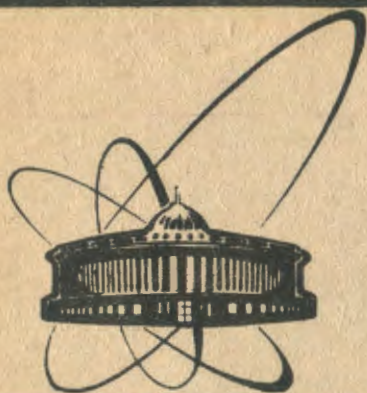


89-196



сообщения
Объединенного
Института
Ядерных
Исследований
Дубна

P10-89-196

А.Н.Баландиков, В.Н.Булдаковский, В.И.Волков,
В.М.Горченко, С.А.Новиков, С.В.Романов,
О.Н.Цисляк

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВТОРОГО МЕДЛЕННОГО
И БЫСТРОГО ВЫВОДОВ ПУЧКА
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

1989

В работе описывается автоматизированная система контроля параметров второго медленного /МВ-2/^{1,2/} и быстрого /БВ/^{3,4/} выводов пучка из синхрофазотрона. При ее разработке учтен опыт создания автоматизированной системы контроля и управления параметрами первого медленного вывода пучка /АСУ МВ-1/^{1/}. Основная особенность функционирования рассматриваемой системы, в отличие от АСУ МВ-1, состоит в том, что опрос датчиков и накопление информации в каждом цикле ускорителя производится регистрирующей аппаратурой КАМАК без участия ЭВМ по алгоритму, задаваемому при запуске программ. Этим обеспечивается максимальное быстродействие на участке цикла ускорителя, соответствующем выводу пучка.

Система реализована на базе ЭВМ МЕРА-685 /процессор МС 1601.02, ОЗУ МС 3102.01 емкостью 256 Кбайт/, входящей в локальную вычислительную сеть ускорительного комплекса.

ПОДСИСТЕМА МВ-2

При медленном выводе вначале с помощью резонансной полусной обмотки Р2 создается квадратичное возмущение в главном магнитном поле ускорителя. В момент перехода поля в режим плато включается ток градиентной обмотки Р1. За время нарастания тока до резонансного значения /50 мс/ в главном поле заканчиваются переходные процессы. Длительность вывода /номинальное значение 500 мс/ определяется скоростью нарастания тока в Р1. К началу вывода устанавливаются рабочие значения токов в элементах внутренней транспортировки пучка - выводном магните ВМ2 и линзе ВЛ2.

Подсистемой МВ-2 выполняются следующие основные функции /рис.1/:

1. Измерение токов Р1, Р2, ВМ2 и ВЛ2. С целью контроля стабильности токов в процессе вывода и оптимальной привязки импульсов токов к плато главного поля производится многократная регистрация сигналов /80 раз с периодом 10 мс/. Измерения осуществляются с помощью модуля аналого-цифровых преобразователей 4АЦП-03. Период и количество отсчетов задаются таймером ЗПТ-03. Погрешность измерений составляет 0,1%. Оператору

