ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.162.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, подведомственного Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27.10.2026 № 4

О присуждении **Эпштейну Леониду Борисовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата технических наук.**

Диссертация **«Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET»** по специальности **1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики** принята к защите 17.06.2026 (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.162.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, д. 11, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Эпштейн Леонид Борисович, «13» апреля 1986 года рождения, работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2009 году Эпштейн Леонид Борисович окончил магистратуру Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский государственный технический университет по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», а в 2012 году – аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории 2 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Григорьев Дмитрий Николаевич, ведущий научный сотрудник сектора 3-13 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Каржавин Владимир Юрьевич – доктор технических наук, Международная

межправительственная научно-исследовательская организация Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, начальник отдела;

2. Шрейбер Ирина Владимировна – кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, заместитель заведующего лабораторией

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Усенко Евгением Анатольевичем, кандидатом физико-математических наук, научным сотрудником Отдела экспериментальной физики ИЯИ РАН; Ткачевым Игорем Ивановичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, председателем Научно-технического совета Отдела экспериментальной физики ИЯИ РАН; Горшковой Еленой Александровной, заведующей отделом кадров ИЯИ РАН. В отзыве ведущей организации указано, что диссертация Эпштейна Л.Б. представляет собой завершённую научную работу, направленную на создание системы первичного триггера электромагнитного калориметра для эксперимента COMET. Работоспособность и стабильность заявленных параметров системы первичного триггера проверены на стенде и выведенном пучке электронов. Разработанная триггерная система на основе электронных компонент, прошедших радиационные испытания, принята к эксплуатации в эксперименте COMET. Все результаты, на основе которых сформулированы выводы диссертации, получены автором лично. Автореферат верно отражает содержание диссертации. По актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация Л.Б. Эпштейна «Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Эпштейн Леонид Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики за разработку, создание и экспериментальные испытания первичного триггера электромагнитного калориметра детектора эксперимента COMET.

Соискатель имеет 139 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 5 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, и две в сборниках тезисов докладов научных конференций, опубликованных в электронных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Работы посвящены разработке и созданию системы первичного триггера (запуска регистрации событий) для эксперимента COMET, обеспечивающей энергетическое разрешение в режиме реального времени не хуже 5% для обеспечения допустимой частоты запуска детектора; разработке алгоритма анализа данных конвейерного типа (без “мертвого” времени); исследованию стабильности работы различных типов микросхем и всего модуля в условиях

высокого радиационного облучения при флюенсе нейтронов до 10^{12} нейтронов/см^2 и поглощённой дозе гамма-квантов до 2 кГр. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Анализ данных электромагнитного калориметра эксперимента COMET в режиме реального времени. / Л. Эпштейн, Р. Ахметшин, Д. Григорьев [и др.] // Текст: электронный // Сибирский физический журнал. Серия: Физика высоких энергий, ускорителей и высокотемпературной плазмы. — 2017. — Т. 12, № 4. — С. 5—13. — URL: https://doi.org/10.25205/2541-9447-2017-12-4-5-13. — Дата публикации: 01.12.2017.
2. Система предварительного отбора событий электромагнитного калориметра эксперимента COMET. / Л. Эпштейн, Д. Шёлковый, Д. Григорьев, Ю. Юдин // Текст: электронный // Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук. — 2019. — Т. 56, № 1. — С. 97—109. — URL: https://doi.org/10.29235/1561-2430-2019-55-1-97-109. — Дата публикации: 2019.
3. COMET Phase-I technical design report / L. Epshteyn, R. Abramishvili, G. Adamov [et al.] // Текст: электронный // Progress of Theoretical and Experimental Physics. — 2020. — Т. 2020, № 3. — С. 033C01. — URL: https://doi.org/10.1093/ptep/ptz125. — Дата публикации: 13.03.2020.
4. Study of the COMET experiment / L. B. Epshteyn, D. N. Grigoriev, D. V. Shoukavy // Текст: электронный // Moscow University Physics Bulletin. — 2025. — Т. 79, S1. — С. 1—7. — URL: https://doi.org/10.3103/S002713492470067X. — Дата публикации: 20.02.2025.
5. Эпштейн, Л. Система первичного триггера электромагнитного калориметра эксперимента COMET / Л. Эпштейн, Д. Григорьев, Д. Шёлковый // Текст: электронный // Журнал технической физики. — 2025. — Т. 95, № 11. — С. 2256—2264. — URL: https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/61610. — Дата публикации: 21.10.2025.
6. Государственная регистрация программы для ЭВМ №2023616419 от 27.03.2023. «Программное обеспечение для триггерной системы электронного калориметра эксперимента COMET». URL: https://fips.ru/EGD/642562ef-dca4-4f7a-8e58-f19aa8608d7e

