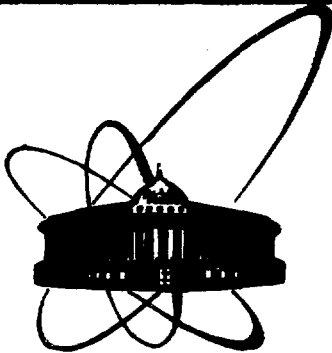


ИДН-126



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-87-773

В.Д.Аксиненко, Н.С.Глаголева, **Е.А.Дементьев**,
Н.И.Каминский, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
Н.Н.Нургожин*, С.А.Рожнятовская, В.Н.Ряховский,
Е.К.Хусаинов*

**СИСТЕМА
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ СПЕКТРОМЕТРА ГИБС**

*Институт физики высоких энергий АН КазССР,
Алма-Ата

1987

В настоящей работе обобщены результаты разработки и испытаний системы высоковольтного импульсного питания^{1/} /СВИП/ для стримерной камеры спектрометра ГИБС.

СВИП предназначена для надежного /не менее 10^5 срабатываний/ питания стримерной камеры высоковольтными наносекундными импульсами с параметрами: амплитуда 500 кВ, нестабильность амплитуды $/0,5 \div 1,5\%$, длительность импульса на полувысоте 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего 500 нс, нестабильность задержки $/2,5 \div 5\%$, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

СВИП состоит из следующих основных блоков: высоковольтного генератора наносекундных импульсов /ВВГНИ/, источника высокого постоянного напряжения /ИВПН/, стойки запуска генератора, аппаратуры контроля параметров камеры установки, системы газо-

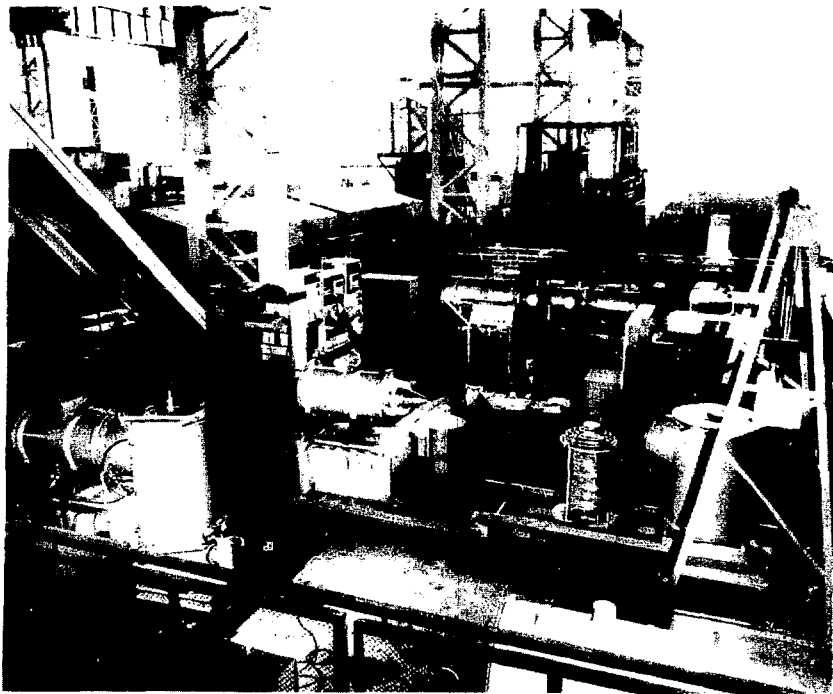


Рис.1. Общий вид системы высоковольтного импульсного питания в процессе наладки.

маслообеспечения и вакуумирования, вспомогательного и противопожарного оборудования. Конструктивно СВИП /рис.1/ выполнена в виде отдельных блоков, смонтированных на тележках, что обеспечивает гибкость и мобильность системы при подготовке и проведении эксперимента, а также при проведении профилактических и ремонтно-наладочных работ. Одновременно блочный принцип построения СВИП дает возможность модернизации отдельных блоков системы в процессе ее усовершенствования.