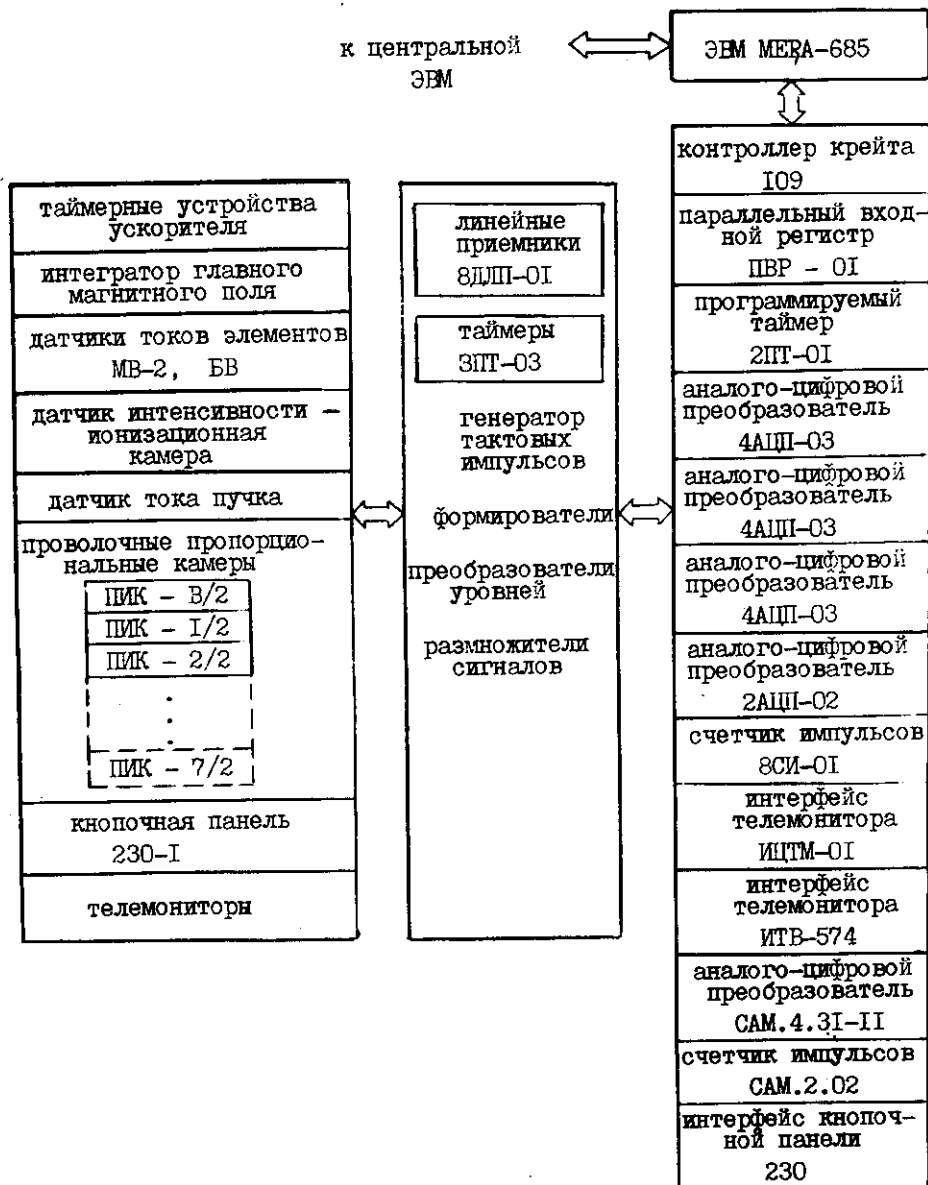


Рис.1. Структурная схема системы.

на экране цветного телевизионного монитора /рис.2/ представляются формы сигналов и значения токов в любых двух точках интервала вывода пучка. Наряду с измеренными величинами токов выводятся их номинальные значения и допустимые пределы изменения.

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ МВ-2

$V_0 = 4005$ ГС

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СТОЛА: 497 МС

ТОКИ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ [А]:

| | I1 | I2 | I01 | I02 | DI |
|-----|------|------|------|------|----|
| P1 | 6.7 | 7 | 7 | 8 | 1 |
| P2 | 118 | 119 | 120 | | 5 |
| BM2 | 3575 | 3437 | 3600 | 3450 | 50 |
| BL2 | 0 | 0 | 0 | | 0 |

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПУЧКА: $4.653 \cdot 10^7$

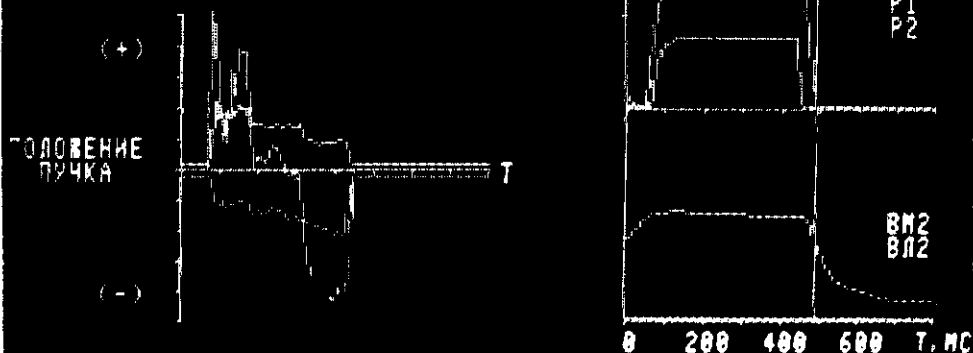


Рис.2. Форма отображения информации о параметрах МВ-2.

