

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

В период с 1.10.91 по 1.10.92 ИБР-2 проработал 2666 часов (10 циклов) на физические эксперименты на 12 пучках нейтронов. Более детальная информация о ходе прошедшей кампании реактора дана в табл.1.

Кратковременные остановки реактора инициировались непредвиденными срабатываниями аварийной защиты, вызванными событиями, которые могут быть отнесены к уровню 0 по Международной шкале событий.

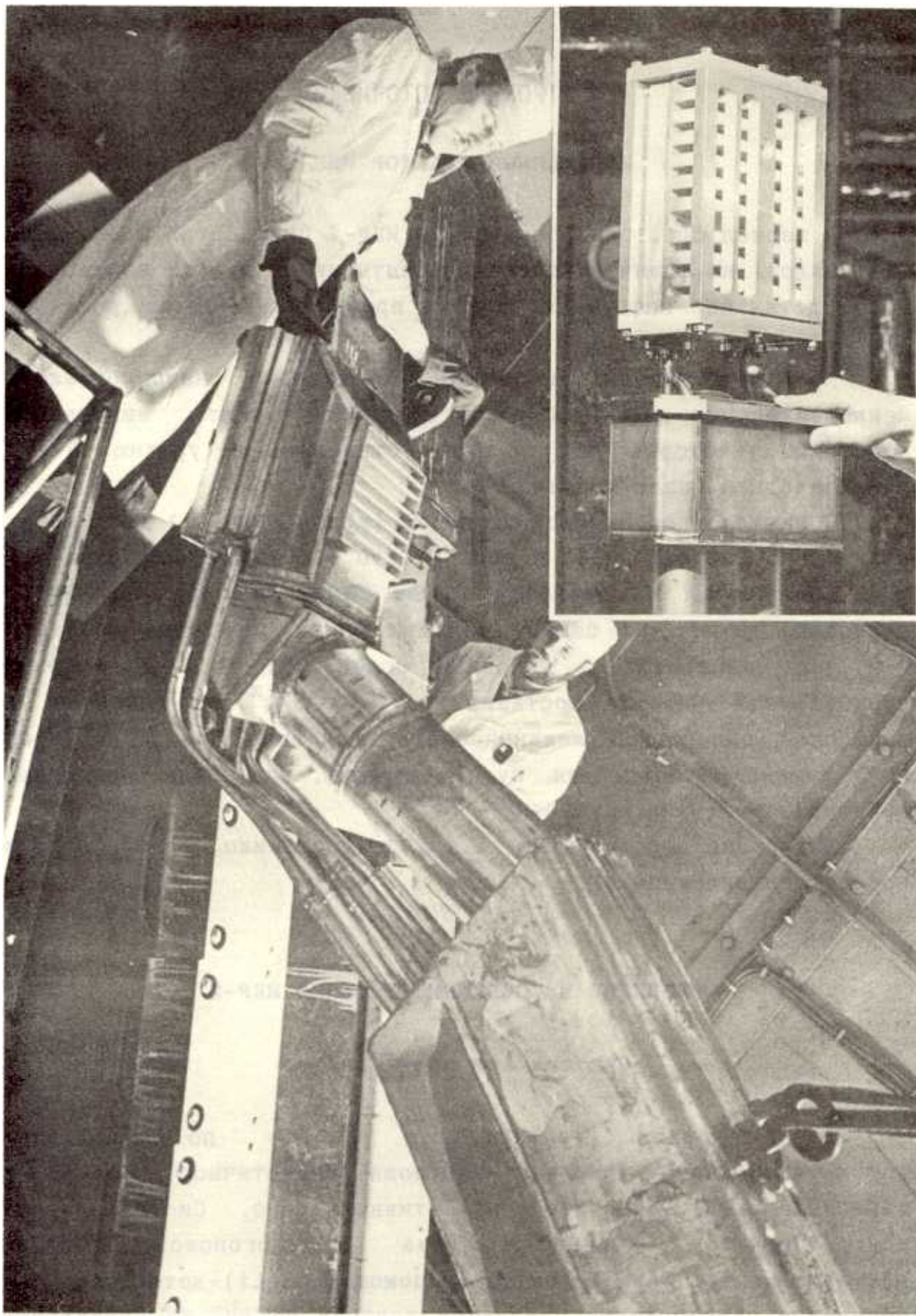
С начала энергетического пуска (конец 1980 г.) до 1.10.92 реактор проработал 23040 часов. К 1.10.92 подвижный отражатель ПО-2 проработал на мощности 2 МВт 13067 часов. Разрешенный ресурсный флюенс по центру лопасти ПО-2 составляет $6,7 \cdot 10^{25}$ н/м² для нейтронов с энергией более 0,1 МэВ. К 1.10.92 наработанный флюенс составил $4,71 \cdot 10^{25}$ н/м². В связи с ожидаемой выработкой механического и радиационного ресурсов ПО-2 летом 1994 г. он будет заменен на новый подвижный (резервный) отражатель ПО-2Р.