ОСНОВНЫЕ БЛОКИ СВИП

Высоковольтный генератор наносекундных импульсов /рис.2/ является основной частью СВИП, формирующей высоковольт-

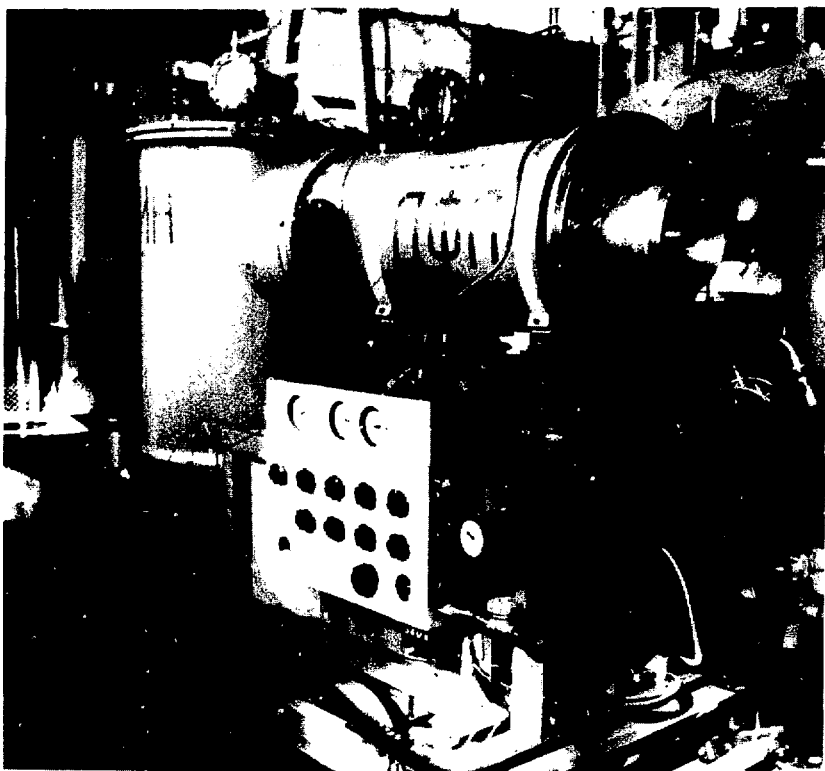


Рис.2. Общий вид высоковольтного генератора наносекундных импульсов.

ные наносекундные импульсы для питания стримерной камеры, и содержит импульсный генератор заряда /ИГЗ/, двойную формирующую линию /ДФЛ/, разрядник ДФЛ, линию передачи выходного импульса от ДФЛ к электродам стримерной камеры и согласованную нагрузку.

Импульсный генератор заряда предназначен для заряда ДФЛ импульсным напряжением. В процессе работы СВИП использовались 4 вида ИГЗ, результаты наработки которых в рабочем режиме стримерной камеры /амплитуда 450÷500 кВ, длительность 12 нс/ приведены в таблице.

Таблица

№	Вид импульсного генератора заряда	Кол-во срабатываний	Условия работы ИГЗ
1.	ГИН-500-002/5 с газовой изоляцией корпуса ИГЗ ^{2/}	50 000 10 000	при $U_{зар.} = 55$ кВ при $U_{зар.} = 85$ кВ раб. реж.
2.	ГИН-500-002/5 с масляной изоляцией корпуса ИГЗ ^{2/}	100 000 110 000*	при $U_{зар.} = 85$ кВ раб. реж.
3.	ИГЗ на основе комбинации ГИН-500-0,02/5 и импульсного трансформатора ^{3/}	15 000	при $U_{зар.} = \pm 50$ кВ раб. реж.
4.	ГИН с разнополярной зарядкой ступеней на основе конденсаторов ФМ-100-15УЗ	175 000**	при $U_{зар.} = \pm 57,5$ кВ раб.реж.

Примечание: * генератор работал без защитного соленоида,
** генератор продолжает работать.