В случае соответствия заданным величины токов отображаются символами зеленого цвета, при выходе из зоны допуска - красного.

2. Измерение интенсивности выведенного пучка. В качестве детектора используется плоскопараллельная восьмизорная ионизационная камера, наполненная аргоном/6/. Основным узлом аппаратуры регистрации сигнала от камеры является интегратор тока ионизации, который обеспечивает измерения в трех диапазонах со следующими коэффициентами преобразования тока в напряжение: в первом диапазоне - $2 \cdot 10^9$ В/Кл, во втором - $2 \cdot 10^7$ В/Кл и в третьем - $2 \cdot 10^5$ В/Кл. Переключение чувствительности производится дистанционно с пульта управления ускорителем. Передача информации от интегратора к ЭВМ производится с помощью преобразователя "Напряжение - частота" для исключения влияния помех, возникающих в протяженной линии связи /~ 500 м/. Регист-

рация данных. осуществляется счетчиком импульсов САМ.2.02/7/. Погрешность измерения интенсивности в диапазоне $10^5 \dots 10^{12}$ однозарядных частиц/цикл не превышает $\pm 3\%$.

3. Измерение пространственных характеристик выведенного пучка при интенсивности более 10^7 однозарядных частиц/цикл. В качестве датчиков используются проволочные двухкоординатные /30x30 нитей/ пропорциональные камеры в аналоговом режиме/8/. В состав аппаратуры, расположенной у камер на канале вывода, входят преобразователи "Ионизационный ток - напряжение" и аналоговые коммутаторы. Регистрация сигналов в месте размещения ЭВМ производится блоком САМ.4.31-11 /восемь 8-разрядных аналого-цифровых преобразователей с буферным запоминающим устройством емкостью 64 Кбайт, время преобразования - 8 мкс/. Для подавления помех применяются дифференциальные линейные приемники /модуль 8ДЛП-01/. В процессе вывода осуществляются многократные /десятки раз/ измерения профилей, положения центра тяжести и размеров пучка. Одна из целей указанной операции - регистрация возможных нестабильностей пучка и дальнейшее устранение вызвавших их факторов. На основании этих измерений определяются также интеральные за время вывода характеристики пучка. Погрешность определения координат центра тяжести пучка - не более ± 1 мм, размеров - 5%. Начальный момент и период измерений на плато главного магнитного поля задаются программируемым таймером 2ПТ-01. Сигналы управления прикамерной аппаратурой /сигнал установки коммутатора в начальное положение, 64 импульса переключения каналов коммутатора с периодом следования 20 мкс/ вырабатываются в каждом цикле опроса камер таймером 3ПТ-03. Все подключенные к ЭВМ камеры опрашиваются одновременно. В настоящее время в состав системы входят три ПИК, расположенные на выходе пучка из вакуумной камеры ускорителя /ПИК-1/2/, в начале второго прямолинейного промежутка ускорителя /ПИК-В/2/ и на входе в первый магнит каналов внешней транспортировки пучка /ПИК-2/2/. Регистрирующая аппаратура и программное обеспечение позволяют принимать и обрабатывать информацию от восьми камер. На рис.3 представлена форма отображения информации о профилях пучка в процессе вывода.

4. Регистрация формы тока выведенного пучка и отклонений центра тяжести пучка в горизонтальном направлении от заданного положения на выходе ускорителя. В качестве датчика используется специальная секция камеры ПИК-В/2. Сигнальная плоскость секции разделена на две части. Сумма сигналов от них характеризует ток пучка /ТП на рис.2/; разность сигналов, деленная на сумму, - положение центра тяжести пучка. Обработка информации про-

