

МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Национальный
исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)»**

Каширское шоссе, д.31, г. Москва, 115409
Тел. (499) 324-77-77, факс (499) 324-21-11
<http://www.mephi.ru>



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора НИЯУ МИФИ,
д.ф.-м.н., профессор
О.В. Нагорнов
«30» ноября 2022 г.

№ _____
На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Кормилицына Тимофея Михайловича
**«Развитие методов нейтронной диагностики термоядерной плазмы
токамака в условиях интенсивного дополнительного нагрева»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы

Актуальность темы диссертации

Развитие методов нейтронной диагностики представляет повышенный интерес для большинства современных токамаков (EAST, KSTAR, JET, JT-60U), проводящих исследования с дейтериевой и дейтерий-тритиевой плазмой с высокой мощностью нагрева методами инжекции быстрых нейтралов. Результаты исследования, полученные Кормилицыным Т.М. раскрывают особенности регистрируемого нейтронной диагностикой спектра быстрых нейтронов, расширяют потенциал применимости нейтронной диагностики в условиях высокотемпературной плазмы с интенсивным дополнительным нагревом, в частности, при выполнении обязательств Российской Федерации перед международным сообществом в формате поставки диагностического оборудования для токамака-реактора ИТЭР. Поэтому выбранная тема исследований является, безусловно, актуальной.

Диссертационная работа Кормилицына Т.М. соответствует паспорту специальности ВАК 1.3.9. Физика плазмы. Материал диссертации изложен на 84 страницах. Диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, трех положений, а также списка литературы, включающего 40 наименований.

Во введении содержится обоснование актуальности темы исследования, сформулирована цель и задачи диссертационной работы, обозначены научная новизна, научная и практическая значимость, перечислены ключевые результаты и положения, выносимые на защиту, а также представлены сведения об апробации работы и публикациях диссертанта.

В первой главе представлен обзор современных методов диагностики высокотемпературной плазмы, основывающейся на анализе спектров быстрых нейтронов. Описаны все наиболее применяемые методы спектрометрии быстрых нейтронов, проведен сравнительный анализ измерительных характеристик, используемых на современных токамаках методов нейтронной диагностики.

Во второй главе дан обладающий новизной анализ наблюдаемых диагностикой спектров быстрых нейтронов, иллюстрирующий, с одной стороны, ограничения существующих методов определения ионной температуры и топливного отношения плазмы по показаниям нейтронной диагностики, но с другой стороны предлагающий взамен информацию о присутствии в плазме фракции надтепловых ионов. Представленный в этой главе алгоритм прямого расчёта наблюдаемого распределения быстрых нейтронов по энергиям основывается на широко апробированном принципе интегрирования функции распределения реактантов, (пример - код DRESS, используемый группой нейтронной диагностики токамака JET).

В третьей главе представлены основные полученные автором результаты использования детектора на основе LaCl_3 для задачи спектрометрии D-D нейтронов в условиях, близких к условиям токамака. Сцинтилляционный спектрометр хлорид лантана, долгое время использованный для гамма-спектрометрии, впервые применен для спектрометрии термоядерных нейтронов, а диагностика на его основе предложена для нескольких действующих токамаков. В этой главе раскрывается путь, пройденный при разработке этого

нового метода нейтронной спектрометрии дейтериевой плазмы, включая анализ функции отклика, алгоритм цифрового разделения частиц по форме импульса и калибровочные измерения в полях излучения генератора быстрых нейтронов и источника быстрых нейтронов на основе циклотрона.

В четвертой главе даны результаты применения метода прямого моделирования спектра быстрых нейтронов для анализа измерительных характеристик нейтронных диагностик, включая моделирование функций отклика алмазного, сцинтилляционного детекторов, на примере Нейтронного спектрометра, диагностики разрабатываемой для режимов плазмы с высокой мощностью дополнительного нагрева токамака ИТЭР. Проведенный анализ сигналов для диагностики Нейтронный Спектрометр в различных сценариях работы установки выполняют основополагающую роль обоснования характеристик данной системы в рамках диагностического комплекса токамака ИТЭР.

Научная новизна и достоверность результатов, полученных диссертантом, подтверждаются публикациями в рецензируемых журналах из списка ВАК, многочисленными выступлениями диссертанта на конференциях российского и международного уровней, а также использованными апробированными мировым научным сообществом методами моделирования процессов, происходящих в высокотемпературной плазме токамака и транспорта ионизирующего излучения плазмы через вещество. Проведенные исследования обладают высокой **научной и практической значимостью**, поскольку их результаты активно используются при разработке нейтронных диагностик для токамака-реактора ИТЭР и могут быть использованы для действующих установок УТС, таких как Глобус-М2, EAST, KSTAR.

По работе могут быть сделаны следующие **замечания**:

1. Литературный обзор очень лаконичен, ограничен анализом методов спектрометрии быстрых нейтронов и соответствующим техническим деталям. Учитывая специальность, было бы правильно подробнее рассмотреть методы нагрева плазмы и особенности горячей плазмы в условиях дополнительного нагрева.

2. Название диссертации слишком широкое, так как в работе обсуждается только нагрев плазмы за счет нейтральной инжекции.

3. В работе не рассмотрен вопрос решения обратной задачи для восстановления распределения быстрых нейтронов по энергиям. Эта задача является логичным развитием данного исследования.

4. В работе можно найти опечатки, синтаксические и орфографические ошибки. Часть подписей к рисункам в диссертации содержат подписи на английском языке.

Сделанные замечания не снижают научной значимости и не влияют на общую положительную оценку диссертации и высокую научную и практическую значимость работы.

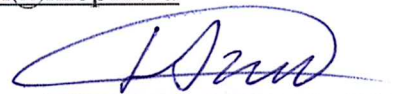
Заключение

Содержание диссертации и опубликованных работ по теме диссертации характеризуют научную зрелость соискателя и дают основание сделать вывод о том, что диссертация Кормилицына Т.М. посвящена решению актуальной задачи. Диссертация является самостоятельным законченным научным исследованием, имеющим теоретическое и практическое значение. Автореферат диссертации достаточно полно отражает основное содержание работы.

Диссертационная работа Кормилицына Тимофея Михайловича **«Развитие методов нейтронной диагностики термоядерной плазмы токамака в условиях интенсивного дополнительного нагрева»** удовлетворяет требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), а ее автор, Кормилицын Тимофей Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы за развитие метода нейтронной диагностики высокотемпературной плазмы.

Диссертация и проект отзыва на диссертационную работу заслушаны, обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Физика плазмы» Института лазерных и плазменных технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», протокол №5-22/23 от 11 ноября 2022 года.

Гаспарян Юрий Микаэлович, и.о. заведующего кафедрой физики плазмы Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, к.ф.-м.н. по специальности 01.04.08 – физика плазмы, YMGasparyan@mephi.ru



Писарев Александр Александрович, профессор отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, д. ф.-м.н. по специальности 01.04.08 – физика плазмы, aapisarev@mephi.ru



Кузнецов Андрей Петрович, директор Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н. по специальностям 01.04.21 – лазерная физика и 01.04.08 – физика плазмы, профессор, APKuznetsov@mephi.ru



Кудряшов Николай Алексеевич, председатель совета по аттестации и подготовке научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н. по специальности 01.01.03 – математическая физика, профессор, NAKudryashov@mephi.ru



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ);

115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31.

Тел.: +7 (495) 788-56-99, доб. 9388

info@mephi.ru, <https://mephi.ru>