Выгорание топлива на 1.10.92 составило 3,58% против проектного значения 5%.

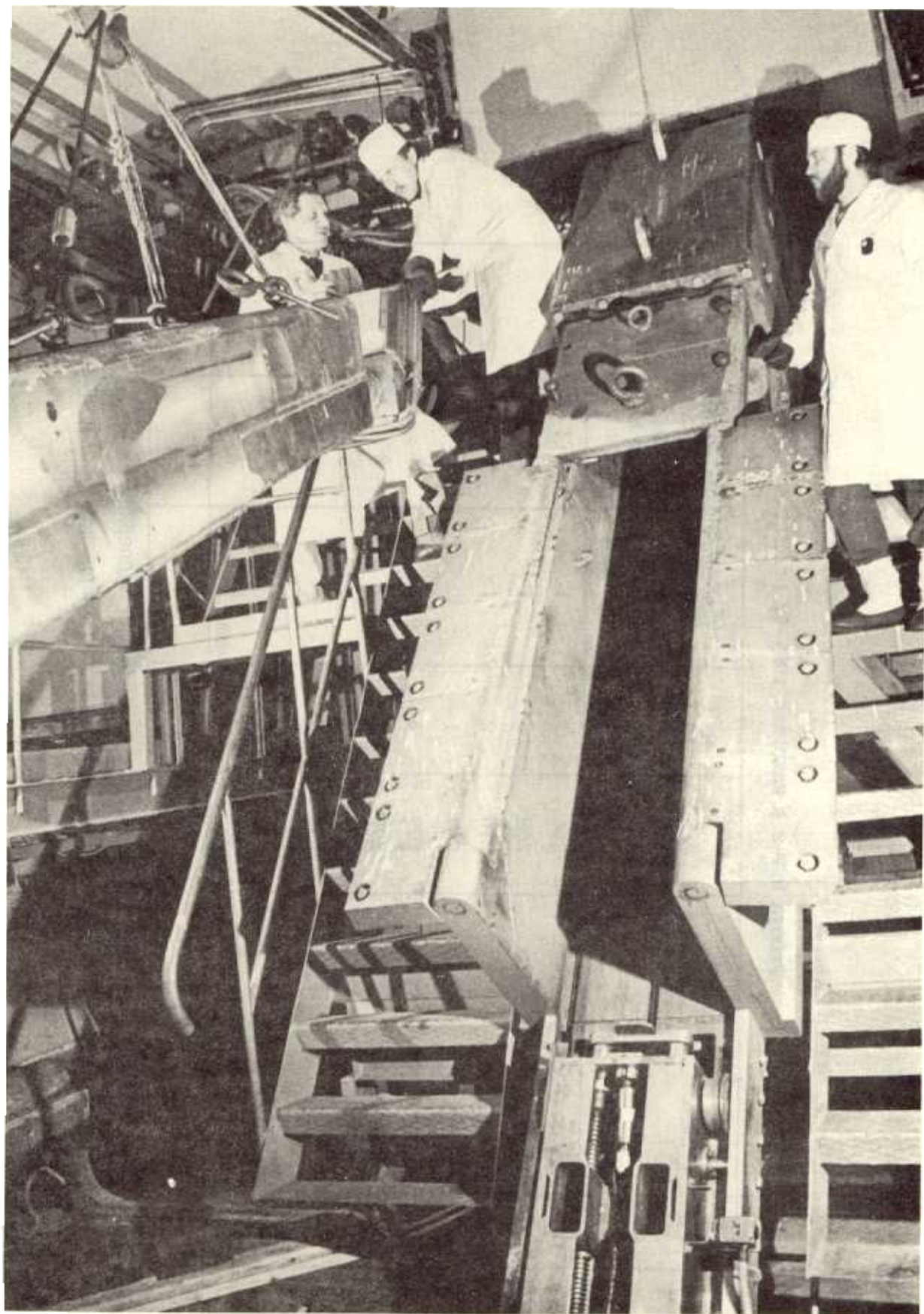
РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИБР-2