Видно, что генераторы под пунктами 2 и 4 позволяют без ремонта произвести более 100 000 срабатываний, т.е. обеспечить работоспособность установки со стримерной камерой в течение всего или нескольких сеансов ее облучения на синхрофазотроне /~ 20 сут/.

Коаксиальная двойная формирующая линия предназначена для формирования выходных импульсов с заданными параметрами и размещена в стальном цилиндрическом кожухе ϕ 500 мм, который одновременно является наружным электродом линии. Диаметр среднего электрода 320 мм, внутреннего - 200 мм. Материал - дюралюминий, наполнение - трансформаторное масло, выходное сопротивление 37 Ом. Меняя длину среднего электрода /805, 540 или 280 мм/, можно получать на выходе импульсы различной длительности. В рабочем варианте ДФЛ используется средний электрод максимальной длины 950 мм /т.к. действительная длина среднего электрода на 145 мм больше за счет узла крепления его к разряднику/. При этом расчетная длительность импульса составляет 9,5 нс, а измеренная 12 нс. Отличие может быть объяснено разностью в длинах отдельных линий, составляющих ДФЛ, и наличием индуктивности и сопротивления разрядного контура ($l_1 = 950$ мм, $l_2 = 760$ мм, $\Delta l = l_1 - l_2 = 190$ мм, $\Delta t = \Delta l \sqrt{\epsilon/c} \approx 2$ нс = $t_{ф}$ и $t_{н0,5} = 2t_2 + 2t_{ф} \approx 11,6$ нс/1/). Исходя из указанных геометрических размеров ДФЛ и имеющихся данных по электрической прочности трансформаторного масла и поверхности раздела диэлектрик - масло в поле коаксиальных цилиндров^{4/} проведена оценка величины максимально возможного зарядного напряжения на линии, которое составляет 1,5 МВ при времени заряда не более 400 нс.

Разрядник линии. В качестве коммутатора ДФЛ, определяющего крутизну фронта импульса и потери по напряжению, используется неуправляемый двухэлектродный искровой разрядник в атмосфере сжатого газа (SF_6), конструкция которого описана в работах^{1,5/}. Рабочий зазор разрядника 13,5 мм, и это значение, как близкое к оптимальному, выбрано в процессе испытаний генератора^{6/}. Отличительной особенностью разрядника является использование на цилиндрическом катоде двух или трех кольцевых выступов высотой 0,5 мм, создающих местное искажение поля, достаточное для автоэмиссии электронов при средних напряженностях электрического поля 400÷500 кВ/см. Нестабильность амплитуды выходного импульса в этом случае, измеренная с помощью контрольно-измерительной аппаратуры^{7/}, не превышает 1% в течение 10^5 срабатываний /для удаления продуктов разложения SF_6 периодически после 10^4 срабатываний проводилась продувка разрядника/. Расчетное и определенное экспериментально значение индуктивности разрядника составляет 35 нГн. Измеренное значение фронта импульса - 5 нс. Оценка крутизны тока через коммутатор в рабочих условиях показывает, что она составляет $\sim 0,5 \cdot 10^{13}$ А/с и близка к максимально возможной при одноискровой коммутации. Потери на разряднике составляют $\sim 30\%$.

В качестве линии передачи импульса от ДФЛ к кожуху камеры используется геометрическая двухметровая коаксиальная линия

с наружным диаметром 500 мм и внутренним - 270 мм. Волновое сопротивление 37 Ом, наполнение - элегаз. Уплотнение линии передачи достигнуто применением специально разработанной резиновой диафрагмы, устанавливаемой на кожухе камеры. На воздухе линия передачи при указанной длительности импульса начинает коронировать при амплитуде ~ 450 кВ (54 кВ/см).

