

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.1.029.01 (Д 002.034.01) НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИАП РАН), Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «24» декабря 2021 г. № 6

О присуждении Чечкину Антону Вадимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка методов измерений и обработки данных в эксперименте по прецизионному определению времени жизни нейтрона с большой гравитационной ловушкой для ультрахолодных нейтронов» по специальности 1.3.2 (01.04.01) - Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 19.08.21 г., протокол №2 диссертационным советом 24.1.029.01 (Д002.034.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), 190103, Санкт-Петербург, Рижский пр. 26, приказ 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель: Чечкин Антон Вадимович, 1989 года рождения, в 2012 году окончил Сибирский федеральный университет по специальности «Физика конденсированного состояния вещества».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ КИ ПИЯФ), в лаборатории физики нейтрона, отделения нейтронных исследований.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Серебров Анатолий Павлович, заведующий отдела нейтронной физики НИЦ КИ ПИЯФ.

Официальные оппоненты:

1. Найденов Виктор Олегович, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель циклотронной лаборатории Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук;
2. Синев Валерий Витальевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гамма- астрономии и реакторных нейтрино ОЭФ ИЯИ РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра ядерно-физических методов исследования (ЯФМИ) в своем положительном заключении, подписанном Митропольским Иваном Андреевичем, доктором физико-математических наук, заместителем заведующего кафедрой ЯФМИ, профессором, утвержденном Микушевым Сергеем Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, проректором по научной работе СПбГУ, указала на следующие замечания:

1. «Можно заметить только, что следует выделять две принципиально разные методики измерения времени жизни нейтрона — накопительную и пучковую. Первая, в свою очередь, может реализовываться в материальных или магнитных ловушках. В диссертации они рассматриваются как три независимых методики».
2. «Последняя глава диссертации посвящена описанию влияния времени жизни нейтрона на процессы в ранней вселенной. Представляется более логичным поставить её в начало диссертации, как описание постановки задачи для лабораторного измерения времени жизни нейтрона».
3. «В диссертации наряду с общепринятой аббревиатурой «УХН» для ультрахолодных нейтронов используется неудачная аббревиатура «ВЖН» для времени жизни нейтрона. При современном развитии редакторских программ использовать текстовые выражения не представляет труда, а читать работу намного легче».

Соискатель имеет 10 (десять) опубликованных работ, из них по теме диссертации — 8 (восемь), опубликованных в рецензируемых научных изданиях — 7 (семь). Из них в перечень ВАК РФ и базу Scopus входят 7 (семь). К наиболее значительным работам, отражающим основное содержание диссертации относятся:

1. А. П. Серебров, А. К. Фомин, А. Г. Харитонов, В. Е. Варламов, **А. В. Чечкин**, Новая установка для измерения времени жизни нейтрона с большой гравитационной ловушкой ультрахолодных нейтронов // Журнал технической физики том 83 вып. 11, 2013, с. 136. (SCOPUS, ВАК)
2. А. П. Серебров, А. К. Фомин, А. Г. Харитонов, В. Е. Варламов, Э. А. Коломенский, И. А. Краснощёкова. **А. В. Чечкин**, Измерение времени жизни нейтрона на установках с гравитационной ловушкой // Кристаллография том 61, вып. 1, 2016, с. 152. (SCOPUS, ВАК)
3. **А. В. Чечкин**, А. В. Иванчик, А. П. Серебров, С. В. Бобашев, Влияние времени жизни нейтрона на процессы, протекавшие в ранней Вселенной // Журнал технической физики, том 86, вып. 7. 2016, с.140. (SCOPUS, ВАК)
4. А. П. Серебров, Э. А. Коломенский, А. К. Фомин, И. А. Краснощёкова, А. В. Васильев, Д. М. Прудников, И. В. Шока, **А. В. Чечкин**, М. Е. Чайковский, В. Е. Варламов, С. Н. Иванов, А. Н. Пирожков, П. Гельтенборт, О. Циммер, Т. Дженке, М. Ван-дер-Гринтен, М. Такер. Новое измерение времени жизни нейтрона с большой гравитационной