Система контроля ТВЭЛ'ов

В основном завершены работы по созданию автоматизированной системы контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов в активной зоне. Система будет контролировать активность газа в аргонной полости расширительного бака I контура с помощью Ge(Li)-детектора. При появлении газообразных продуктов деления на пульте управления реактора автоматически будет появляться соответствующая информация



Криогенный замедлитель из твердого метана реактора ИБР-2



Монтаж криогенного замедлителя в наклонном канале ИБР-2

Таблица 1

Работа ИБР-2 в кампании 1991-92 гг.

№ цикла	Время цикла	Т _{ф.э.} , часы	Т _{п.о.} , часы	N _{а.с.}	Причины срабатывания аварийной защиты			
					посадки напряжения в сети	отказы оборудо- вания	наводки на аппа- ратуру	ошибки персо- нала
1	14.10.91-25.10.91	247	266	3	1	1	1	
2	11.11.91-22.11.91	250	268	3	1	2		
3	09.12.91-20.12.91	257	270	2	1	1		
4	06.01.92-17.01.92	263	269	1		1		
5	27.01.92-08.02.92	248	209	3	2	1		
6	17.02.92-29.02.92	265	299	2		2		
7	16.03.92-29.03.92	268	321	3	1	2		
8	13.04.92-25.04.92	265	277	2		2		
9	12.05.92-24.05.92	278	284	1		1		
10	08.06.92-24.06.92	325	408	7	3	4		
Итого:		2666	2871	27	9	17	1	

Примечание: Т_{ф.э.} -длительность работы реактора на физический эксперимент; Т_{п.о.} -длительность работы подвижного отражателя; N_{а.с.} -количество аварийных сбросов мощности.

Автоматизированная система информации и управления (АСИУ) ИБР-2

В отчетный период было продолжено создание АСИУ реактора. Подробная информация о системе дана в предыдущем годовом отчете за 1991 г. Напомним, что АСИУ состоит из трех подсистем: 1) технического контроля (Т); 2) контроля реактора и отражателя (R); 3) логической системы обработки и формирования сигналов управления и защиты (L). Состояние подсистем на 1.10.92 г. следующее: подсистема Т прошла рабочие испытания и готова к эксплуатации; подсистема R изготовлена и проходит рабочие испытания. Подсистема L разрабатывается. В целом график создания АСИУ не выполняется, задержка составляет около 8 месяцев. Основная причина - недостаток финансирования.

Подвижные отражатели

Продолжалось изготовление нового (резервного) отражателя ПО-2Р (вариант стальных роторов). Сделано 14 сборочных единиц машины. Однако завершить ее изготовление в отчетном году не удалось из-за недостаточного финансирования в связи с резким подорожанием материалов и роста оплаты работ. Из-за отсутствия финансирования остановлена разработка нового отражателя ПО-2РМ (вариант никелевых роторов).

Криогенный замедлитель

В отчетном году были завершены работы по изготовлению криогенного замедлителя (КЗ) на основе твердого метана. Подробное описание проекта дано в предыдущем годовом отчете за 1991 г. Замедлитель был установлен на штатном месте около активной зоны, отработаны транспортные операции по его установке и удалению от зоны, смонтированы и налажены системы контроля и диагностики. В октябре 1992 г. проведены комплексные технологические испытания КЗ с захолаживанием метана до 12 К. Была разработана программа испытаний КЗ при работе реактора на мощности, обоснована безопасность проведения этих испытаний при определенных ограничениях (не более 5 МВт·час).

30.10.92-5.11.92 осуществлен физический пуск КЗ при работе ИБР-2 на мощности до 1 МВт включительно. Были измерены теплофизические и нейтронно-физические характеристики КЗ.