Личный вклад соискателя. Автор принимал определяющее участие в получении научных результатов, лежащих в основе диссертации, для проверки которых были созданы стенд и тестовые программы. Результаты разработки и испытаний на стенде и выведенном пучке были опубликованы в статье [1], написанной автором лично, при совместном обсуждении с соавторами.

Для проверки концепции и подбора параметров триггерного алгоритма было проведено моделирование системы первичного триггера. Автор принимал активное участие в моделировании и анализе данных после испытаний системы, описанных в статье [2].

В основном модуле первичного триггера автором были лично реализованы алгоритмы цифровой обработки сигналов (ЦОС), выполняемые на базовых логических элементах ПЛИС, о чем было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [6]. Авторский вклад соискателя в статье [3] заключается в полном описании структуры системы первичного триггера электромагнитного калориметра.

Непосредственно автором была проведена оптимизация конструкции и алгоритма системы первичного триггера электромагнитного калориметра. Автор лично занимался отладкой и калибровкой модулей, тестированием на выведенном пучке частиц и финальными испытаниями первичного триггера в составе всей системы. Результаты испытаний окончательной конструкции и алгоритма были описаны автором лично и приведены в публикациях [4; 5]

В диссертации соискателя ученой степени Эпштейна Л.Б., отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных им работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Каржавина Владимира Юрьевича, доктора технических наук, начальника отдела научно-экспериментального отдела физики на CMS, лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина Международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна. В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что диссертация Эпштейна Леонида Борисовича является законченным научным исследованием, в котором решены поставленные задачи. Основные положения, выносимые на защиту диссертации, хорошо продуманы, а результаты и выводы четко сформулированы. В отзыве имеются замечания, включающие недостатки в оформлении диссертации (опечатки, пунктуация, стилистика), которые не умаляют научную значимость и новизну данной работы. Результаты которой опубликованы в семи печатных и электронных изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus. В процессе выполнения диссертационной работы автором получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Исследования диссертационной работы поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований. В заключительной части отзыва отмечено, что что диссертация выполнена на высоком научном уровне. Актуальность и новизна полученных результатов представляет несомненную практическую ценность для создания экспериментальных установок для научных исследований в области физики элементарных частиц и атомного ядра. Диссертационная работа Л. Б. Эпштейна полностью соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.
2. От официального оппонента Шрейбер Ирины Владимировны, кандидата физико-математических наук, заместителя заведующего Лабораторией анализа данных физики высоких энергий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». В отзыве описано содержание диссертации, актуальность и научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов, а также обоснованность и достоверность научных положений и результатов исследований. В отзыве подчеркивается, что существенным достоинством работы является то, что показан не только конечный вариант системы, но и

ход экспериментальной отработки. Замечания имеют уточняющий и рекомендательный характер для некоторых результатов исследований и не снижают высокой оценки работы в целом. В заключении отмечено, что диссертация Л. Б. Эпштейна представляет собой законченную научно-квалификационную работу, а результаты имеют научно-методическую и практическую ценность. Диссертационная работа «Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET», полностью удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Эпштейн Леонид Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

