

Д-16

10-81-379

ДАМАТОВ

Яков Мишаэлович

**АППАРАТУРА
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ КАНАЛАМИ ПУЧКОВ
НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЛЕРА
И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КАМАК**

Специальность: 05.13.06

- автоматизированные системы

переработки информации и управления

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат технических наук
научный сотрудник

Николай Михайлович
НИКИТЮК

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Михаил Дмитриевич
ШАФРАНОВ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
профессор

Лев Александрович
МАТАЛИН

кандидат технических наук
младший научный сотрудник

Виталий Васильевич
ЕРМОЛАЕВ

Ведущее предприятие: Ленинградский институт ядерной физики
им.Б.П.Константинова АН СССР.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1981 года
в " _____ " часов на заседании специализированного совета
Д.047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и
автоматизации Объединённого института ядерных исследований
(г.Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1981 г.

Ученый секретарь специализированного совета

Иванченко В.М. Иванченко

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Современный ускорительный комплекс включает собственно ускоритель и систему каналов, формирующих пучки первичных и вторичных частиц на экспериментальные установки. С увеличением энергии ускоренных частиц формирование пучков превращается в достаточно сложную проблему, так как растет протяженность каналов, их насыщенность магнитооптическими элементами и потребляемая мощность. При этом стоимость каналов вместе с экспериментальным оборудованием возрастает до стоимости ускорителя.

Значительные средства, затрачиваемые на сооружение ускорительных комплексов, могут компенсироваться высокой эффективностью их использования. Можно выделить два фактора, которым придается большое значение при оценке эффективности использования ускорительного комплекса:

- затраты времени на работы по настройке каналов первичных и вторичных частиц, контролю и поддержанию заданных режимов в этих каналах;

- возможность выполнять в одном цикле ускорителя одновременно несколько экспериментов.

Эти факторы играют важную роль и при оценке эффективности действующего в ОИЯИ синхрофазотрона.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в настоящее время вводится в эксплуатацию корпус с новым измерительным павильоном, оснащенным комплексом каналов, формирующих пучки от нескольких мишеней, расположенных на канале медленного вывода первичного ускоренного пучка частиц. Этот комплекс каналов предназначен для обеспечения одновременного (в одном цикле ускорения) проведения нескольких экспериментов. Нормальное функционирование канала обеспечивается необходимой настройкой его на заданный режим, периодическим контролем и

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

поддержанием режима. Процесс настройки, контроля и поддержания режимов работы комплекса каналов связан с обработкой большого объема информации, которую можно выполнить лишь с помощью средств автоматизации, оснащенных вычислительной техникой. Поэтому создание таких средств, с учетом новейших достижений в области автоматизации физических экспериментов, является актуальной задачей. При этом необходимо обеспечить: минимальные затраты времени работы ускорителя при настройке канала транспортировки пучков частиц; контроль и поддержание режимов в двух и более каналах, работающих одновременно; двусторонний обмен информацией между системами ускорительного комплекса и физическими установками.

Основные цели работы. Рассмотреть современную техническую базу для построения контрольно-измерительной аппаратуры и создания автоматизированных систем переработки информации и управления. Исследовать вопрос построения автоматизированной системы настройки, контроля и поддержания режимов в канале транспортировки пучков заряженных частиц на синхрофазотроне ОИЯИ как для работы одного канала, так и для двух и более каналов одновременно. Определить состав и выработать требования к аппаратуре для организации данной системы.

Разработать и создать:

- комплекс аппаратуры для сбора и хранения цифровой информации, её предварительной обработки и передачи по линии связи;
- комплекс средств для оперативного контроля разработанной аппаратуры.

Научная новизна и практическая ценность. В работе описывается созданная впервые в Советском Союзе система автоматизированного контроля и управления токами в магнитных элементах канала транспортировки пучков частиц на линии с ЭМ ЕС-1010. Для организации распределенной вычислительной системы был разработан и создан комплекс блоков, в том числе микропроцессорный контроллер М-16, который соз-

дан впервые в Советском Союзе на основе секционированных микропроцессоров серии К584, блоки полупроводниковой памяти и блоки для организации последовательной системы КАМАК -- последовательный драйвер и контроллер крейта. На основе использования микропроцессорного контроллера М-16 создана система для цифрового регулирования токами в магнитных элементах канала.