- ловушкой // Письма в Журнал технической физики. 2017. том 106, вып. 10, с. 599. (SCOPUS, BAK)
5. A. P. Serebrov, E. A. Kolomensky, A. K. Fomin, I. A. Krasnoschekova, A. V. Vassiljev, D. M. Prudnikov, I. V. Shoka, **A. V. Chechkin**, M. E. Chaikovskiy, V. E. Varlamov, S. N. Ivanov, A. N. Pirozhkov, P. Geltenbort, O. Zimmer, T. Jenke, M. Van der Grinten, M. Tucker, Neutron lifetime measurements with the big gravitational trap for ultracold neutrons // Phys. Rev. C, vol. 97, 2018, pp. 055503. (SCOPUS, BAK)
 6. А. П. Серебров, Э. А. Коломенский, А. К. Фомин, А. О. Коптюхов, И. А. Краснощёкова, А. В. Васильев, Д. М. Прудников, И. В. Шока, **А. В. Чечкин**, М. Е. Чайковский, В. Е. Варламов, С. Н. Иванов, А. Н. Пирожков, P. Geltenbort, O. Zimmer, T. Jenke, M. VanderGrinten, M. Tucker, Установка для измерения времени жизни нейтрона с большой гравитационной ловушкой при низкой температуре // Журнал технической физики, том 89, вып. 2, 2019, с. 314-318. (SCOPUS, BAK)
 7. A. P. Serebrov, E. A. Kolomensky, A. K. Fomin, I. A. Krasnoschekova, A. V. Vassiljev, D. M. Prudnikov, I. V. Shoka, **A. V. Chechkin**, M. E. Chaikovskiy, V. E. Varlamov, S. N. Ivanov, A. N. Pirozhkov, P. Geltenbort, O. Zimmer, T. Jenke, M. Van der Grinten, M. Tucker, Neutron lifetime measurement with the big gravitational trap for ultracold neutrons. Current state and future prospects // J. Phys. Conf. Ser. vol. 1390, №1, 2019, pp. 012136.(SCOPUS, BAK)

Соискателем поставлены цель и задачи, сделан обзор литературы; проведено систематическое научное исследование различных режимов измерений времени хранения ультрахолодных нейтронов в большой гравитационной ловушке; получены оптимальные временные интервалы удержания; рассмотрены особенности, возникающие при проведении серии измерений и влияние фоновых условий на режимы работы установки; предложен метод подтверждения стабильности фторполимерного покрытия ловушки и вставки; был получен новый результат для времени жизни нейтрона, хорошо согласующийся с данными других исследователей.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От Найденова Виктора Олеговича, доктора физико-математических наук, руководителя циклотронной лаборатории Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Замечания:
 - 1) «Отсутствует список статей автора в тексте диссертации (в автореферате он присутствует)».
 - 2) «В разделе 3.1 для поиска оптимального временного интервала в формуле 3.8 можно получить решение, используя функцию Ламберта: $x = W(2/e^2) + 2$ ».
 - 3) «Не для всех графиков выдержано оформление в едином стиле и часть из них оформлена на английском языке».

- 4) «Использование для краткости слов-жаргонов таких как “слив” (по отношению к нейтронам), «мониторирование».
2. От Синева Валерия Витальевича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории гамма-астрономии и реакторных нейтрино ОЭФ ИЯИ РАН. Замечания:
- 1) «На стр. 4 сказано, что всё вещество состоит из лептонов и кварков, но сразу фразу понять трудно из-за тире перед словом кварков».
 - 2) «На стр. 7 положения, выносимые на защиту, сформулированы не совсем по-русски. Например, первое положение: «Оптимальный интервал ... зависит от...» можно понять, что выносятся на защиту оптимальный интервал. Лучше было бы сказать: «Найдено что...», далее по тексту. Аналогично для других положений».
 - 3) «На стр. 16 дано найденное значение время жизни 877 ± 10 с из работы [4], а на стр. 18, где приводятся данные из работы [5] также приводится значение $877.7 \pm 0.7_{stat} + 0.3 / - 0.1_{stat}$ с. Это случайное совпадение?»
 - 4) «На стр. 36-55, во всей третьей главе часто встречается обозначение τ , как для времени жизни нейтрона, так и времени хранения. Хорошо бы для времени жизни всегда использовать одно обозначение — тау с индексом n , чтобы избегать путаницы».
 - 5) «На стр. 55 приводятся площади ловушки и вставки — непонятно, как они вычислены, так как нет описания вставки и непонятно, что это за площади. Одна — как площадь круга с увеличенным радиусом, а вторая — площадь цилиндрической боковой поверхности».
3. От Бердникова Ярослава Александровича, доктора физико-математических наук, профессора высшей школы фундаментальных физических исследований. Замечания:
- 1) «Вопрос взаимодействия нейтронов с материальной стенкой во второй главе можно было рассмотреть более подробно».
 - 2) «На странице 9 упоминается эффект малого нагрева, но не указана причина, по которой он может возникать».
 - 3) «На странице 16 для наглядности стоило привести график временной развёртки, которая упоминается в тексте».
4. От Иванчика Александра Владимировича, доктора физико-математических наук, доцента, профессора высшей школы фундаментальных физических исследований. Без замечаний.
5. От Ежова Виктора Федоровича, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры ядерно-физических методов исследований физического факультета СПбГУ, заведующего лабораторией молекулярных пучков отделения нейтронных исследований НИЦ КИ ПИЯФ. Без замечаний.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их большим опытом работы в области физики бета-распада нейтрона, а также создании ими экспериментальных установок и разработке алгоритмов обработки получаемых данных.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