Получены следующие результаты при 1 МВт: температура твердого метана 20 К; потребляемая мощность в замедлителе 490 Вт против 300 Вт на нулевой мощности; допустимый темп подъема мощности реактора не более 0,3 МВт/час; увеличение потока холодных нейтронов ($\lambda > 4 \text{ \AA}$) в 4,2 - 5,2 раза по сравнению со штатным гребенчатым водяным замедлителем.

На рис.1 приведено изменение параметров замедлителя при захолаживании без мощности, при работе реактора на мощности и отогреве замедлителя. На рис.2 приведены экспериментальные спектры нейтронов от гребенчатого и криогенного замедлителей, а на рис.3 показан соответствующий фактор выигрыша от КЗ. В целом достигнуты проектные параметры замедлителя. После длительных испытаний на большей мощности КЗ предполагается ввести в эксплуатацию в первой половине 1993 г.

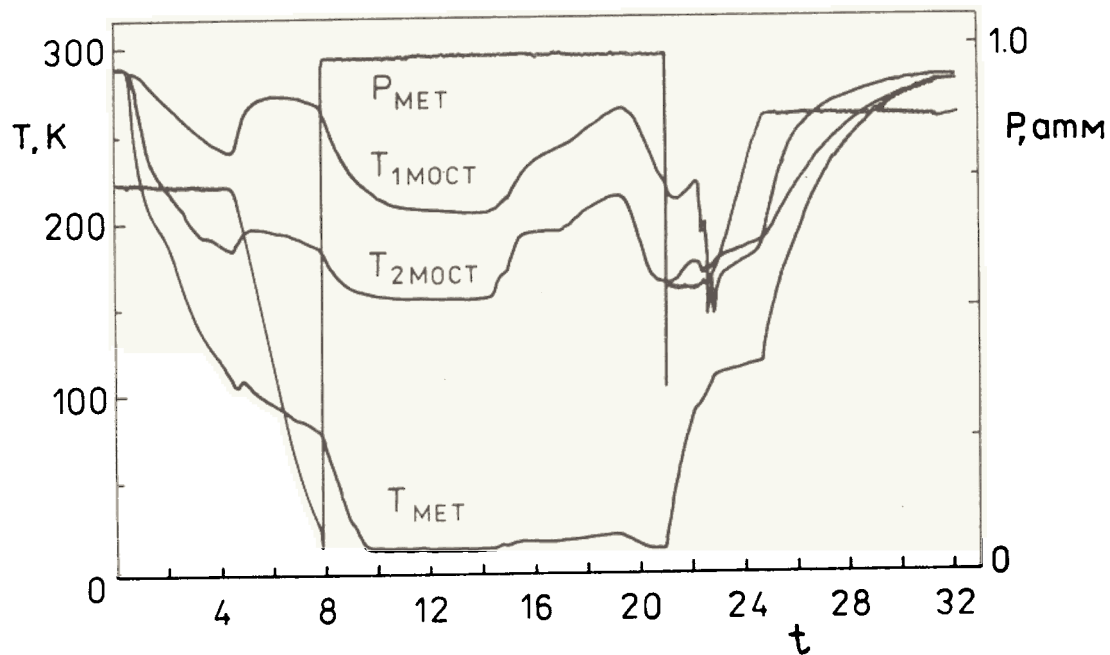


Рис. 1. Изменение давления $P_{мет.}$ и температуры $T_{мет.}$ в замедлителе и температуры $T_{1мост}$ и $T_{2мост}$ в двух точках теплового моста замедлителя: $t \approx 8$ ч - замедлитель заполнен гелием до 1 атм; $t \approx 14$ ч - подъем мощности ИБР-2 до 1 МВт; $t \approx 19,5$ ч - реактор остановлен; $t \approx 21$ ч - замедлитель соединен с ресивером, охлаждение выключено