Впервые в Советском Союзе для управления каналами транспортировки пучков частиц внедрены блоки последовательной системы КАМАК, выполненные с учетом требований документа EUR 6100E, на основе микросхем советского производства. Учитывая реальные условия работы и особенности исполнительного устройства управления токами магнитных элементов впервые в ОИЯИ разработан блок цифро-временного преобразования с учетом знака преобразуемого кода на 10 каналов. Данный блок используется в системе автоматизированного контроля и управления токами в магнитных элементах канала транспортировки пучков частиц на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ. Разработаны и созданы аппаратные средства для проверки микропроцессоров, наладки последовательной системы КАМАК и блока цифро-временного преобразования.

Все разработки выполнены в стандарте КАМАК, достаточно унифицированы и их можно использовать для решения широкого круга задач по автоматизации физических установок.

Положения и результаты, вынесенные на защиту. Личный вклад автора.

1) Разработка организации системы настройки, контроля и поддержания режимов на базе микропроцессорного контроллера и последовательной системы КАМАК как для работы одного канала, так и для двух и более каналов одновременно;

2) разработка и создание комплекса электронного оборудования для автоматизированного контроля и управления каналами пучков, в том числе:

микропроцессорного контроллера для съема и первичной обработки информации о пучке;

блоков последовательной системы (ПС) КАМАК, предназначенной для организации обмена данными между центральной ЭВМ и микропроцессорными контроллерами, в состав которой входят последовательный драйвер (ПД) и последовательный контроллер крейта (ПКК);

блоков полупроводниковой памяти для хранения данных о пучке и программ первичной обработки;

блока цифро-временного преобразования на IO каналов (ЦВП-IO) для организации систем цифрового регулирования;

3) разработка и создание автоматизированной системы контроля и управления токами в магнитных элементах канала транспортировки пучков частиц на линии с ЭВМ ЕС-1010;

4) разработка и создание микропроцессорной системы для цифрового регулирования токами в магнитных элементах канала;

5) разработка и создание аппаратуры для оперативного контроля микропроцессоров, последовательной системы КАМАК и блока цифро-временного преобразования.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Её содержание изложено на 160 страницах, включая 54 рисунка и 8 таблиц. Список литературы состоит из 149 наименований.

Материалы, положенные в основу диссертации, опубликованы в виде препринтов ОИЯИ, статей в научных журналах, докладов на Международном симпозиуме по применению микровычислительных машин и микропроцессоров (Будапешт, 1979), на Первом Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Душанбе, 1980) и на Шестой Всесоюзной конференции по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ (Новосибирск, 1981).

Содержание работы

Во введении изложена цель работы, приведены основные положения и вынесенные на защиту результаты, раскрыта научная новизна и практическая ценность работы. Подчеркивается, что для развитой системы каналов выведенных пучков для контроля и управления ими, целесообразно иметь распределенную вычислительную систему, обеспечивающую при необходимости контроль и поддержание режимов работы в нескольких каналах одновременно, а также учитывающую значительную удаленность объектов контроля друг от друга. Эффективным средством для создания такой распределенной вычислительной системы служит использование микро-ЭВМ и микропроцессорных контроллеров в сочетании с системой КАМАК.

В первой главе рассмотрена современная техническая база - микропроцессоры (МП) и полупроводниковые запоминающие устройства (ЗУ). Приведена их классификация. Особое внимание уделено практике применения микромашинных устройств /1/. Значительное место в области их использования занимают средства, предназначенные для автоматизации научных исследований: микро-ЭВМ и микропроцессорные контроллеры (МПК). Применение этих средств, если они выполнены в стандарте КАМАК, позволяет создавать комплексные экспериментальные установки, расположенные на значительном расстоянии друг от друга и включающие вычислительные устройства различных классов: микропроцессорный контроллер - мини-ЭВМ - большая ЭВМ - измерительно-вычислительный центр.

В качестве примера рассматривается организация некоторых МПК и описывается система автоматизированного контроля и управления пучками частиц, используемая на ускорителе в Батавии (США).

