

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор КТИ НП СО РАН

**Конструкторско-технологический
институт научного приборостроения
Сибирского отделения
Российской академии наук
(КТИ НП СО РАН)**

630058, г. Новосибирск-58, ул. Русская 41
Тел. (383)306-58-95 Факс: (383)306-58-69

E-mail: info@tdisie.nsc.ru

ОКПО 03534044, ОГРН 1025403643660

ИНН/ КПП 5408105376/540801001



18.09.2026 № 15322 - 01-36/2581

На № _____ от _____

[Отзыв на диссертацию Н.С. Кремнева
(канд. техн. наук), ИЯФ СО РАН]

ОТЗЫВ

ведущей организации
на диссертацию

Кремнева Николая Сергеевича

«Конструкция системы электронного охлаждения коллайдера NICA»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

в диссертационный совет 24.1.162.01 на базе

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики
им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук

Актуальность темы диссертации

Одним из важнейших направлений физической программы тяжелоионного комплекса NICA (Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна) является экспериментальное изучение фазовой диаграммы сильно взаимодействующей материи в области максимальной барионной плотности, которая остается слабо исследованной. Данные исследования направлены на верификацию теоретических моделей фазовых переходов квантовой хромодинамики (КХД). Для выполнения этой научной задачи необходим коллайдер тяжелых ионов с высокой светимостью, что предъявляет жесткие требования к параметрам пучков: они должны быть интенсивными, иметь малые эмиттансы и энергетический разброс. В связи с тем, что в доступном диапазоне энергий синхротронное излучение для тяжелых ионов практически отсутствует, возникает необходимость поиска альтернативных методов снижения амплитуд бетатронных и синхротронных колебаний. В

этих условиях одним из наиболее эффективных инструментов получения холодных пучков тяжелых ионов становится электронное охлаждение.

Исходя из вышесказанного, актуальность диссертации Кремнева Н.С. (ИЯФ СО РАН) очевидна. Диссертация посвящена решению критически важной научно-технической задачи - разработке магнитной системы с двухканальным соленоидом для участка охлаждения, созданию новых тороидов (поворотных соленоидов в местах ввода-вывода пучка) и проектированию вакуумной системы (вне высоковольтного объема) для системы электронного охлаждения (СЭО) коллайдера NICA. Реализация предложенных технических решений обеспечивает достижение требуемых параметров установки и возможность ее сборки непосредственно на месте эксплуатации.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе Н.С. Кремневым представлен ряд новых оригинальных решений, вносящих существенный вклад в разработку новых установок электронного охлаждения, требующих применения протяженных соленоидов с высокой однородностью магнитного поля. Впервые реализуется схема с двумя соединенными установками охлаждения, что позволяет получить СЭО коллайдера NICA с независимым охлаждением двух пучков тяжелых ионов коллайдера. При этом в протяженные (непрерывные) соленоиды магнитной системы установки практически на три четверти длины (за пределами высоковольтного объема) выполнены в виде двухканального соленоида с корпусом, объединяющим эти каналы.

Наличие второго канала соленоидов магнитной системы установки является принципиально новым условием для СЭО, потребовавшим разработки принципиально новых компоновок магнитной и вакуумной систем установки, а также и входящих в ее состав элементов (узлов) с малыми вертикальными размерами, способных обеспечить требуемые функциональные параметры. При разработке учтены различные особенности проекта коллайдера NICA. В частности, расстояние между его каналами, равное 320 мм, в значительной мере определившее сложившиеся конструкции новых элементов магнитной системы и вакуумных камер, а также повлиявшее на схемы монтажа обмоток и организацию мест доступа к элементам вакуумных камер в сильно стесненных условиях.

Положения, выносимые на защиту, сформулированы достаточно четко и хорошо согласуются с основными результатами работы, изложенными в диссертации. Их достоверность подтверждена как авторством Н.С. Кремнева в приведенных публикациях, так и результатами испытаний, изготовленных в ИЯФ СО РАН частей СЭО. Основные результаты работы были доложены на ряде международных конференций.

Практическая ценность результатов

Практическая значимость работы состоит в разработке конструкций и элементов магнитной и вакуумной систем СЭО коллайдера, отвечающих требованиям и параметрам, необходимым для полноценной реализации экспериментальной программы комплекса NICA. Описанные результаты и сформулированные в диссертации подходы к построению протяженной магнитной системы, состоящей из функциональных модулей (соленоидов), во многом основаны на принципах построения современных коллайдеров и накопителей и

могут быть использованы не только в будущих работах в области СЭО, но и в других областях ускорительной техники.

