

*С. В. АРТЕМОВ\*, А. Г. БАЖАЖИН\*, М. К. БАКТЫБАЕВ, Н. БУРТЕБАЕВ, А. ДУЙСЕБАЕВ,  
Б. А. ДУЙСЕБАЕВ, Р. А. ЗАРИФОВ, К. К. КАДЫРЖАНОВ, А. А. КАРАХОДЖАЕВ\*,  
С. К. САХИЕВ, Н. К. САТПАЕВ, А. М. САРГАСКАЕВ, А. М. СЕЙТИМБЕТОВ*

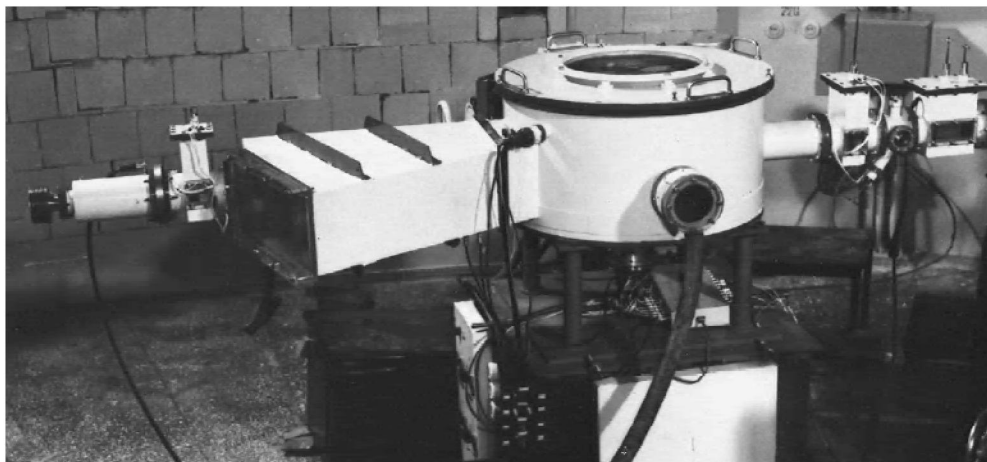
## **КАМЕРА РАССЕЯНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В ПРЕДЕЛЬНО МАЛЫХ УГЛАХ НА ВЫВЕДЕННОМ ПУЧКЕ ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА У-150М**

На циклотроне У-150М ИЯФ НЯЦ РК создана новая реакционная камера, позволяющая измерять выход ядерных реакций в диапазоне углов  $3-170^\circ$  в лабораторной системе координат.

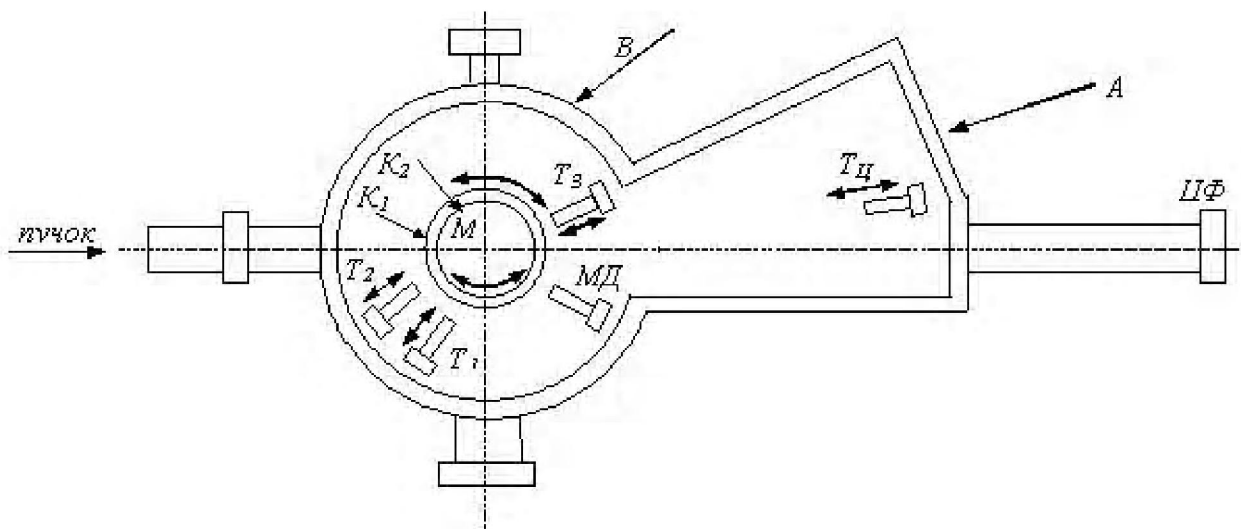
При решении экспериментальных задач по физике ядерных реакций требуется измерение угловых распределений сечений упругого и неупругого рассеяния и ядерных реакций в широком интервале углов рассеяния, включая углы  $\sim 10^{-3} \text{ рад}$  [1]. Особое место занимает прецизионное измерение угловых зависимостей сечений реакций в области малых углов рассеяния, что необходимо для корректного определения спектроскопических  $S$ -факторов.