Во второй главе рассмотрены вопросы организации системы настройки, контроля и поддержания режимов в каналах транспортировки пучков частиц на синхротроне ЛВЭ ОИЯИ с учетом современных тре-

бований, предъявляемых к автоматизированным системам переработки информации и управления. Отмечается, что эти вопросы включают организацию:

- электронной аппаратуры для установки и контроля токов в магнитных элементах канала;
- аппаратуры для съема информации о пучке в этом канале;
- аппаратуры для обеспечения контроля и поддержания режимов работы в двух и более каналах одновременно.

Далее сформулирована задача, которая сводится к следующему: разработать и создать комплекс электронной аппаратуры для автоматизированной системы настройки, контроля и поддержания режимов работы как для одного канала, так и для двух и более каналов одновременно.

В процессе настройки канала после установки расчетных значений токов в магнитных элементах измеряются и анализируются такие параметры пучка, как его интенсивность, профиль в заданных точках канала, угловая расходимость и др. Установка расчетного режима ещё не обеспечивает получение пучка с требуемыми характеристиками, так как реальные параметры магнитных элементов отличаются от теоретических, задаваемых для расчета канала. Поэтому необходимо тщательное исследование основных параметров пучка и дальнейшая настройка канала. Для проведения этих работ в последнее время, как правило, используют электронную аппаратуру с многопроволочными пропорциональными камерами на линии с ЭВМ. Применение таких систем позволяет получить достаточно полную информацию о пучке.

Одной из важнейших задач системы автоматизированного управления каналами пучков является возможность обеспечения одновременной установки заданных значений токов магнитных элементов канала и их периодический контроль. В главе сформулированы требования к орга-

низации системы установки и контроля токов в магнитных элементах одного канала, определен состав аппаратуры для её реализации. Указывается, что система должна включать измерительную и управляющую цепи и программное обеспечение.

Далее рассматривается организация аппаратуры для контроля и поддержания режимов работы в двух и более каналах одновременно (в одном цикле ускорения). Оптимальный вариант решения этой задачи с точки зрения современного уровня построения автоматизированных систем, а также повышения эффективности использования ускорителя - распределение вычислительной мощности, создание распределенной вычислительной системы.

Выбору средств связи и организации системы контроля и поддержания режимов работы в нескольких каналах одновременно посвящен один из разделов второй главы, в котором подчеркивается, что оптимальным вариантом для организации связи локальных микропроцессорных систем с центральной ЭВМ служит использование последовательной магистрали (ПМ) КАМАК.

Для решения задачи контроля и управления несколькими каналами одновременно была предложена распределенная вычислительная система на базе микропроцессорного контроллера и последовательной магистрали КАМАК (рис.1)^{2/}. В качестве примера показано размещение крейтов КАМАК для двух каналов (два локальных объекта). В состав электронной аппаратуры каждого локального объекта входят микропроцессорный крейт (ММК) и рабочий крейт. ММК содержит последовательный контроллер крейта, микропроцессорный контроллер М-16 и блоки внешней оперативной памяти (ОЗУ). В состав рабочих крейтов входят функциональные блоки для решения поставленной задачи контроля и поддержания режимов работы канала. Каждым рабочим крейтом управляет микропроцессорный контроллер М-16. Каждым локальным объектом управляет центральная ЭВМ с помощью блока последовательного драйвера, размещенного в системном крейте.

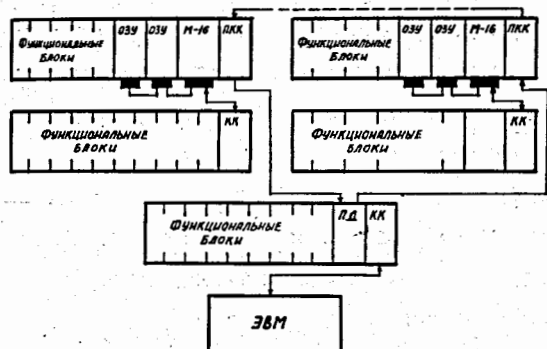


Рис.1. Распределенная вычислительная система сбора и обработки данных на базе микропроцессорного контроллера М-16 и последовательной системы КАМАК. ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПКК – последовательный контроллер крейта; КК – контроллер крейта; ПД – последовательный драйвер.

