

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата физико-математических наук Сидоркина Станислава Федоровича
на диссертационную работу **Булавина Максима Викторовича**

«Шариковый холодный замедлитель реактора ИБР-2: некоторые аспекты создания и применения»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация Булавина Максима Викторовича посвящена актуальной проблеме разработки и создания шарикового холодного замедлителя на реакторе ИБР-2 в направлении экспериментальных исследовательских каналов №№7, 8, 10 и 11. Такой замедлитель позволяет получать высокоинтенсивные пучки нейтронов в широком диапазоне длин волн, в особенности в длинноволновой области, что необходимо при исследовании новых наноматериалов, магнитных структур, горных пород и т.д. Шариковый способ загрузки камеры замедлителя позволяет легко снимать энерговыделение от замедления быстрых нейтронов, оперативно производить загрузку и выгрузку вещества замедлителя и избегать возникновения критического давления на стенки камеры от образования радиолитического водорода под действием облучения, что делает ресурс работы замедлителя практически неограниченным.

В диссертационной работе представлена разработка метода пневматической транспортировки замороженных твердых шариков из ароматического углеводорода мезитилена по трубопроводу сложной конфигурации при криогенной температуре. При помощи теоретических и экспериментальных исследований проведена проверка работоспособности

метода, в рамках которой определен оптимальный режим работы холодного замедлителя во время загрузки камеры шариками. По сути работа представляет собой сочетание разработки метода пневматической загрузки камеры холодного замедлителя твердыми шариками, доказательства его работоспособности и демонстрации тех улучшений, которые шариковый холодный замедлитель предоставляет пользователю при работе на физический эксперимент на выведенных пучках нейтронов.

Во введении диссертационной работы представлено описание актуальности темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, обоснована новизна и достоверность полученных результатов, а также ее научно-практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

В первой главе содержится обзор и анализ отечественных и зарубежных литературных данных по использованию различных материалов для холодных замедлителей нейтронов. Анализируя недостатки и преимущества основных материалов, используемых в качестве холодных замедлителей, а также способов загрузки их в камеру, автор работы формулирует цели и задачи исследования.

Во второй главе приведены результаты теоретического и экспериментального исследования пневмотранспорта шариков в круглой прямой трубе с гладкими и негладкими стенками и в криогенном трубопроводе сложной конфигурации с участками поворотов и подъемами. Показано, что движение шара в трубопроводе под действием газа происходит в виде прыжков и отскоков, после столкновения со стенками трубы, является нерегулярным и хаотическим с большим разбросом скорости и времени движения. Результаты теоретических расчётов и экспериментов на лабораторных и специальном испытательном стендах позволили доказать работоспособность выбранного принципа загрузки и определить оптимальный режим работы холодного замедлителя во время загрузки камеры и при работе на физический эксперимент. В результате чего шариковый холодный

замедлитель был создан и введен в тестовую эксплуатацию на реакторе ИБР-2.

Третья глава посвящена результатам тестовой эксплуатации и нейтронно-физическим данным холодного замедлителя КЗ202. Всего за время опытной эксплуатации осуществлено 11 циклов работы (загрузок камеры) замедлителя на номинальной мощности реактора 2 МВт. Длительность циклов составляла от нескольких часов до 10,4 суток (510 МВт·ч). Общее время стабильной и безотказной работы на физический эксперимент на мощности реактора – 2500 часов, что является очень хорошим показателем для нового разработанного замедлителя. Предварительные измерения на стандартных образцах на спектрометрах ИБР-2 показали, что выход холодных нейтронов с поверхности холодного замедлителя выше, по сравнению со стандартным тепловым замедлителем на основе воды.

