



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

**Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Г.И. БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Наименование научной темы**

Тема № 1.3.3.6.1. Разработка детектора для экспериментов на электрон-позитронном коллайдере Супер Чарм-Тау фабрика

**Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)**

FWGM-2021-0011

**Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)<sup>3</sup>**

Нет данных

**Срок реализации научной темы**

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2021	2023

**Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)**

Нет данных

**Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)**

Дата начала	Дата окончания



**Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)**

Фундаментальное исследование

**Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)**

Детекторы элементарных частиц, системы регистрации элементарных частиц, эксперименты на встречных пучках, электрон-позитронный коллайдер, аэрогель, система сбора данных, прототипы детекторных систем, поляризованные пучки, тау-лептон, чармоний, резонансы.

**Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)<sup>4</sup>**

29.05.81 : Методика и техника эксперимента в физике элементарных частиц

**Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)**

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.3 : Физика элементарных частиц и квантовая теория поля

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

**Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)<sup>7</sup>**

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

**Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)**

Нет данных



### **Цель научного исследования**

Формулируется цель научного исследования

В рамках проекта планируется разработать актуальную физическую программу экспериментов на новом электрон-позитронном коллайдере Супер С-тау фабрика с рекордной светимостью в области рождения с-кварков и тау-лептона. Целью этой работы является выявление физических процессов, которые недоступны для изучения на ныне работающих установках, но могут быть изучены в эксперименте на Супер С-тау фабрике, а также определение круга физических процессов, изучение которых с улучшенной точностью останется актуальным на момент запуска Супер С-тау фабрики в эксплуатацию. Так же в рамках проекта планируется провести разработку и испытание прототипов для нескольких ключевых подсистем детектора.

### **Актуальность проблемы, предлагаемой к решению**

Сегодня в области энергий Супер С-тау фабрики работает китайский коллайдер BEPC-II с детектором BES-III. Проектная светимость Супер С-тау фабрики превышает светимость BEPC-II в 100 раз, поэтому можно ожидать повышение чувствительности к «новой» физике в этой области энергий примерно на порядок. Наличие продольной поляризации электронного пучка в месте встречи, предусмотренное в проекте Супер С-тау фабрики и недоступное на современных установках, и столкновение пучков под небольшим углом могут открыть новые возможности для анализа экспериментальных данных и существенно уменьшить систематические погрешности при изучении уже известных процессов. Состояние физики с-кварка (и содержащий с-кварк очарованных адронов) в ближайшие годы будет определяться экспериментами BES-III, Belle-II и LHCb (LHC, ЦЕРН). Круг задач в области с-кварка, которые доступны для изучения на LHCb, определяется особенностями эксперимента с протонными столкновениями и остается достаточно ограниченным. Так, например, изучение распадов D-мезонов с нейтральными пи-мезонами и фотонами в конечном состоянии практически невозможно. Эксперимент на Супер С-тау фабрике покрывает максимальный спектр исследований с очарованными адронами, многие из которых недоступны не только для LHCb, но и для Belle-II.

### **Описание задач, предлагаемых к решению**

В рамках развития проекта Супер С-тау фабрики планируется провести детальную проработку наиболее перспективных направлений исследований с привлечением параметрического и полного физического моделирования эксперимента. При разработке универсального детектора окончательный выбор и отладку детекторных технологий осуществляют по результатам испытаний прототипов ключевых элементов детекторных систем. Так же результаты таких исследований позволяют более точно настроить моделирование эксперимента и оптимизировать конструкцию детектора. Для проекта Супер С-тау фабрика рассматриваются опции системы пороговых черенковских счетчиков, построенных по схеме светосбра АШИФ (Аэрогель ШИФтер Фотоумножитель) и детектора черенковских колец на основе фокусирующего аэрогелевого радиатора (ФАРИЧ). В рамках данного проекта планируется провести разработку технологии производства аэрогелевых радиаторов, как для опции ФАРИЧ, так и для опции АШИФ. Рассмотреть и по возможности разработать алгоритм быстрого восстановления фрагментов черенковских колец в потоке сырых данных, так же рассмотреть возможность реализации этого алгоритма на уровне считывающей электроники на базе ПЛИС микросхем, чтобы использовать результаты такой реконструкции для определения области каналов электроники для вычитывания, таким образом, уменьшая поток пустых данных и разгружая систему сбора и хранения данных в эксперименте Супер С-тау фабрика.