Согласованной нагрузкой камеры является набор резисторов ТВ0-60 с результирующим номиналом, равным импедансу стримерной камеры. Так как на установке ГИБС подвод напряжения к электродам стримерной камеры осуществлен под углом, близким к 45° , то для выравнивания яркости треков по всему объему камеры потребовался экспериментальный подбор значений резисторов

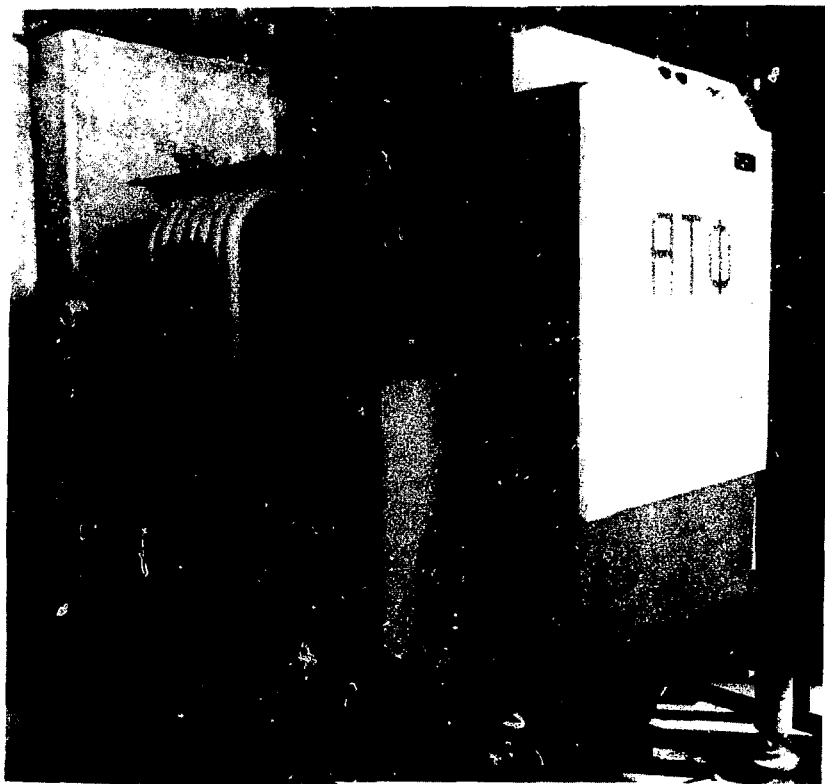


Рис.3. Фотография источника постоянного напряжения АТФ-400, установленного на подвижной платформе.

и увеличение краевой емкости одного из боковых электродов камеры.

В качестве источника высокого постоянного напряжения в процессе наладки и испытаний генератора использовались промышленные источники ВС-50-50, АТФ-400 /рис.3/ и РАП-150/300. Заряд накопительных емкостей генератора от источника осуществляется через блок зарядных резисторов - набор резисторов КЭВ-5, размещенных в стальном баке, заполненном трансформаторным маслом.

Стойка запуска предназначена для запуска высоковольтного генератора СВИП импульсом отрицательной полярности с амплитудой 20 кВ и длительностью на полувывоте 150 нс, вырабатываемым блоком на основе тиратрона ТГИ-1000/25.

Аппаратура контроля параметров установки состоит из следующих систем: 1/ для контроля и измерений параметров выходного импульса используется аппаратура [7], содержащая блоки рас-

ширения наносекундных импульсов с выходом на цифровые вольтметры для измерения амплитуды импульса и задержки, цифровые вольтметры для измерения постоянного напряжения заряда емкостей генератора, а также осциллограф для контроля формы импульса; 2/ стойка визуального контроля /рис.4/, содержащая цифровые вольтметры V543 для измерения постоянного зарядного напряжения, измерителя временных интервалов И2-24 для измерения задержек и импульсные вольтметры В4-17 с интегрирующим блоком для измерения импульса и предимпульса на электродах стримерной камеры.