Прототипом камеры рассеяния ИЯФ НЯЦ РК послужила экспериментальная установка, описанная в работе [2]. Общий вид и схема установки представлены на рис. 1 и 2.

Камера, изготовленная из нержавеющей стали, состоит из полого цилиндра  $A$  с внутренним диаметром 715 мм, высотой 370 мм и так называемого “кармана”  $B$ , представляющего собой дополнительный объем, вытянутый по ходу пучка. В основном объеме  $A$  камеры на двух независимых



**Рис. 1.** Общий вид камеры



**Рис. 2.** Схема камеры реакций.  $K_1, K_2$  – независимо вращающиеся кольца с приводом от шаговых двигателей;  $T_1 \div T_4$  – телескопы  $\Delta E - E$  детекторов, крепящиеся попарно к кольцам  $K_1$  и  $K_2$ ;  $МД$  – детектор, служащий для мониторинга рассеянного пучка,  $ЦФ$  – цилиндр Фарадея

дистанционно управляемых приводах углового перемещения установлены три ( $\Delta E - E$ )-телескопа кремниевых полупроводниковых детекторов, перекрывающих углы рассеяния  $10 \div 177^\circ$  с точностью установки  $\sim 20'$ . При необходимости расстояния телескопов от мишеней могут дистанционно изменяться в пределах  $100 \div 350$  мм. В объеме  $B$  установлен четвертый телескоп с независимым приводом, предназначенный для измерений в диапазоне углов вылета  $2 \div 20^\circ$ . Значительное удаление от мишени (до 1000 мм) позволяет в  $10 \div 15$  раз снизить загрузку регистрирующей аппаратуры, обусловленную процессами упругого рассеяния при измерениях под экстремально малыми углами. На цилиндрической части камеры имеются фланцы для технологических целей и подсоединения газовой мишени. На верхней крышке камеры имеется смотровое окно диаметром 290 мм, позволяющее визуально контролировать экспериментальную ситуацию (углы установки телескопов, состояние мишеней и т.п.).

На днище части  $B$  смонтирован фланец с высоковакуумными электроразъемами; внутри этой части на трех юстировочных винтах установлена монтажная плита  $\varnothing 685$  мм. На монтажной плите смонтировано устройство для одновременного вращения относительно мишени детекторов  $T_1$  и  $T_2$  и независимого от них перемещения детекторов  $T_3$  и  $T_4$ , которое осуществляется за счет вращения колец  $K_1$  и  $K_2$ , установленных на монтажной плите. Детекторы  $T_1$  и  $T_2$  крепятся на

кронштейнах к кольцу  $K_1$ , а  $T_3$  и  $T_4$  – к кольцу  $K_2$ . Для вращения колец  $K_1$  и  $K_2$  используются два шаговых двигателя.