В четвертой главе приведено обоснование выбора типа экспериментов и объектов исследования и представлены результаты экспериментов получения микропучка, пространственного расщепления пучка холодных нейтронов и текстурного анализа образца сланца с использованием холодного замедлителя. Основным и наиболее интересным результатом работы является то, что использование разработанного холодного замедлителя, на основе шариков из смеси ароматических углеводородов позволяет на порядок сократить время эксперимента и расширить диапазон изучаемых длин волн. Для спектрометра РЕМУР выигрыш в интенсивности по сравнению с тепловым замедлителем достигает до 10 раз, а доступный диапазон длин волн увеличивается в 2 раза и достигает до 16Å. Для спектрометра СКАТ выигрыш в интенсивности по сравнению с тепловым замедлителем достигает до 4 раз, при этом погрешность измерений снижается в 2 раза.

По тексту диссертации и автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В работе ничего не сказано о возможности изготовления и загрузки в камеру замороженных шариков из метана, который в настоящее время является лучшим, по выходу холодных нейтронов, материалом, используемым для холодных замедлителей, из всех известных в настоящее время материалов. Реализуя такую возможность можно еще в несколько раз увеличить плотность потока холодных нейтронов с поверхности холодного замедлителя, существенно сократив время экспозиции образца и погрешность измерений. Однако, следует отметить, что в этом случае придется производить довольно частую смену метана в камере замедлителя (по несколько раз за один стандартный цикл работы реактора ИБР-2) из-за его плохой радиационной стойкости, что может негативно повлиять на спектр нейтронов и потребует серьезной доработки пневмотранспортной системы.

2. В диссертации практически не рассматривается вопрос о возможности продления времени работы шарикового холодного замедлителя на основе мезитилена на физический эксперимент на спектрометрах ИБР-2. Это можно реализовать, например, путем разработки специального разгрузочного устройства, которое позволяло бы выгружать облученные шарики из мезитилена прямо во время работы реактора ИБР-2 на его номинальной мощности 2 МВт. При этом, используя все тот же шариковый принцип загрузки камеры холодного замедлителя, одновременно можно загружать порции нового вещества в камеру замедлителя из дозирующего устройства, делая время работы холодного замедлителя на физический эксперимент практически неограниченным. Это может быть актуально и для твердых замороженных шариков из метана.

Автору рекомендуется учесть данные замечания при его дальнейшей работе в рамках проекта комплекса холодных замедлителей реактора ИБР-2 после защиты диссертации.

Указанные недостатки в целом не уменьшают достоверности и важности полученных результатов и выводов работы, а наоборот, подчеркивают ее

важность и большую практическую ценность и значимость.

В заключение, хотелось бы отметить большой объем работы, проделанной соискателем на высоком уровне. Разработанный холодный замедлитель может с успехом быть использован на нейтронных источниках средней и малой интенсивности для исследования самого разнообразного круга материалов в довольно широком диапазоне параметра решётки. Из содержания работы можно понять, что она была выполнена в рамках большого проекта по созданию комплекса холодных замедлителей на реакторе ИБР-2, а также в рамках международной коллаборации, однако, вклад автора при совместных работах по данной теме был определяющим.

Результаты диссертации Булавина М.В. опубликованы в 23 статьях, 10 из которых входят в международные системы цитирования Web of Science и Scopus, технические решения работы защищены патентом. Кроме того, результаты работы были представлены на российских и международных конференциях.

Научная новизна, актуальность, практическая значимость полученных результатов, обоснованность и достоверность научных положений и выводов работы не вызывает сомнений. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа Булавина М.В. выполнена на высоком научном уровне и полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник,
заведующий сектором импульсных источников нейтронов
Лаборатории нейтронных исследований
ФГБУН Института ядерных исследований РАН

Сидоркин С.Ф.

117312, Москва, В-312,

проспект 60-летия Октября, 7а.

Тел. (499)135-77-60, (495)851-00-71

факс: (499) 135-22-68

E-mail: sidorkin@inr.ru

« »

2017 г.

Подпись С.Ф. Сидоркина удостоверяю

Зам. директора ИЯИ РАН



А.В.Фещенко