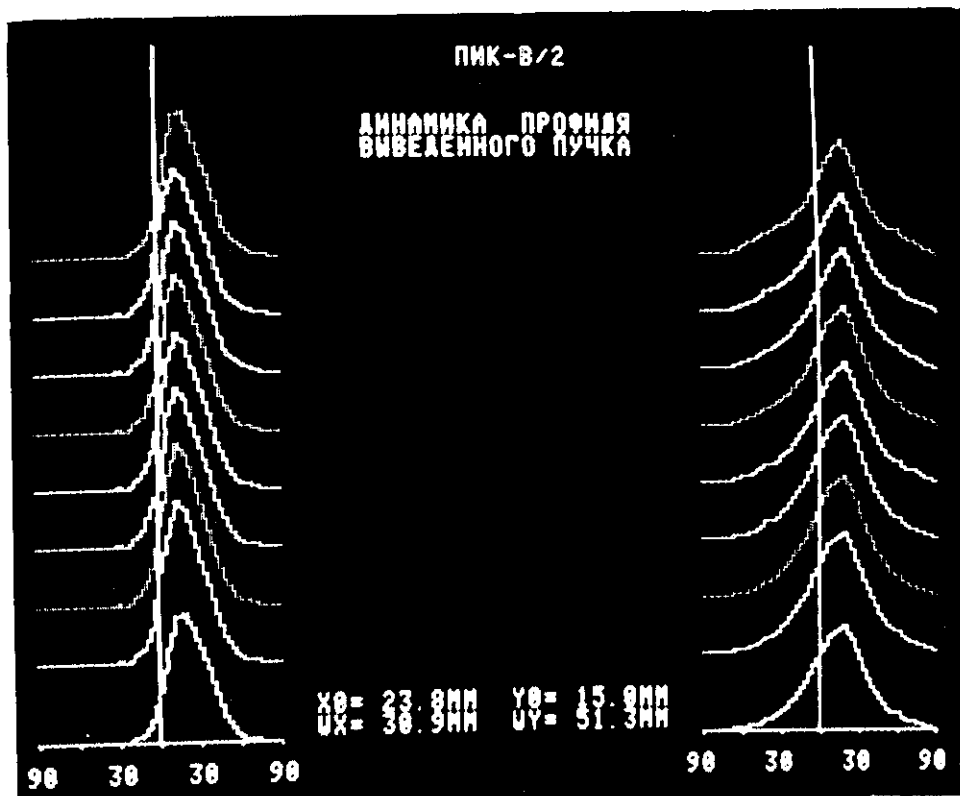


Рис.3. Информация о профилях пучка.

изводится в цифровом виде после фиксации сигналов /800 отсчетов с периодом 1 мс/ модулем аналого-цифровых преобразователей 2АЦП-02. Данные о форме тока в дальнейшем будут использоваться для оперативного определения эффективной длительности и временной структуры растяжки пучка. Индикация положения центра тяжести играет существенную роль в тех режимах, когда интенсивность выведенного пучка недостаточна для нормальной работы профилометров.

5. Измерение параметров плато главного магнитного поля, на котором производится вывод пучка. Величина индукции поля определяется путем подсчета реперных импульсов, вырабатываемых с шагом 1 Гс В-таймером ускорителя, от момента достижения магнитным полем опорного значения /100 Гс/ до начала плато /НСТ/. Указанная операция и измерение длительности плато /интервал НСТ - КСТ, рис.2/ производятся с помощью блока счетчиков

8СИ-01. Регистрация отклонений магнитного поля в пределах ± 10 Гс от номинального значения на плато осуществляется с использованием блока 4АЦП-03 /80 отсчетов с периодом 10 мс/. Аналоговый сигнал поступает от интегратора магнитного поля, запускаемого в начале плато.

Синхронизация работы обслуживающих программ с циклом ускорителя производится в режиме прерываний с помощью параллельного входного регистра ПВР-01. Задание и модификация алгоритмов работы подсистемы, запросы на вывод служебной информации осуществляются с использованием алфавитно-цифрового дисплея и кнопочной панели /модель 230, "Полон", ПНР//9/. Для вывода информации на цветные телевизионные мониторы применяются интерфейсы ИТВ-574/10/ и ИЦТМ-01.

Максимальное значение потока информации в подсистеме МВ-2 реализуется при регистрации данных от восьми ПИК и составляет $0,4 \cdot 10^6$ байт/с. Объем информации от восьми ПИК при 20 опросах - 10 Кбайт. Объем информации, принимаемой за 800 мс от остальных датчиков, равен 2 Кбайт.