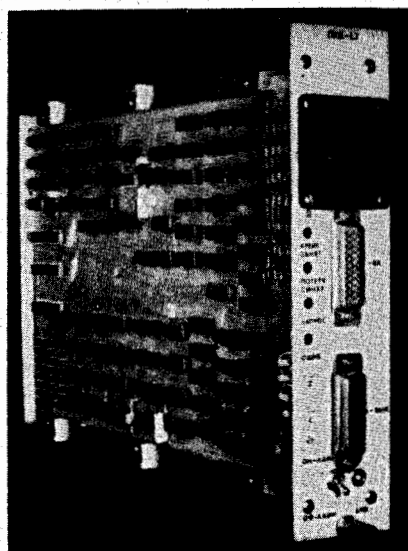


Рис.2. Общий вид блока ПКК.

В третьей главе приведены результаты работ по проектированию и созданию комплекса электронных блоков для автоматизированной системы настройки, контроля и поддержания режимов работы каналов транспортировки пучков заряженных частиц. В этот комплекс входят 16 – разрядный микропроцессорный контроллер, блоки запоминающих устройств с произвольной выборкой, блоки для организации последовательной системы КАМАК (последовательные драйвер и контроллер), блок цифро-временного преобразования на 10 каналов.

Микропроцессорный контроллер М-16^{3,4/} предназначен для работы в распределенной вычислительной системе автоматизированного контроля и управления пучками заряженных частиц, производит сбор данных, их предварительную обработку, фильтрацию массивов информации и передачу их для дальнейшей обработки в центральную ЭВМ. Описывается структурная схема контроллера.

Центральный процессор МКК М-16 является процессором с микропрограммным управлением.

На основании качественного и количественного анализа использования различных способов кодирования, с учетом быстродействия и аппаратных затрат выбраны длина и формат микрокоманды. Разработано микропрограммное управляющее устройство, в котором с помощью 12 инструкций ветвления формируются начальные адреса микропрограмм и определяется адрес следующей микрокоманды. Широкий набор команд (55 команд) и способов адресации (12 способов), базовая длина операнда, равная 16 разрядам, и относительно малое время (12,8 нс) обращения к горизонтальной магистрали КАМАК делают данный прибор предпочтительнее по сравнению с подобными устройствами для работы в системах, выполненных на основе аппаратуры в стандарте КАМАК.

Для связи экспериментальных установок, удаленных от ЭЭМ, а также для обеспечения двустороннего обмена информацией между системами ускорительного комплекса и физическими установками разработаны блоки последовательной системы КАМАК, в состав которой входит последовательный драйвер^{/5/} и последовательный контроллер крейта^{/6/}.

Исходя из требований стандарта и реальных условий работы, для разработки блока ЦД был выбран вариант машинно-независимого блока, в виде интерфейса между горизонтальной магистралью крейта КАМАК и последовательной магистралью. Разработки блоков ЦД и ПКК выполнены в полном соответствии с требованиями стандарта на последовательную систему КАМАК, на основании чего максимальное число крейтов, которые можно объединить в последовательную систему КАМАК, достигает 62, обмен данными происходит по последовательной магистрали либо байтами, либо последовательно отдельными рядами.

Общий вид блока ПКК приведен на рис.2.

Для хранения данных о пучке и программ первичной обработки при построении МП - системы разработаны блоки полупроводниковой памяти емкостью 1К x 24^{/7,8/} и 4К x 16^{/9/} разрядов. Блоки построены на основе БИС ЗУ динамического типа. Описывается организация этих блоков.

Работа блока ЗУ емкостью 4К x 16 разрядов в анализаторном режиме и режиме записи информации по R - шинам магистрали КАМАК позволяет использовать его при больших нагрузках до 10⁶ событий/с.

Для организации автоматизированной системы контроля и управления токами в магнитных элементах канала транспортировки пучков частиц разработан и создан 10-канальный цифро-временной преобразователь (ЦВП-10)^{/10/}.

