

Рецензия

на выпускную квалификационную работу (магистерскую диссертацию)
«Исследования свойств системы газовой доставки продуктов деления в реакторе к измерительным установкам», выполненной студентом кафедры Ядерных Методов Исследования СПбГУ Димитаром Симоновски

Проблема доставки продуктов реакции деления урана нейтронами является центральной в исследовательских реакторах, в которых планируется проводить ядерно-физические эксперименты. Она по-разному решалась в различных центрах, так же как были различны и решаемые задачи. В мире были разработаны методы доставки продуктов деления к измерительным системам, и среди них можно выделить два основных. Один из них ориентирован на вынос продуктов из активной зоны реактора с помощью газовой струи с последующей работой с радиоактивными нуклидами в биологически защищённой зоне, другой предполагает использование масс-сепарации электромагнитными системами, находящимися недалеко от активной зоны и сепарирующими по массам ионные пучки продуктов с выводом их к измерительным системам.

В реакторе ПИК, который находится в стадии запуска в Гатчине, предполагается реализовать, главным образом второй подход. Однако и первый метод с газовой струей имеет ряд преимуществ, особенно в сочетании с трактом ионных ловушек, выполняющих роль системы для прецизионного измерения масс (проект ПИТРАП). Аналогичный метод (пока единственный в мире) реализуется на реакторе TRIGA в г. Майнц (Германия), однако последний по мощности на пару порядков величины уступает планируемой мощности ПИК. На этом немецком реакторе и проходил стажировку магистрант Д. Симоновски, экспериментальная часть диссертации которого посвящена измерениям на нём.

Основной задачей магистранта было провести измерения времени полувыведения активности из капиллярной системы с целью разработки оптимизированных условий вывода для возможности использования их в аналогичной системе на реакторе ПИК. С этими измерениями магистрант справился успешно. Для этого была использована методика доставки продуктов с помощью гелия, несущего аэрозоли, на которые высадились продукты деления в делительной камере с мишенным веществом урана-235. Измерялся гамма-спектр делительных продуктов на одном из выходов капиллярной системы с помощью сверхчистого Ge-детектора. По изучению поведения кумулятивного спектра по времени определялось среднее время выведения (пробега) продуктов из капилляра. Для того, чтобы удостовериться, что к детектору приходят именно продукты деления и что в спектре нет нежелательных примесей была проведена расшифровка спектра с идентификацией нуклидов, которые в нём присутствуют.

Следует отметить, что расшифровка гамма-спектра представляет собой нелёгкую задачу. Это связано с большим количеством нуклидов, присутствующих в потоке неразделённых по массам продуктов деления, а также часто встречающимся наложением гамма линий от различных нуклидов. Кроме того, спектр после 30-минутной выдержки включал только те из относительно долгоживущих нуклидов, которые дошли до детектора. Это нарушало баланс масс в выходящем потоке, отличающемся от известного потока в мишенной камере в непосредственной близости от урана-235, и поэтому приводило к изменению ожидаемого спектра. Все перечисленные факторы были проанализированы и учтены при оптимизации условий прохождения потока продуктов через капиллярную систему.

С этой расшифровкой магистрант справился успешно. Из полученных им данных следует, что спектр полностью представлен продуктами деления. Без сомнений удалось идентифицировать около 30 нуклидов, имеющих относительный выход более 1% на акт деления.

Далее, исходя из полученных данных о кумулятивном времени выхода активности и анализе процессов, происходящих при прохождении потока через капиллярную систему, делается количественный вывод о зависимости выхода продуктов от периода полураспада ядра. Этот результат интересен для перенесения его на реактор ПИК, если проводить на нём аналогичный эксперимент.

При оптимизации данных для использования их на реакторе ПИК рассмотрены различные факторы переноса активности на протяжении всего пути: эффективность термализации продуктов деления в мишенной камере, эффективность их высаживания на кластерах аэрозолей, эффективность переноса по капиллярной трубке и т.д.

Используя полученные данные, автором был просимулирован аналогичный немецкому эксперимент на реакторе ПИК. Приводится таблица ожидаемых нуклидов, включающая относительно короткоживущие нуклиды, которые могут быть наблюдаемы. В то же время, возможности ПИК в рабочем on-line эксперименте не рассматриваются, хотя даётся оценка достижимых периодов полураспада в 22 мс, которая нам представляется оптимистичной.

К числу непонятных для рецензента относится и график калибровки гамма-спектра (Рис.4.2.2) по эффективности, который имеет смысл, если погрешности точек располагаются в пределах этих точек. В работе не сказано, имеет ли это место. С этим связан и вопрос необходимости разбиения спектра калибровки на три энергетических участка (см. Таблицу 4.2.1), учитывая, к тому же, что часть первого участка до энергий примерно 150 кэВ выпадает ввиду аппаратурного эффекта.

Указанные неточности и недоработки, однако, не влияют на положительную оценку большой и кропотливой работы, проделанной магистрантом.

В соответствии с требованиями к рецензиям ВКР можно сделать вывод, что:

1. содержание ВКР полностью соответствует заявленной теме,
2. заявленная в названии тема раскрыта полностью,
3. структурно ВКР правильно построена в соответствии с задачами исследования,
4. в работе широко отражены теоретические и практические проблемы темы,
5. в полной мере использованы современные достижения науки, магистрант персонально участвовал в получении этих достижений,
6. чётко изложены положения, которые выносятся на защиту,
7. материал изложен вполне доходчиво, несмотря на то, что магистрант не является носителем русского языка; иллюстрирующая часть (графики, картинки) выполнены профессионально.

В заключение можно констатировать, что Выпускная квалификационная работа выполнена Д. Симоновски на высоком научном уровне и заслуживает отличной оценки.

Старший научный сотрудник Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,

Кандидат физ.-мат. наук



А.В. Попов

Подпись руки Попов

ЗАВЕРЯЮ:

Нач. отдела кадров

26.05.2017

Зинова А.Н.