В целях уменьшения влияния фонового излучения от цилиндра Фарадея на детекторы была проведена реконструкция системы. Изготовлен и апробирован узел, содержащий новый цилиндр Фарадея. Для этого значительно увеличен диаметр (до 190 мм) ионопровода, куда помещен цилиндр Фарадея, что позволило избежать попадания пучка ускоренных ионов на стенки ионопровода как во время вывода и настройки пучка, так и непосредственно во время измерения сечений. Цилиндр Фарадея отнесен на значительное расстояние от мишенного узла и регистрирующих детекторов. Новый вариант цилиндра Фарадея удален от камеры реакций на 1 м. Внутри ионопровода, где монтировался цилиндр Фарадея, была сконструирована и создана система контроля тока пучка, независимого от цилиндра Фарадея, для постоянного контроля и коррекции величины тока на мишени во время измерения.

Для оптимальной фокусировки пучка ускоренных ионов на мишени входной коллиматор выбран диаметром 2 мм при базовом расстоянии 440 мм. Для быстрой смены мишени, изменения ее ориентации относительно оси пучка, измерения толщины мишени и периодического контроля ее толщины в процессе эксперимента изготовлено и смонтировано на специальном держателе (крестовине) устройство — мишенный блок.

Для работы с мишенями из химически активных элементов ( ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ) модернизирована специальная установка [3], основным элементом которой является держатель мишени с подложкой из тонкой (до  $2000 \text{ \AA}$ ) органической или оксидной пленки. Важным достоинством конструкции является возможность получения мишеней методом термического распыления, ее хранения и перенос в камеру рассеяния без нарушения вакуума. Камера установлена на конце четвертого ионопровода изохронного циклотрона У-150М. Для автономной откачки камеры смонтирована специальная вакуумная система откачки, включающая в себя высоковакуумный турбомолекулярный насос, насос предварительной откачки. Для обеспечения автономной вакуумной откачки, а также для автономного напуска воздуха в камеру между ионопроводом циклотрона и камерой установлен вакуумный затвор, позволяющий проводить откачку и напуск воздуха в камеру, не нарушая вакуума в ионопроводе циклотрона. Система откачки была опробована и показала хорошие результаты как по скорости откачки, так и по достижению высокого вакуума, несмотря на большой откачиваемый объем.

Юстировка камеры осуществлялась по лазерному лучу и заключалась в выведении протяженного коллиматора, телескопов, мишенного узла и цилиндра Фарадея на геометрическую ось ионопровода, а также в установке с помощью уровня в горизонтальную плоскость монтажной плиты и плиты-основания дальнего телескопа.

Электронные узлы камеры, необходимые для измерения сечений рассеяния в широком диапазоне углов, включая область предельно малых углов, входят в состав трех подсистем:

- 1) электромеханическая подсистема управления перемещением телескопов в камере, смены мишеней и их поворота относительно центральной оси;
- 2) подсистема спектрометрического тракта;
- 3) подсистема идентификации продуктов ядерных реакций.

Все перемещения в камере осуществляются пятью шаговыми двигателями, из которых два мощных (типа ШДР-721) осуществляют круговое движение двух телескопов с установленными на них двумя детекторами заряженных частиц, два маломощных (типа ШД1-С) осуществляют смену мишеней и поворот всего мишенного

блока и еще один (типа ШД1-С) обеспечивает поворот на небольшие углы дальнего телескопа.

Для управления двигателями разработан и изготовлен блок управления, состоящий из трех частей:

- 1) блок релейного коммутатора, расположенный рядом с камерой в экспериментальном зале и соединенный с ней пятью многожильными кабелями посредством вакуумно-герметичных разъемов;
- 2) центральный блок, размещенный в измерительно-вычислительном центре;
- 3) блок программного реверсивного счетчика типа Ф5007.

Через контакты соответствующих авиационных реле подается напряжение на фазные обмотки выбранных ШД и осуществляется съем информации о состоянии соответствующих концевых выключателей. Кроме того, через него осуществляется электропитание предусилителей (ПУ) и катушек соленоидов для перемещения шторок. Шторки с закрепленными на них контрольными  $\alpha$ -источниками могут дистанционно устанавливаться перед детекторами телескопа для выполнения настроечных работ и убираться при наборе информации на пучке ускорителя. Релейный коммутатор связан с центральным блоком посредством 30-жильного кабеля.