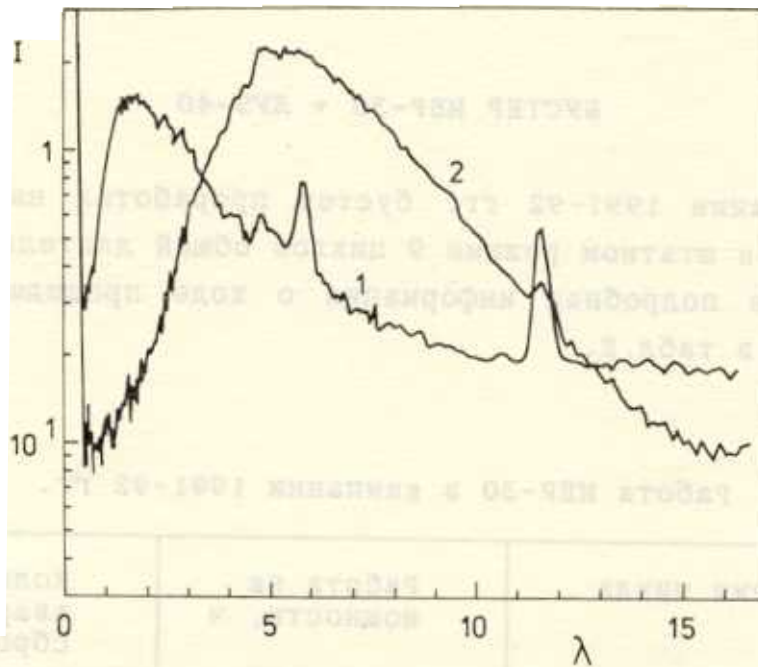


Рис. 2. Нейтронные спектры, измеренные на пучке № 4 реактора ИБР-2: 1 - гребенчатый замедлитель, 2 - криогенный замедлитель. По оси ординат - интенсивность счета в произвольных для каждого спектра единицах

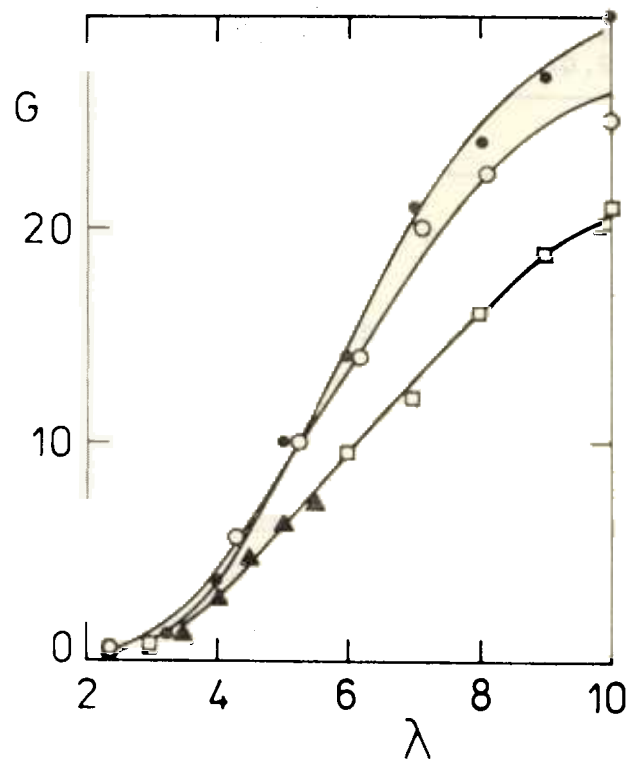


Рис. 3. Зависимость фактора выигрыша G от длины волны нейтрона $\lambda(\text{Å})$: ● - измерение спектров полупроводниковым $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором на пучке № 4 на базе пролета $L = 18$ м; ○ - измерение на дифрактометре малоуглового рассеяния МУРН с углеродом, $L = 18$ м; □ - токовая камера деления ^{235}U на пучке № 6, $L = 5,5$ м; ▲ - измерения на дифрактометре ДН-2 с двуокисью циркония ZrO_2 , $L = 25$ м

БУСТЕР ИБР-30 + ЛУЭ-40

В кампании 1991-92 гг. бустер проработал на физический эксперимент в штатном режиме 9 циклов общей длительностью 2158 часов. Более подробная информация о ходе прошедшей кампании ИБР-30 дана в табл.2.

Таблица 2

Работа ИБР-30 в кампании 1991-92 гг.