Блок обеспечивает установку токов, при необходимости, одновременно в 10 магнитных элементах канала во всем заданном диапазоне рабочих значений этих токов (0 - 2000)А и используется в системе автоматизированного контроля и установки токов в магнитных элементах канала транспортировки пучков частиц на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ.

Все блоки выполнены в стандарте КАМАК, достаточно унифицированы и поэтому могут быть использованы для решения широкого круга задач, связанных с автоматизацией физических установок. На эти блоки разработана техническая документация, а изготовление блоков памяти, ЦД, ПКК, ЦВП-10 внедрено в Опытном производстве ОИЯИ.

В четвертой главе анализируются результаты работ по созданию автоматизированной системы настройки, контроля и поддержания режимов работы в каналах транспортировки пучков частиц. Рассмотрена система установки и контроля токов в магнитных элементах канала, разработанная и созданная в ЛВЭ ОИЯИ. Система выполнена в двух вариантах. Первый вариант системы выполнен на линии с ЭЭМ ЕС-1010^{/11/}.

По измеренному значению падения напряжения на шунтирующем сопротивлении ЭЭМ вычисляет ток в данном магнитном элементе и сравнивает его с заданным. При недопустимом отклонении ЭЭМ вырабатывает управляющий код, который через магистраль КАМАК поступает в блок цифро-временного преобразователя ЦВП-10 для отработки сигнала рассогласования. Управляющий сигнал в виде импульса определенной длительности с выхода ЦВП-10 по шинам связи поступает в исполнительное устройство для отработки величины рассогласования измеренного значения тока с заданным.

Рассматриваются работа данной системы и полученные результаты. Система применяется при настройке одного из каналов на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ.

Второй вариант системы выполнен на основе использования микропроцессорного контроллера М-16^{/12/} для управления одним из каналов при одновременной работе двух и более каналов. Параметры обеих систем полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям. Точность измерения и установки тока составляет $\pm 1\text{А}$ при номинальном токе 1500 – 2000А. Время одного измерения не превышает 70 мс.

Рассматриваются вопросы применения МПК М-16 и блока ЗУ емкостью 4К x 16 разрядов для съема координатной информации о пучке. Использование МПК М-16 для этих целей вместо ЭВМ ЕС-1010 позволяет ускорить процесс настройки одного канала за счет увеличения скорости набора статистики в 5–6 раз.

В главе показана возможность применения аналитического приема к описанию логических состояний как линейных, так и нелинейных автономных сетей. Этот прием был использован при расчете автономной сети для заданной последовательности логических состояний (функций КАМАК). Автономная сеть может быть использована для организации оперативного съема информации с многопроводных пропорциональных камер и ее записи в буферную память.

В пятой главе приведены данные по разработанной и созданной аппаратуре для проверки микропроцессорных секций серии К584, наладки последовательной системы КАМАК и блока цифро-временного преобразования.

Функциональная сложность микропроцессора, на основе которого был разработан МПК М-16, а также блоков ЦД, ПКК и ЦВН-10 и обусловили создание средств для проверки их работоспособности.

Для проверки микропроцессоров серии К584, был разработан и создан программно-управляемый блок^{/13/}. Приводится структурная схема этого блока, с помощью которого производится тестирование по специально созданной программе, написанной на языке ассемблера для ЭВМ ЕС-1010. Описаны алгоритм и методика проведения тестирования.

Наиболее важными и сложными блоками, входящими в состав последовательной системы КАМАК, являются ЦД и ПКК. Стадия их отдельной отладки особенно важна. С этой целью был разработан и создан тестовый прибор^{/14/}. Основные узлы блока – память, схемы выработки тактовых сигналов и преобразования параллельного кода в последовательный. Тестовый прибор для наладки блоков последовательной системы унифицирован и выполнен в стандарте КАМАК. На него разработана техническая документация, а изготовление блока внедрено в Опытном производстве ОИЯИ.

Далее в главе дано описание организации системы для комплексной проверки ПС КАМАК. В состав системы входят как аппаратное, так и программное обеспечение^{/15/}. Отладка осуществляется на линии с ЭВМ ЕС-1010.

