

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на выпускную квалификационную работу студента 4-го курса бакалавриата, кафедры ядерно-физических методов исследований Санкт-Петербургского государственного университета Ерыгина Ильи Игоревича «Калориметрия с использованием пиксельных детекторов для протонной томографии».

Работа Ерыгина И.И. посвящена разработке методик для использования детекторов ядерной калориметрии в протонной томографии. Такие томографы могут применяться в медицинских технологиях адронной терапии, для проведения диагностических процедур, связанных с облучением онкологических больных протонами.

Сегодня, ядерно-физические технологии, направленные на разработку детекторных систем, важны не только с фундаментальной точки зрения (регистрации заряженных частиц и изучения ядерных процессов), но и представляют практический интерес при разработке приборов, используемых в медицине для диагностики онкологических заболеваний. Эти приборы предназначены для эффективного обнаружения опухолевых образований и места их локализации на всех (особенно самых ранних) стадиях болезни. Это позволяет в последующем эффективно лечить такого рода болезни, экономить время, средства на лечение, а главное, увеличить шансы на полное выздоровление. К тому же, используя методы адронной терапии, когда пучки заряженных частиц, целенаправленно доставляют к пораженному органу наибольшую радиационную дозу при этом минимизируя дозовые нагрузки на здоровые органы и ткани, расположенные на пути этих пучков, можно проводить терапию различных онкологических заболеваний. Для этого необходимо точно рассчитать дозы, которые получит пациент в ходе облучения, размеры опухоли, ее топологические особенности, расположение в организме, а также расположение здоровых органов и тканей вокруг опухоли. Поэтому, прежде чем приступить к лечению методами адронной терапии,

необходимо с большой точностью идентифицировать расположение опухоли в организме пациента. Для достижения этих задач широко используется компьютерная томография (КТ), позволяющая получить трехмерное изображение внутренних органов и тканей с высокой детализацией и разрешением. Несмотря на то, что снимки КТ довольно хорошо показывают анатомические особенности пациента, с их помощью нельзя получить точные оценки поглощенной дозы в теле пациента в ходе протонной терапии. Дело в том, что такие оценки делаются путем преобразования карт поглощения рентгеновского излучения в тканях, в карты тормозной способности протонов в этих же тканях. Такое преобразование вносит ошибку в 2-3%, в результате чего максимальная доза может быть доставлена не точно в опухоль, а в область, отстоящую от неё на 4-6 мм. Поэтому при планировании лечения необходимо вместо рентгеновской компьютерной томографии использовать пучки протонов с большими энергиями, которые могут полностью проходить через тело пациента. С помощью такой протонной томографии можно получить трехмерную карту тормозной способности протонов в облучаемой области с минимальными погрешностями.

В протонной компьютерной томографии трековые детекторы, расположенные вдоль оси протонного пучка, как перед пациентом, так и после него, дают информацию, необходимую для реконструкции трека каждого протона, проходящего через пациента. Применение так называемых цифровых трековых калориметров, как для одновременной реконструкции большого числа протонных треков с помощью пиксельных детекторов, так и для измерения энергии протонов является новым методом в протонной компьютерной томографии.

В контексте задач по разработке и созданию протонного томографа, Ерыгин И.И. провел всестороннее моделирование калориметрической системы на основе монолитных активных пиксельных детекторов с целью определения оптимальных параметров данных сенсоров для их использования при создании цифрового трекового калориметра. В бакалаврской работе были выполнены расчеты и сделаны оценки, как для отдельных модулей такой

калориметрической системы (свинцовые поглотители), так и для всего детекторного комплекса, который облучается пучками протонов в диапазоне энергий от 200 до 1000 МэВ. В рамках ВКР исследовались процессы образования вторичных частиц, которые могут влиять на регистрацию протонов, при прохождении пучка через детекторы, свинцовые поглотители и коллиматор. В итоге была предложена методика и получены результаты показавшие возможность определения первоначальной энергии пучка протонов по изменению их интенсивности в каждом чувствительном слое пиксельных детекторов.

Работа состоит из двух основных глав введения и заключения. В ВКР довольно четко описаны предлагаемые методики с соответствующими формулами и специальными обозначениями. Рисунки выполнены аккуратно и облегчают ее чтение. Выводы соответствуют основным результатам работы.

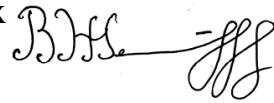
Работа лишена серьезных недостатков, однако отмечены следующие недоработки:

1. Довольно поверхностно изложены принципы протонной томографии и цифровой калориметрии. Нет достаточно четкого и полноценного описания достоинств этой методики;
2. К некоторым результатам, рисункам и графикам пояснения и выводы даны недостаточно полно;
3. Отсутствует четкая систематика и структура в описании экспериментальной части данной работы;
4. В работе замечены стилистические ошибки.

Несмотря на это, работа оставляет положительные впечатления. Считаю, что данная работа носит исследовательский характер, в ней четко сформулированы актуальность, цель и проблемы, объект, предмет и методика исследования, отражена научная значимость полученных результатов. Содержание ВКР соответствует заявленной в названии теме, сама тема полностью раскрыта, в ВКР отражены актуальные проблемы теоретического и практического характера, использована современная литература и научно-технические достижения.

Работа Ерыгина Ильи Игоревича «Калориметрия с использованием пиксельных детекторов для протонной томографии» вполне соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавриата, а ее автор заслуживает отличной оценки.

Доцент кафедры ядерно-физических  
методов исследования СПбГУ



Жеребчевский В.И.