Система газомаслообеспечения и вакуумирования служит для вакуумирования и заполнения корпуса генера-

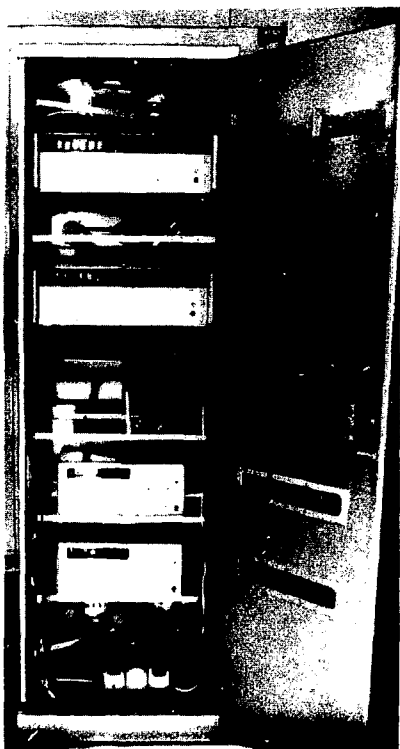


Рис.4. Фотография стойки визуального контроля.

тора трансформаторным маслом, для заполнения объемов разрядников азотом, углекислым газом, элегазом или их смесью до необходимого давления, а также для создания в линии передачи избыточного давления /10÷15 мм масляного столба/ элегаза.

К вспомогательному оборудованию относятся технологическая емкость, технологическая тележка, эквивалент нагрузки и оборудование для обслуживания. Технологическая емкость /объем 0,58 м³/ предназначена для сбора, вакуумирования, хранения трансформаторного масла, а также для транспортировки масла на очистку или замену. Технологическая тележка предназначена для оперативной замены генератора в случае его аварийного выхода из строя, последующего его ремонта, а также для хранения инструментов, приспособлений и запасных деталей, необходимых при проведении профилактических и ремонтных работ на СВИПе. Нагрузкой генератора при испытаниях и наладочных работах служит электрический эквивалент нагрузки стримерной камеры /~ 37 Ом, резисторы ТВ0-60, 10 шт. параллельно/, размещенный в стальном корпусе, заполненном элегазом. Противопожарная установка типа ОУ-80 предназначена для приведения в действие системы локального пожаротушения ВВГНИ в случае возможного возгорания трансформаторного масла.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СВИП испытана на стенде с эквивалентом нагрузки и работает на ускорителе совместно со стримерной камерой спектрометра.

На рис.5 приведены осциллограммы импульса /1/, предимпульса /3/ на эквиваленте нагрузки /37 Ом/ и зарядного напряжения /2/ на ДФЛ при заряде ее от ГИН-500-0,02/5 /уровень зарядного

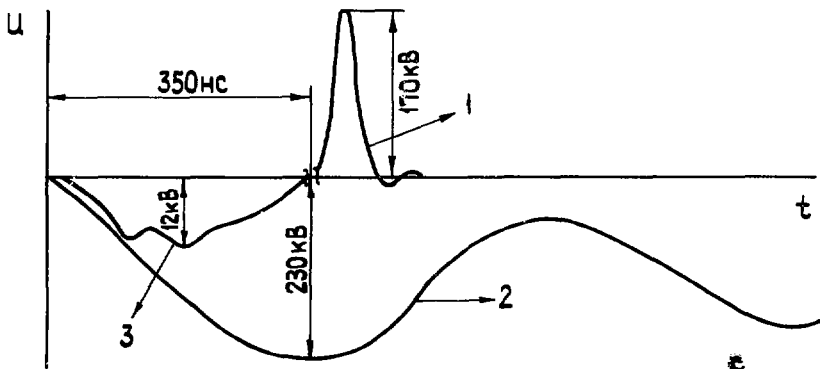


Рис.5. Осциллограммы импульса /1/ и предимпульса /3/ на согласованной нагрузке и зарядного напряжения /2/ на ДФЛ.

напряжения конденсаторов ГИН 30 кВ/. Общие потери напряжения с учетом резонансного заряда ДФЛ составляют ~ 35% и приходится в основном на разрядник линии. Расчетный коэффициент увеличения напряжения на ДФЛ /С = 0,6 нФ/ относительно выходного напряжения ГИН /С = 4 нФ/ без учета потерь в контуре заряда ДФЛ равен 1,74, экспериментальный - 1,53.

На ускорителе в рабочих сеансах установки в основном работал генератор с ИГЗ 4-го вида /см. таблицу/.