По разработанному автором алгоритму были написаны семь подпрограмм, с помощью которых можно оперативно проверить правильность функционирования программно-доступных регистров ЦД и ПКК, правильность прохождения сигналов по цепи ЕС-1010 – ЦД – ПМ – ПКК – ПМ – ЦД – ЕС-1010 и работу всей последовательной системы. Описана методика проведения комплексной отладки.

Один из разделов главы посвящен рассмотрению тестирования блока ЦВН-10^{/10/}. Описывается разработанный автором алгоритм тестирования. Подчеркивается, что данный тест необходим для оперативной проверки блока перед началом его работы в системе.

Результаты диссертационной работы отражены в следующих основных публикациях:

1. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Шюсслер Р. Микропроцессоры и их применение в приборостроении и в экспериментальных исследованиях. "Приборы и техника эксперимента", 1979, № 14, с.7-26.
2. Водопьянова Н.А., Гайдамака Р.И., Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Номоконова А.И., Сапожникова Т.Ф., Шюсслер Р. Комплекс блоков для автоматизации научных исследований на базе последовательной системы КАМАК и микропроцессорного контроллера. Тезисы Первого Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Изд. "ДОНИШ", Душанбе, 1980 с.47-49.
3. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Сапожникова Т.Ф., Шюсслер Р. Микропроцессорный контроллер М-16. "Электронная промышленность", 1980, № 7, с.3-7.
4. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Сапожникова Т.Ф., Шюсслер Р. Система команд и пульт оператора микропроцессорного контроллера М-16. ОИЯИ, 11-80-72, Дубна, 1980.
5. Даматов Я.М., Дэчиншунцаг Ч., Кофман М.В., Никитюк Н.М., Номоконова А.И., Семенов В.Н., Последовательный драйвер, управляемый от магистрали КАМАК. ОИЯИ, 13-12028, Дубна, 1978.
6. Даматов Я.М., Дэчиншунцаг Ч., Никитюк Н.М., Номоконова А.И., Семенов В.Н. Контроллер каркаса для последовательной системы КАМАК. ОИЯИ, 13-80-498, Дубна, 1980.
7. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Семенов В.Н. Блок полупроводникового динамического оперативного запоминающего устройства в стандарте КАМАК. "Приборы и техника эксперимента", 1978, № 6, с.41-44.

8. Даматов Я.М., Никитюк Н.М. Элементы и устройства полупроводниковой динамической памяти. ОИЯИ, 13-10687, Дубна, 1977.
9. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Номоконова А.И. Запоминающее устройство динамического типа с произвольной выборкой емкостью 4К x 16 разрядов ОИЯИ, 13-80-492, Дубна, 1980.
10. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Шюсслер Р. Десятиканальный цифро-временной преобразователь в стандарте КАМАК. ОИЯИ, 13-13001, Дубна, 1980.
11. Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Смелыченко Б.Д., Сапожникова Т.Ф., Шафранов М.Д., Шюсслер Р. Система контроля и управления токами магнитооптических элементов канала транспортировки пучков частиц на линии с ЭМ ЕС-1010. ОИЯИ, 10-13009, Дубна, 1980.
12. Водопьянова Н.А., Даматов Я.М., Никитюк Н.М., Номоконова А.И., Сапожникова Т.Ф., Семенов В.Н., Хошенко А.А. Шюсслер Р. Применение 16-разрядного микропроцессорного контроллера в стандарте КАМАК для цифрового регулирования. Proceedings of the Symposium on microcomputer and microprocessor application. Budapest, 17-19 October, 1979, V. II, pp. 689-696.
13. Даматов Я.М., Сапожникова Т.Ф., Шюсслер Р. Тестирование 4-разрядного микропроцессорного элемента. "Автоматика и вычислительная техника". 1980, № 2, с.30-33.

14. Даматов Я.М., Никитюк Н.М. Тестовый прибор и методика наладки последовательной системы в стандарте КАМАК. ОИЯИ, 13-80-491, Дубна, 1980.
15. Водопьянова Н.А., Даматов Я.М., Никитюк Н.М. Комплексная проверка последовательной системы КАМАК на линии с ЭВМ ЕС-1010. ОИЯИ, Р11-80-529, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 июня 1981 года.