№ цикла	Время цикла	Работа на мощности, ч	Количество аварийных сбросов
1	18.11-22.11	96,5	14
2	08.12-10.12	266,2	22
3	06.01-17.01	272,2	6
4	27.01-06.02	232,0	23
5	17.02-28.02	235,9	22
6	16.03-27.03	272,3	7
7	13.04-24.04	261,4	14
8	11.05-22.05	263,7	16
9	08.06-19.06	257,7	7
Итого		2158	131

В предыдущем годовом отчете было сообщено о разработке новой танталовой мишени. Целью этого проекта является повышение эффективности использования фотонейтронов и создание более равномерного теплового поля вокруг канала мишени. Мишень была установлена на штатное место внутри активной зоны бустера и подготовлена к рабочим испытаниям в начале кампании 1992-93 гг. Однако недельные испытания мишени окончились неудачей. Танталовая мишень, охлаждаемая газообразным гелием, начала разрушаться под действием электронного пучка, что привело к забиванию мишенного канала частицами тантала, падению расхода гелия и соответствующему повышению температуры мишени. Испытания были остановлены. Мишень была заменена на штатную вольфрамовую мишень, с которой кампания 1992-93 гг. была продолжена. В дальнейшем новая мишень по результатам проведенных испытаний будет доработана, в частности, тантал будет заменен на вольфрам.

ИСТОЧНИК РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ (ИРЕН)

В предыдущем годовом отчете было сообщено о начале разработки нового нейтронного источника высокого разрешения (старое название проекта - НИВР), который должен заменить ныне действующий источник - бустер ИБР-30. В процессе разработки проекта стало ясно, что можно создать относительно дешевый источник резонансных нейтронов с параметрами на уровне мировых в своем классе. Основой установки является мощный линейный ускоритель электронов ЛУЭ-100. Параметры установки ИРЕН и ускорителя ЛУЭ-100 приведены в табл.3, а схема размещения ИРЕН в здании, где расположен ИБР-30, приведена на рис.4.

Таблица 3

Расчетные параметры установки ИРЕН

Энергия электронов, МэВ	- 150
Пиковый ток, А	- 2,2
Частота импульсов, Гц	- 150
Длительность импульса, мкс	- 0,2
Средняя мощность электронного пучка, кВт	- 10
Длительность нейтронного импульса, мкс	- 0,4
Средняя мощность делений, кВт	- 30
Пиковая мощность делений, МВт	- 540
Средний поток*, н/с	- $1,5 \cdot 10^{15}$
Пиковый поток, н/с	- $2,7 \cdot 10^{19}$
Фон между импульсами, %	- 5,6
Умножение	- 28
Среднее время жизни мгновенных нейтронов, мкс	- 0,01
Объем активной зоны, дм ³	- 2,5

*Выход нейтронов рассчитан для е-γ-п-конвертора из нержавеющей стали, урана-235 и мононитрида урана-235 и для активной зоны - из плутония.

В отчетный период заключен договор на проектирование и создание линейного ускорителя ЛУЭ-100 в Институте ядерной физики РАН (Новосибирск). Работы ведутся в соответствии с календарным планом: выполнен расчет ускорителя и его технологических систем, проводится разработка и моделирование

отдельных узлов ускорителя (электронная пушка, ускоряющая структура, система высокочастотного питания), близок к завершению компоновочный проект ускорителя, выполнена эскизная проработка размножающей активной зоны из плутония. Намечено проведение международной экспертизы проекта.