ПОДСИСТЕМА БВ

При обслуживании быстрого вывода решаются, в основном, те же задачи, что и в подсистеме МВ-2 /рис.1/. В режиме быстрого вывода пучка /длительность плато главного магнитного поля 200 мс/ после возбуждения квадратичного возмущения, синхросигналом ЗВВ запускаются схемы формирования импульсов токов в выводных магните /МД/ и линзе /ЛБ/ от конденсаторных батарей. Длительность импульсов 30 мс. По достижении в МД уровня магнитного поля, отвечающего условиям попадания пучка в канал внешней транспортировки, вырабатывается синхроимпульс НВВ, по которому формируется сигнал управления током градиентной полюсной обмотки Р1/УТР1/. Под воздействием последнего в Р1 подается короткий импульс тока /ДР1/, вызывающий резонансную раскачку и вывод пучка. Длительность вывода составляет 0,8 мс. Амплитуда ДР1 и начальный уровень тока в Р1 выбираются из условий требуемой интенсивности выведенного пучка.

Как видно из приведенного краткого описания, при быстром выводе длительность ряда процессов /плато магнитного поля, ток Р2, начальный уровень тока Р1, заряд конденсаторных батарей/ составляет несколько сотен миллисекунд. Другие процессы /ток пучка, сигналы УТР1 и ДР1, токи МД и ЛБ/ имеют характерные времена от долей до десятков миллисекунд. В соответствии с этим параметры процессов первой группы регистрируются от начала плато магнитного поля /НСТ/ с периодом 10 мс в течение

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ВЫВОДА

ВЧ = 6634 ГС
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СТОЛА: 304 МС
ИНТЕРВАЛ НСТ-ЗБВ : 202 МС
ИНТЕРВАЛ НСТ-НБВ : 243 МС

ТОКИ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ [А]:

| | I | IO | DI |
|-----|------|------|----|
| P1 | 1.4 | 2 | 1 |
| P2 | 170 | 170 | 5 |
| DP1 | 4.9 | 5 | 1 |
| MA | 6020 | 6000 | 50 |
| LB | 0 | 0 | 0 |

АМПЛИТУДА ИМПУЛЬСА УТР1: 87 В

ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ МА: 436 В

МАКС. ЗНАЧЕНИЕ ТОКА МА: 6820 А

ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ЛБ: 2 В

МАКС. ЗНАЧЕНИЕ ТОКА ЛБ: 0 А

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПУЧКА: 6.031 E 4

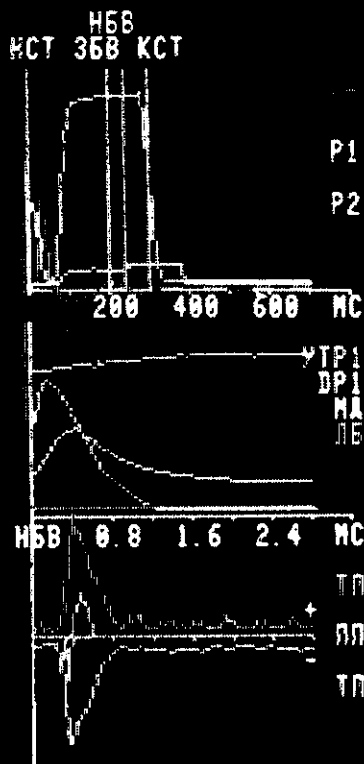


Рис.4. Форма отображения информации о параметрах БВ.

800 мс. Фиксация данных второй группы начинается по синхросигналу НБВ и производится с периодом 50 мкс в течение 4 мс. Опрос ПИК при быстром выводе производится однократно в момент достижения током выведенного пучка максимального значения. Максимальная величина входного потока информации в подсистеме составляет $0,55 \cdot 10^6$ байт/с. Форма отображения информации показана на рис.4.

ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

Для автоматизации ускорительного комплекса разработан большой набор электронных модулей. Ниже приведены краткие технические характеристики модулей КАМАК, применяемых в рассматриваемой системе. Подробное описание аппаратуры будет дано в отдельной работе.

ПВР-01 - параллельный входной регистр для регистрации внешних импульсных и статических сигналов. Содержит 16-разрядный регистр данных и 16-разрядный регистр масок. Внешние события, связанные с незамаскированными разрядами регистра данных, вызывают появление сигнала LAM на магистрали, что позволяет использовать ПВР-01 и как регистр прерываний. Предусмотрен селективный сброс разрядов регистра данных.