Центральный блок включает в себя следующие узлы:

- 1) источник вторичного электропитания из 5-блоков типа БП-591, выдающий напряжения  $+\backslash-24\text{В}$  на ПУ,  $+\backslash-24\text{В}$  для питания ШД,  $+20\text{ В}$  для соленоидов;
- 2) электронный коммутатор фаз ШД;
- 3) усилитель мощности питания фазных обмоток ШД;
- 4) генератор импульсов на  $100\text{ Гц}$ ;
- 5) диодно-конденсаторный переключатель питания катушек шторок;
- 6) цифровой омметр;
- 7) ручной переключатель выбора необходимого ШД.

Для минимизации числа применяемых полупроводниковых элементов в коммутаторе фаз ШД применен принцип микропрограммного управления, а все маломощные электронные узлы выполнены на ТТЛ – микросхемах средней интеграции серии К155, 555. Электронный коммутатор фаз ШД (ЭКФСД) преобразует унитарную последо-

вательность поступающих на вход импульсов в восьмиканальную последовательность импульсов по принципу замыкания четырех обмоток поочередно и попарно. Усилитель мощности превращает эти импульсы в силовые и подает их в фазные обмотки выбранного ШД. Блок Ф5007 управляет работой генератора импульсов и подает на вход ЭКФЩД строго определенное число импульсов, необходимых для заданного перемещения по углу. Для фактического контроля за перемещением телескопов установлены многооборотные прецизионные потенциометры, показания которых измеряются цифровым омметром.

Подробное описание подсистем спектрометрического тракта и идентификации продуктов ядерных реакций приведено в работе [4].

На изохронном циклотроне У-150М ИЯФ НЯЦ РК с использованием новой камеры измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния дейтронов и ионов  $^3\text{He}$  при энергиях 25 и 35 МэВ соответственно [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дуйсебаев А.Д., Иванов Г.Н., Рыбин С.Н. и др. Камера рассеяния для исследования продуктов ядерных реакций на пучке циклотрона // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат. 1983. №2. С. 80-81.

2. Артемов С.В., Гуламов И.Р., Запаров Э.А. и др. Измерительно-вычислительный комплекс для исследования ядерных реакций // ПТЭ. 1996. №1. С. 44-48

3. Дуйсебаев Б.А. Экспериментальное исследование механизмов рассеяния нуклидов гелия на ядрах  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^9\text{Be}$  при энергиях 12-24 МэВ/нуклон: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Алматы, 2002. 35 с.

4. Блехман А.М., Буртебаев Н., Дуйсебаев А., Дуйсебаев Б.А. Методическое обеспечение ядерных экспериментов, планируемых на УКП-2-1 // 2-е междунар. совещ. «Ядерно-физ. исследования, планируемые на УКП-2-1». Алматы, 1998. С. 75-84.

5. Бактыбаев М.К., Буртебаев Н., Дуйсебаев Б.А. и др. Анализ упругого взаимодействия ионов дейтерия и  $^3\text{He}$  на ядре  $^{10}\text{B}$  // Вестник НЯЦ РК. 2005. № 4. С. 3-5.

#### Резюме

ИЯФ НЯЦ РК У-150М үдеткішінде ядролық реакциялардың шығымын лабораториялық жүйе координатында  $3-170^\circ$  бұрыштарының аумағында өлшеуге мүмкіншілік беретін жаңа реакциялық камера іске қосылды.

#### Summary

On cyclotron U-150M INP NNC RK is created new reaction chamber, allowing take measurements of yield nucleus reaction within the range of angles  $3-170^\circ$  in laboratory coordinate system.

ИЯФ НЯЦ РК, г. Алматы;

\* Институт ядерной физики АН РУ,

г. Ташкент

Поступила 30.10.06г.