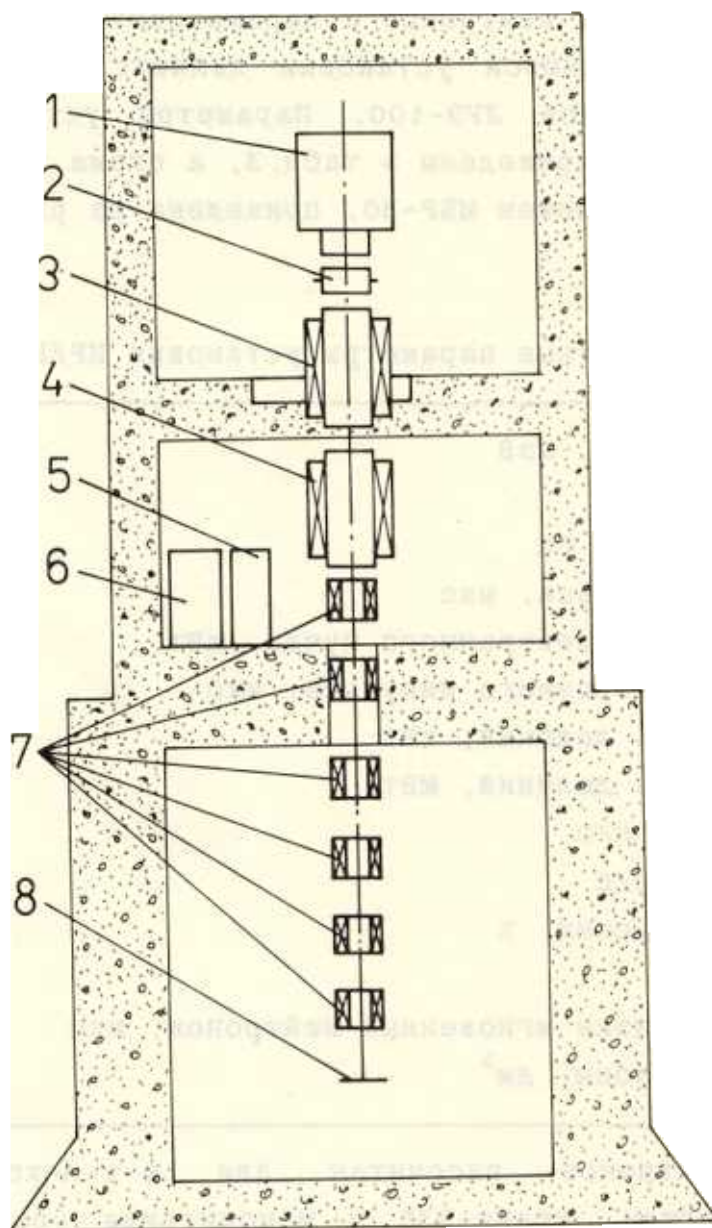


Рис. 4. Схема размещения установки ИРЕН в здании 43 ЛНФ ОИЯИ (вертикальный разрез): 1 - электронная пушка, 2 - группирователь; 3,4 - ускоряющие секции, 5 - клистронный генератор; 6 - модулятор; 7 - фокусирующие катушки; 8 - мишень

ПУБЛИКАЦИИ

1. Пепельшев Ю.Н., Малышев Е.К., Чукляев С.В. Вторично-эмиссионные детекторы для измерений мощности дозы γ -излучения ядерных реакторов и ускорителей. IX Совещание по дозиметрии интенсивных потоков ионизирующих излучений. Обнинск, 24-26 марта 1992 г. Тезисы докладов.

2. Пепельшев Ю.Н., Дзвинель В. Возможность оперативного контроля качества продукции с использованием методов классификации многопараметрических данных. Сообщение ОИЯИ Р10-92-143, Дубна, 1992.

3. Рогов А.Д., Шабалин Е.П. Сравнительные возможности различных вариантов модернизации импульсного источника нейтронов ИБР-2. В Трудах Межд. рабочего совещания "Импульсные ядерные реакторы: новые возможности для научных исследований", Дубна, 1992.

4. Aksenov V.L., Dikansky N.A., Lomidze V.L., Novokhatsky A.V., Popov Yu.P., Rudenko V.T., Skrinsky A.N., Furman W.I. Proposal for the Construction of the New Intense Resonance Neutron Source (IREN). JINR, E3-92-110, Dubna, 1992.

5. Lomidze V.L., Rogov A.D. Using of the Interactive Version GEANTS3 Code for Analysis of Neutron Source. Presented to the Int. Conf.: Mathematical Methods and Supercomputing in Nuclear Application. 19-23 Apr., 1993, Karlsruhe, FRG.

6. Lomidze V.L., Rogov A.D. The Reflection of the 40 MeV Electrons by the Sharp-Angle Tungsten Target and the Fuel Pin Meltdown Accident Analysis of the IBR-30 Booster. Доклад на Межд. семинаре по взаимодействию нейтронов с ядрами, Дубна, 14-17 апреля 1992 г.