Применяемые в диссертационной работе методы параллельного проектирования систем, сложность которых определяется не столько большим числом деталей (более 200 тысяч), сколько тем, что конструирование всех входящих в установку систем ведётся при итерационном изменении исходных данных (уточняемых физическим моделированием магнитных полей проектируемых элементов), а также при сопоставлении установки с проектными данными ускорительного комплекса и последующей корректировке по реальным геодезическим данным построенного комплекса, имеют высокую значимость для современной ускорительной техники. Самостоятельную ценность имеют также приведённые конструктивные и компоновочные решения элементов СЭО коллайдера NICA, выработанные по результатам как численного моделирования, так и аналитических расчётов и позволившие изготовить составные части СЭО, удовлетворяющие заданным исходным требованиям.

Содержание диссертации и замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа Н.С. Кремнева состоит из введения, общих сведений о составе системы электронного охлаждения коллайдера NICA, шести глав, заключения и списка литературы. В заключении приводится техническая характеристика разработанной установки и оцениваются некоторые возможности ее дальнейшего улучшения. Полный объем диссертации составляет 169 страниц, включая 98 рисунков, 40 таблиц и библиографический список из 84 наименований.

Во введении разбирается актуальность использования систем электронного охлаждения на современных коллайдерах тяжелых частиц, приводятся задачи, решение которых является необходимой частью создания новых СЭО с протяженными (непрерывными) соленоидами. После введения приводятся общие сведения о СЭО коллайдера NICA, поясняется, что установка рассматривается как совокупность трех (основных) систем: высоковольтной, магнитной и вакуумной. В первой главе обсуждается принципиально новая модульная конструкция соленоида охлаждения, определяющего участок, на котором протекает физический процесс электронного охлаждения. Приводятся способы, которыми обеспечиваются не только достижение физических параметров, но и возможности организации сборки, размещения и обслуживания элементов совокупных систем на месте эксплуатации. Во второй главе диссертации рассматриваются конструкции мест ввода-вывода ионного пучка позволяющие добиться: точного сведения двух пучков разных части и согласования полей транспортных соленоидов и соленоида охлаждения (1 и 2 кГс, соответственно). В третьей главе обсуждаются пять различных групп соленоидов магнитной системы в части отвечающей за транспортировку электронного пучка (поворотные соленоиды; прямолинейные соленоиды; вставки с отсекающими шиберами и откачкой; согласующие секции 0,5-1 кГс; и замыкающие вставки, являющиеся местами заключительной сборки соленоидов СЭО). В четвертой главе обсуждается высоковольтная часть СЭО, заключенная в замкнутом объеме высоковольтного бака, заполненного элегазом (SF₆), в котором размещаются: электронная пушка, колонны электростатического ускорителя и рекуператора, коллектор и каскадный трансформатор, что в совокупности обеспечивает СЭО электронным пучком с током до 1 А и энергией до 2,5 МэВ. В пятой главе рассматривается системы измерений, коррекции формы и положения электронного и

ионного пучков, приводятся схемы расположения и конструкции датчиков и электромагнитных корректоров системы. В шестой главе обсуждается прогревная вакуумная система, позволяющая достичь целевого значения остаточного давления газов на участке охлаждения в 10^{-11} мбар, приводятся оригинальные конструкции вакуумных камер, позволяющих обеспечить сброс и прогрев камер до 300 °С, исключая при этом возможности повреждения обмоток соленоидов магнитной системы установки. В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы, главным результатом которой является СЭО коллайдера NICA, оригинальной конструкции, изготовленная и успешно испытанная в ИЯФ СО РАН.