В ГИН с разнополярной зарядкой ступеней /С = 1,5 нФ, L = 5 мкГн/ при зарядном напряжении ±55 кВ запасается энергия 227 Дж, ~ 65% этой энергии трансформируется в ДФЛ за 0,225 мкс, в это время максимальное напряжение на линии достигает ~700 кВ. Расчетный коэффициент увеличения напряжения генератора составляет 1,43, экспериментальный - 0,91 на эквиваленте нагрузки /37 Ом/ и 0,8 на стримерной камере /32 Ом/. При сокращении длительности импульса до 10 нс /длина среднего электрода 540 мм вместо 805 мм/ потери напряжения на камере увеличиваются приблизительно на 10% при прочих равных условиях. Общая наработка генератора в настоящее время составляет 175 тыс. срабатываний, из них 95 тыс. - в рабочих сеансах спектрометра ГИБС.

Таким образом, создана система высоковольтного импульсного питания стримерной камеры спектрометра ГИБС, которая состоит из блоков, обеспечивающих надежное и стабильное питание камеры на уровне 500 кВ, а также быстрое и удобное обслуживание и ремонт системы.

В заключение авторы выражают благодарность Н.Н.Графову и В.П.Садиллову за помощь при доработке узлов генератора, И.Ф.Фурсову, С.А.Щелеву, Е.А.Матюшевскому, Б.К.Курятникову, С.М.Биттибаеву за содействие в изготовлении блоков СВИП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, Б1-13-10674, Дубна, 1977.
2. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-86-149, Дубна, 1986;
- ПТЭ, 1987, № 3, с.97.
3. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-86-350, Дубна, 1986;
- ПТЭ, 1987, № 4, с.100.
4. Ушаков В.Я. и др. В кн.: Импульсный разряд в диэлектриках. Новосибирск: Наука, 1985, с.114.
5. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, 13-7792, Дубна, 1974.
6. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-83-453, Дубна, 1983.
7. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, Р13-7811, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 октября 1987 года.

Аксиненко В.Д. и др.

13-87-773

Система высоковольтного импульсного питания
стримерной камеры спектрометра ГИБС

Приведены результаты разработки и испытаний системы высоковольтного импульсного питания /СВИП/ для стримерной камеры спектрометра ГИБС. СВИП состоит из следующих основных блоков: высоковольтного генератора наносекундных импульсов, источника высокого постоянного напряжения, стойки запуска генератора, аппаратуры контроля параметров камеры, системы газоснабжения и вакуумирования, вспомогательного и противопожарного оборудования. Дано краткое описание каждого из блоков системы. Приведены экспериментальные результаты испытаний СВИП, обеспечивающей надежное /не менее 10^5 срабатываний/ питание стримерной камеры высоковольтными импульсами с параметрами: амплитуда 500 кВ, нестабильность амплитуды $/0,5 \pm 1,5\%$, длительность импульса на половине 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего ≤ 500 нс, нестабильность задержки $/2,5 \pm 5\%$, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Aksinenko V.D. et al.

13-87-773

High Voltage Pulse System for the Streamer Chamber
Supply of GIBS Spectrometer

Results of development and testing of high voltage pulse system HVPS for the streamer chamber supply of the GIBS spectrometer are presented. HVPS consists of the following basic blocks: nanosecond pulse high voltage generator, high voltage charging supply, trigger generator, chamber parameter control devices, gas-oil and vacuuming supply systems, auxiliary and fire-prevention devices. The system blocks are described. Experimental results of HVPS testing are presented. HVPS provides a reliable (10^5 operations) of streamer chamber supply with high voltage pulse parameters: amplitude - 500 kV, amplitude instability $(0.5 \pm 1.5)\%$, pulse duration - 12 ns, delay time - 500 ns, delay instability $(2.5 \pm 5)\%$, mean frequency of output signals - 0.1 Hz.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987

13 коп.

Редактор Е.К.Аксенова. Макет Р.Д.Фоминой.
Набор Л.В.Пахомовой.

Подписано в печать 12.11.87.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 0,83.

Тираж 350. Заказ 39857.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.