доказано, что оптимальный интервал между временами удержания нейтронов в сосуде зависит от продолжительности измерительного цикла;

выявлено, что для широкого спектра условий наиболее подходящим интервалом для времён удержаний нейтронов в сосуде является величина 1300 секунд;

разработан метод поиска оптимальных параметров работы экспериментальной установки, основанный на оценке отношения сигнал/шум, позволяющий количественно учитывать влияние фоновых условий;

показано, что построение временной развёртки для времён хранения демонстрирует неизменность коэффициента потерь нейтронов при соударениях со стенками сосуда на протяжении всего эксперимента;

предложен метод обработки данных, который обеспечивает достоверность оценки времени жизни нейтрона $\tau_n = 881.5 \pm 0.7_{stat} \pm 0.6_{sys}$ с, полученной при помощи метода хранения ультрахолодных нейтронов в материальном сосуде.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано на основании теоретических расчётов, что величина оптимального интервала между временами удержания для одиночного измерения отличается от его расчётного значения в случае, если проводится серия таких измерений;

получены количественные оценки роста погрешности определения времени жизни при отходе от оптимальных параметров;

предложен новый способ оценивания влияния фоновых условий на основе соотношения сигнал/шум;

доказана стабильность фторполимерного покрытия ловушки и вставки с применением временной развёртки данных;

демонстрируется, что прецизионное определение времени жизни нейтрона важно не только для ядерной физики, но также и для построения корректных астрофизических моделей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика оптимизации режимов работы установок, работающих с ультрахолодными нейтронами для поиска времени жизни нейтрона с минимальной статистической погрешностью;

предложен и реализован метод, который позволяет контролировать процесс измерений, как для демонстрации стабильности параметров, так и для оперативного контроля состояния экспериментальной установки;
оценено влияние вторичных факторов, которые могут приводить к ухудшению результатов, таких как фон в реакторном зале, «просчёты» детектора и т.п.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты, полученные при помощи новой экспериментальной установки, созданной в НИЦ КИ ПИЯФ с применением вакуумных и криогенных технологий, демонстрируют их стабильность и воспроизводимость. Это подтверждается как промежуточными результатами, полученными по нескольким циклам работы реактора в институте Лауз-Ланжевена, где проводился эксперимент, так и итоговым результатом для времени жизни нейтрона, вошедшим в обновлённое мировое среднее значение, вычисляемое коллаборацией ParticleDataGroup.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментальных и теоретических исследований режимов её работы в обработке и анализе полученных экспериментальных данных и расчёте возможных систематических погрешностей. Подготовка основных публикаций по выполненной работе проводилась при участии автора совместно с научным руководителем и другими соавторами.

На заседании 24.12.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Чечкину Антону Вадимовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 16 докторов наук, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
 диссертационного совета
 д.т.н., проф.

В.Е. Курочкин

Ученый секретарь
 диссертационного совета,
 д.ф.-м.н.

А.Л. Буляница

24.12.2021 г.

МП