К диссертационной работе имеется ряд замечаний и вопросов:

1. В защищаемых положениях и автореферате отсутствуют конкретные численные значения достигаемых параметров; вместо этого используются общие формулировки типа «требуемое давление», «необходимое качество». В докладе на семинаре соискатель упоминает о проведении испытаний изготовленных элементов системы электронного охлаждения, однако в тексте диссертации и автореферата результаты этих испытаний в явном виде не приведены. Отсутствуют количественные данные измерений (например, достигнутые параметры магнитного поля, остаточного давления, результаты проверки работоспособности узлов), что затрудняет оценку степени соответствия разработанных конструкций заданным требованиям и подтверждение их практической реализуемости.
2. В диссертационной работе недостаточно полно представлен сравнительный анализ разработанной конструкции системы электронного охлаждения с существующими отечественными и зарубежными аналогами. Не указано, какие именно характеристики были улучшены по сравнению с ними.
3. В автореферате при описании работы встречается синтаксическая неточность: предложение «Крупнейшей установки электронного охлаждения, разработанной в ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск)» не является самостоятельным предложением. Это нарушает правила пунктуации и затрудняет восприятие текста.
4. На рисунке 6 автореферата отсутствует экспликация (обозначения позиций элементов), что затрудняет однозначное восприятие приведённой иллюстрации.
5. По тексту диссертации встречаются отдельные опечатки и неточности в оформлении ссылок на рисунки, что, однако, не снижает общего положительного впечатления от работы.

Указанные замечания не затрагивают принципиальных положений и выводов диссертации, не влияют на обоснованность защищаемых научных результатов и не снижают их научной и практической ценности.

Заключение

Рассмотрев диссертационную работу Кремнева Николая Сергеевича «Конструкция системы электронного охлаждения коллайдера NICA», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.18 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, ведущая организация – Конструкторско-технологический

институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук – отмечает следующее.

Диссертация Н. С. Кремнева является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи – разработки конструкций магнитной и вакуумной систем электронного охлаждения для коллайдера NICA, обеспечивающих получение пучков тяжёлых ионов с требуемыми параметрами. Работа носит выраженный конструкторско-технологический характер и вносит существенный вклад в создание самой крупной из когда-либо спроектированных систем электронного охлаждения.

Содержание диссертационной работы Н. С. Кремнева «Конструкция системы электронного охлаждения коллайдера NICA» соответствует паспорту научной специальности 1.3.18 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК и полностью отражает содержание диссертации.

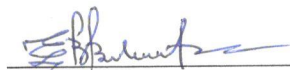
Результаты работы опубликованы в высокорейтинговом научном издании, рекомендованном ВАК, индексируемом в международных базах данных SCOPUS и Web of Science, а также неоднократно докладывались на международных конференциях. Зарегистрирован патент на изобретение «Соленоид охлаждения».

Диссертация Н. С. Кремнева «Конструкция системы электронного охлаждения коллайдера NICA» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор – Кремнев Николай Сергеевич – безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.18 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Работа рассмотрена на расширенном заседании отраслевой научно-исследовательской лаборатории технического зрения № 1–1, протокол № 7 от 10.09.2026 года. Присутствовало на заседании 19 человек, в том числе 3 доктора наук и 6 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» – 19 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек.

Председатель расширенного заседания отраслевой научно-исследовательской лаборатории технического зрения № 1–1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Конструкторско-технологического института научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук:

Научный сотрудник КТИ НП СО РАН, кандидат технических наук



Евгений Владимирович Власов

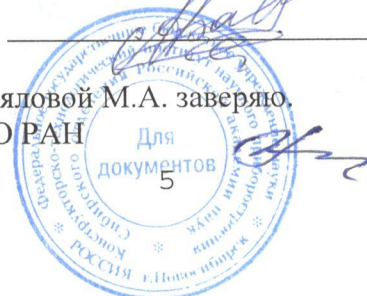
Секретарь расширенного заседания отраслевой научно-исследовательской лаборатории технического зрения (№ 1–1) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Конструкторско-технологического института научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук:

Старший научный сотрудник, кандидат технических наук



Марина Андреевна Завьялова

Подписи Власова Е.В. и Завьяловой М.А. заверяю.
Специалист по кадрам КТИ НП СО РАН



Елена Николаевна Мосева

Отзыв подготовил: канд. техн. наук,
старший научный сотрудник отраслевой
научно-исследовательской лаборатории
технического зрения № 1–1
Федеральное государственное учреждение науки
Конструкторско-технологический институт
научного приборостроения СО РАН
Тел.: +7 (383) 306-58-66
Эл. почта: mzav@tdisie.nsc.ru



Марина Андреевна Завьялова

«10» сентября 2026 года

Федеральное государственное учреждение науки Конструкторско-технологический институт
научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук.

Адрес: 630058, Россия, г. Новосибирск, ул. Русская, 41

Тел.: +7 (383) 306-62-08

Эл. почта: info@tdisie.nsc.ru

Сайт организации: <https://www.tdisie.nsc.ru/>