разрядным кодом, поступающим с входного регистра. Во входном регистре кратковременно - до завершения записи в память - запоминается код сработавшего канала, причем 4 младших разряда получаются путем логического сложения /ИЛИ/ кодов с отдельных экспандеров, а 2 старших вырабатываются в шифраторе как двоичный код стоп-входа ВЦП, на который был подан данный сигнал.

Запись в память 16x16 производится стоп-сигналами, объединенными в шифраторе по ИЛИ и прошедшими через схему для фазировки с тактовыми сигналами генератора. Благодаря фазировке исключается возможность записи в память в моменты времени переходных состояний счетчика. Запрет со схемы фазировки снимается после начала преобразования через задержку, регулируемую в пределах 0,1-1 мкс и представляющую собой временной порог регистрации стоп-сигналов. Задержка может запускаться либо от сигнала Tг2, как это происходит в случае обслуживания блоком экспандеров, либо от первого стоп-сигнала, появляющегося в интервале преобразования, посредством триггера Tг3. Такой режим работы изображен на блок-схеме: он используется при совместной работе блока ВЦП с преобразователями заряд-время или амплитуда-время для отсечки стоп-сигналов, соответствующих "пьедесталу" преобразования.

Выходной сигнал схемы фазировки, осуществляющий запись в память 16x16, поступает также на тактовый вход 4-разрядного реверсивного адресного счетчика. В интервале преобразования счетчик считает "вперед", причем каждый переход в новое состояние происходит в момент заднего фронта входного сигнала. Это значит, что сразу же после записи в ячейку памяти текущего слова адресуется /подготавливается/ соседняя ячейка для приема следующего слова. Переполнение счетчика предотвращается сигналом "Перенос", появляющимся после 16-го входного импульса /т.е. в состоянии счетчика "15"/.

Сигнал переполнения синхронного счетчика сбрасывает триггер Tг2, который, в свою очередь, сбрасывает и удерживает в "0" синхронный счетчик и триггер Tг3, запрещая тем самым дальнейшее прохождение стоп-сигналов через схему фазировки; переводит адресный счетчик в режим счета "назад"; запускает одновибратор

0В, сигнал которого записывает в триггер запроса Тг4 состояние выхода "Перенос" адресного счетчика и уменьшает содержание счетчика на единицу; наконец, подготавливает сброс триггера Тг1 через схему автоматического сброса. Этот сброс произойдет сразу же, если в интервале преобразования стоп-сигнала не было, так как в этом случае адресный счетчик, находясь в состоянии "0", на своем выходе "Перенос" дает логическую "1" /он переведен в режим "назад"/ и поэтому триггер Тг4 остается в исходном состоянии, а отсутствие сигнала запроса /LAM = 0/ приводит к появлению сигнала на выходе схемы автоматического сброса. В противном случае, т.е. когда зарегистрировано хоть одно событие, появляется сигнал запроса, запрещающий сброс триггера Тг1.

Под действием команды чтения F(2) при условии, что LAM = 1, вырабатывается сигнал Q, и содержание адресованной реверсивным счетчиком ячейки памяти выводится через схему пропускания на шины R1 ÷ R16. В момент времени S2 запускается одновибратор, а его выходной сигнал уменьшает содержание адресного счетчика, подготавливая следующее слово для чтения. Если в очередном чтении выводится содержание нулевой ячейки, то сигнал одновибратора уже не изменит состояние адресного счетчика из-за запрета с выхода "Перенос", но в триггер Тг4 записывает единицу. Тем самым снимается запрос, что приводит к сбросу триггера

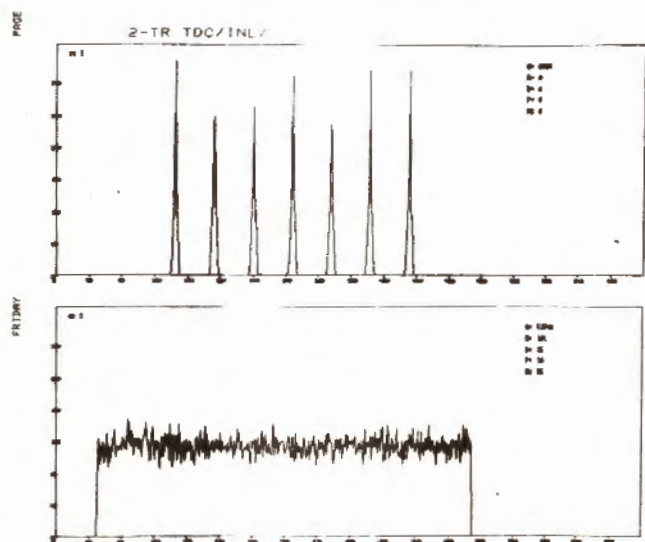


Рис. 5. Иллюстрация интегральной и дифференциальной линейности преобразователя. Ширина канала - 1 нс.

Тг1, равно как и сбросу всех схем блока. Сброс триггера Тг1, кроме того, может происходить в любой момент с помощью стандартного сигнала (Z+C)·S2 или сигнала сброса с выхода экспандеров, при подаче на них сигнала быстрого сброса.

ВЦП реализован на микросхемах серии К500 в виде блока КАМАК единичной ширины. Его основные характеристики: входы работают от положительных импульсов ECL; диапазон измеряемых интервалов - 20 нс /или 10 нс/; число градаций преобразования -  $2^{10}$  /или  $2^9$  /; мертвое время стоп-входов - 35 нс; количество регистрируемых интервалов - 1 ÷ 16; чтение данных производится функцией F(2) по любому субадресу A(0) ÷ A(15), структура слова: R1 ÷ R10 - преобразованный в число временной интервал, R11 ÷ R16 - адрес датчика; потребляемая мощность - 12 Вт.

Описанная система позволяет получить плотность размещения в крейте КАМАК более 12 каналов на станцию при потреблении 0,7 Вт/канал /без учета потребления усилителя-формирователя/.

На рис. 5 представлены спектры, снятые путем подачи на вход преобразователя случайных временных интервалов; ширина канала составляет 1 нс. У верхнего спектра случайные интервалы промодулированы частотой 20 МГц для измерения коэффициента преобразования и для вычисления коэффициента интегральной нелинейности преобразования по центрам тяжести пиков.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность Л.С.Золину и Ю.А.Яцуненко за помощь в запуске системы на установке ТАУ, а также В.И.Какуриной за техническую помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Битюков С.И. и др. Труды международного совещания по методике проволочных камер. ОИЯИ, Д13-9164, Дубна, 1975, с.24.
2. Verweij H. Proc. of 1974 Nuclear Science Symp., Washington, IEEE Transactions, NS-22, No.1, 1975.
3. Kirsten F. Труды международного совещания по методике проволочных камер. ОИЯИ, Д13-9164, Дубна, 1975, с.272.
4. Басиладзе С.Г., Лохоня Л. ПТЭ, 1979, № 6, с.72.
5. Басиладзе С.Г., Лохоня Л. ПТЭ, 1979, № 3, с.122.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 февраля 1980 года.