3. На автореферат поступил отзыв, подписанный Толбановым Олегом Петровичем, доктором физико-математических наук, директором центра исследований и разработок «Перспективные технологии микроэлектроники» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». В отзыве отмечается актуальность и научная новизна проведенного диссертационного исследования. В отзыве указано, что автореферат содержит необходимую информацию для составления представления о диссертации в целом. В заключении отмечено, что диссертация Л. Б. Эпштейном является законченным научным исследованием и выполнена автором на высоком профессиональном уровне. Диссертационная работа «Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET», полностью удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Эпштейн Леонид Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.
4. На автореферат поступил отзыв, подписанный Кравченко Евгенией Васильевной, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником отдела плазменной астрофизики филиала «Пущинская радиоастрономическая обсерватория имени В.В. Виткевича АКЦ ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева РАН. В отзыве отмечается актуальность и практическая значимость проведенного диссертационного исследования. В отзыве указано, что автореферат написан ясным техническим языком, логически структурирован и дает полное представление о содержании диссертации. В отзыве отмечено, что результаты диссертации будут крайне полезные при создании космических интерферометрических систем, такие проекты как Спектр-М и ВНЕХ. В заключении отмечено, что диссертация Л. Б. Эпштейном является завершенной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Эпштейн Леонид Борисович заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в области методики регистрации элементарных частиц, их компетентностью, наличием публикаций по теме защищаемой диссертации и способностью определить научную и практическую значимость диссертационного исследования, а также дать рекомендации по использованию полученных результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований была решена сложная физико-техническая задача по разработке, созданию и экспериментальным исследованиям системы первичного триггера электромагнитного калориметра для эксперимента COMET.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Созданная система запуска регистрации событий в рамках эксперимента COMET позволит получить уникальные результаты по поиску искомого процесса с чувствительностью, на четыре порядка превосходящей экспериментально достигнутую на данный момент и соответствующую предсказаниям ряда новых моделей.

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

Разработана и создана система первичного триггера (запуска регистрации событий), обеспечивающая энергетическое разрешение в режиме реального времени не хуже 5% для обеспечения допустимой частоты запуска регистрации данных с детектора. Разработан алгоритм анализа данных конвейерного типа (без “мертвого” времени). Исследована стабильность работы различных типов микросхем и всего модуля в условиях высокого радиационного облучения при флюенсе нейтронов до 10^{12} нейтронов/см^2 и поглощённой дозе гамма-квантов до 2 кГр. Разработанные решения испытаны на экспериментальных стендах и выведенном пучке электронов.

Полученные в рамках диссертационной работы результаты исследования имеют большое значение для создания аналогичных систем запуска регистрации и “онлайн” обработки сигналов на современных экспериментах по физике элементарных частиц и при создании космических интерферометрических систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты получены с использованием сертифицированного оборудования. Показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях при испытаниях системы на экспериментальных стендах и выведенном пучке электронов. Кроме этого, достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждается качественным согласием численного моделирования и расчетов с экспериментальными данными. Полученные автором результаты были представлены на основных международных конференциях и совещаниях коллаборации.

Личный вклад соискателя состоит в его определяющем участии на всех этапах работы: постановке задачи, разработке системы первичного триггера (электронной части и алгоритма обработки данных), проведении экспериментальных исследований и анализе полученных результатов, а также участии в подготовке публикаций и докладов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания: д.т.н., профессор Аульченко В.М. задал вопрос о частоте запуска детектора и отборе микросхем по радиационной стойкости; д.т.н., с.н.с. Куксанов Н.К. задал вопрос по поводу облучения электронных компонент; д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН Тихонов Ю.А. задал вопрос по физике процесса конверсии электрона в мюон; д.ф.-м.н., с.н.с Шварц Б.А. задал вопрос про параметры входных сигналов и временные ограничения, накладываемые на работу триггера.

Соискатель Л. Б. Эпштейн согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

Диссертация Эпштейна Л. Б. «Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842.

На заседании 27.10.2026 диссертационный совет принял решение: за научную работу по разработке и созданию первичного триггера электромагнитного калориметра детектора эксперимента COMET, присудить **Эпштейну Леониду Борисовичу** ученую степень **кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» - 15, «против» - 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.162.01,
д. ф.-м. н. _____ / О. И. Мешков /

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.162.01,
д. ф.-м. н. _____ / Л.И. Шехтман /

29.10.2026