2ПТ-01 - блок двух независимых программируемых с магистрали КАМАК многофункциональных таймеров. Каждый таймер может работать в непрерывном режиме как управляемый делитель частоты внешних тактовых импульсов с коэффициентами деления от 1 до 2^{16} . Второй режим работы - генерирование серий импульсов по командам КАМАК или внешним запускам. Количество импульсов в серии может быть запрограммировано от 1 до 2^{16} . Частота следования импульсов определяется коэффициентом деления частоты внешнего генератора от 1 до 2^{16} . Генерирование серии может быть прекращено по внутренней или внешней команде "Стоп". Таймер вырабатывает также сигнал, по длительности совпадающий с длительностью серии, и импульс "Конец серии".

3ПТ-03 - блок трех независимых таймеров. По выполняемым функциям совпадает с 2ПТ-01. Программирование осуществляется с помощью микропереключателей, установленных внутри блока.

4АЦП-03 - блок четырех 10-разрядных аналого-цифровых преобразователей с буферными запоминающими устройствами емкостью 4К 10-разрядных слов каждое. Тактирование четырех АЦП производится одновременно внешними импульсами. Время преобразования - 25 мкс. На входах аналоговых сигналов имеются дифференциальные линейные приемники. Диапазон сигналов 0... 10 В или ± 5 В.

2АЦП-02 - блок двух 10-разрядных аналого-цифровых преобразователей с буферными запоминающими устройствами емкостью 4К 10-разрядных слов каждое. Тактирование АЦП производится независимо друг от друга внешними импульсами. Время преобразования АЦП - 25 мкс.

ИЦТМ-01 - интерфейс цветного телевизионного монитора. Содержит два независимых раздела памяти с разной организацией. Первый раздел служит для отображения графической информации. Позволяет выводить на экран монитора 512x256 растровых точек каждого из трех цветов. Второй предназначен для представления алфавитно-цифровых символов, а также элементов гистограмм и мнемосхем, элементов осей координат и т.д. Каждый символ этого раздела может быть отображен на любом фоне из восьми цветов и снабжен признаком мигания. Знакогенератор позволяет выводить на экран 2048 символов.

8СИ-01 - блок восемь 16-разрядных двоичных счетчиков. Максимальная частота счета - 20 МГц. Счетчики могут управляться

внутренними или внешними командами "Разрешение/запрет счета" и "Сброс".

8ДЛП-01 - блок восьми дифференциальных линейных приемников. Диапазон входных и выходных сигналов ± 10 В. Коэффициент подавления синфазной помехи - 80 дБ на частоте 100 Гц. Частотный диапазон сигналов - до 300 кГц. Каждый приемник может работать на нагрузку 50 Ом.

Ввод в эксплуатацию автоматизированной системы контроля параметров второго медленного и быстрого выводов позволил значительно сократить время настройки режимов ускорителя, повысить качество выводимых пучков. Созданная аппаратура и программное обеспечение предоставляют большие возможности для проведения экспериментов по исследованию и оптимизации режимов вывода пучка.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И.Б.Иссинскому за содействие работе, а также А.П.Царенкову, В.И.Черникову, В.П.Старикову, Ю.Ф.Кусагину, В.Н.Рамжину, Ю.В.Аверьянову, В.Ф.Сиколенко, Л.А.Леонову, В.Л.Тищенко за создание и наладку отдельных элементов системы. Авторы признательны Г.М.Сальниковой за подготовку материалов работы к публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булдаковский В.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ 9-86-174, Дубна, 1986.
2. Баландиков А.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ 9-88-396, Дубна, 1988.
3. Боков Г.А. и др. - Сообщение ОИЯИ Р9-10399, Дубна, 1977.
4. Баландиков А.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ 9-88-75, Дубна, 1988.
5. Волков В.И. и др. - В сб.: Труды седьмого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, ОИЯИ, 1980, т.2, с.268.
6. Баландиков А.Н. и др. - Сообщение ОИЯИ 9-87-364, Дубна, 1987.
7. Каталог ЦИФИ. Будапешт, 1982.
8. Волков В.И., Куликов И.И. - Сообщение ОИЯИ 10-12498, Дубна, 1979.
9. Каталог "Полон". Варшава, 1985.
10. Рапп Х. - Сообщение ОИЯИ 10-80-125, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 марта 1989 года.