### **Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)**

Предполагаемые результаты: Проведена детальная проработка наиболее перспективных направлений исследований с привлечением параметрического и полного физического моделирования эксперимента, выявлены физические процессы, которые недоступны для изучения на ныне работающих установках, но которые могут быть изучены в эксперименте на Супер С-тау фабрике, определен круг физических процессов, изучение которых с улучшенной точностью останется актуальным на момент запуска Супер С-тау фабрики в эксплуатацию. С-тау Проведена актуализация отдельных направлений физической программы эксперимента с учетом потребностей физического сообщества в прецизионной проверке Стандартной Модели и поиске явлений, лежащих за ее пределами. Определены качественные и количественные требования к параметрам систем детектора, которые необходимы для выполнения всей физической программы эксперимента. Проведено несколько международных совещаний с привлечением широкого круга российских и иностранных экспертов в области физики элементарных частиц, на которых детально обсуждались физическая программа и требования к детектору и ускорителю. Набрана экспериментальная статистика на тестовых пучках электронов и гамма-квантов с прототипами детекторных систем: система ФАРИЧ, электромагнитный калориметр, времяпролетные счетчики и трековые детекторы на основе микроструктурные газовые детекторы. Проведен анализ экспериментальных данных. Проведена модернизация установки для генерации тестовых пучков: выполнен переход на современную электронику, реализована интеграция с СРРЭ эксперимента КЕДР, проведены работы по улучшения программного обеспечения для повышения эффективности проведения экспериментов. Проведен сравнительный анализ (при помощи моделирования и(или) прототипирования) нескольких возможных технологий создания системы идентификации Супер С-тау фабрики. Будут рассмотрены следующие опции: детекторы черенковских колец, пороговые черенковские счетчики, времяпролетные счетчики, идентификация по ионизационным потерям. Выработана технология производства аэрогелевых радиаторов как для опции пороговых черенковских счетчиков, так и для детекторов черенковских колец. Изучена возможность распознавания объектов таких, как черенковские кольца (точнее их эллиптические проекции и дуги) в режиме реального времени в условиях экспериментов на Супер С-тау фабрике при определении области интереса для уменьшения потока данных из детектора и, соответственно, снижения загрузки системы сбора и хранения данных. Возможная практическая значимость: Актуализированная и проработанная физическая программа эксперимента позволит более точно сформулировать требования к ускорителю и детектору эксперимента Супер С-тау фабрики, что поможет оптимизировать их конструкции и параметры. Модернизированная установка для испытания детекторных прототипов будет востребована на протяжении всего процесса разработки детектора для проекта Супер С-тау фабрики, а так же может использоваться при разработке детекторов и для других проектов по физике элементарных частиц и ядерной физике. Аэрогель – это материал, обладающий рядом уникальных свойств. Благодаря его уникальному показателю преломления и высокой прозрачности он все чаще находит применение в экспериментах по физике элементарных частиц. Поэтому развитие технологии производства аэрогелевых черенковских радиаторов может способствовать более широкому применению аэрогелей в экспериментах по физике элементарных частиц и космических лучей. Алгоритмы, разработанные для быстрой реконструкции (распознавания) фрагментов черенковских колец, которые можно реализовать на ПЛИС микросхемах, в последствии могут быть адаптированы для распознавания более сложных объектов и использоваться в других сферах народного хозяйства.

### **Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное**

Заинтересованность в сотрудничестве по данному проекту выражает несколько Российских институтов и университетов: НГУ, НГТУ, МГУ, МИФИ, МФТИ, ФИАН, ОИЯИ, ИЯИ, ПИЯФ и др. А так же коллеги из Китая: IHEP, USTC, UCAS. Из Германии: GSI, Guissen University. Из Италии: LNF-INFN, Lece-INFN, Roma-INFN, Ferrara-INFN. Из Франции: IJCR (LAL-Orsay). Из Евросоюза: CERN. Из Японии: KEK и др.



### Планируемые показатели на финансовый год

2021 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	8,000
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	8,000
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	8,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	8,000
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

#### Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Барняков	Александр	Юрьевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	7801310238	Нет данных	Нет данных



### Сведения об основных исполнителях

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Белобородов	Константин	Иванович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
2	Бобровников	Виктор	Сергеевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	нет	Нет данных	Нет данных
3	Воробьев	Виталий	Сергеевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	нет	Нет данных	Нет данных
4	Козырев	Алексей	Николаевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	нс	Нет данных	7005803334	Нет данных	Нет данных
5	Малышев	Владимир	Михайлович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	55185402500	Нет данных	Нет данных
6	Талышев	Алексей	Александрович	Нет данных	Нет данных	Нет данных	снс	Нет данных	6603233363	Нет данных	Нет данных
7	Эйдельман	Семен	Исакович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Профессор	гнс	Нет данных	34970948300	Нет данных	Нет данных
8	Епифанов	Денис	Александрович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	35227130100	Нет данных	Нет данных
9	Соколов	Андрей	Валерьевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	снс	Нет данных	55597087576	Нет данных	Нет данных
10	Шехтман	Лев	Исаевич	Нет данных	Доктор технических наук	Нет данных	гнс	Нет данных	56374547400	Нет данных	Нет данных

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	41,000
Исследователи (научные работники)	18,000
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0,000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	5,000
Техники	5,000
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	13,000





**Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа**

Члены научного коллектива являются активными участниками экспериментов, проводимых на электрон-позитронных коллайдерах Института ядерной физики СО РАН: КЕДР (на комплексе ВЭПП-4М), СНД и КМД-3 (на коллайдере ВЭПП-2000). Так же они непосредственно участвуют в реализации экспериментов Belle-II на электрон-позитронном коллайдере SuperKEKB (Япония), эксперимента BES-III на электрон-позитронном коллайдере BEPC-II (Китай), эксперимента ATLAS, CMS и LHCb на большом адронном коллайдере (CERN, Швейцария). Для испытаний прототипов детекторов в ИЯФ СО РАН создана и успешно работает с 2011 года установка для генерации тестовых пучков электронов и гамма-квантов на базе электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-4М ( $E = 1.5 - 5.5$  ГэВ). Энергия пучка электронов может варьироваться в пределах от 100 до 3500 МэВ. Диапазон энергий пучка таггированных гамма-квантов составляет  $(0.39 - 0.97)xE$ , при этом существующая Система Регистрации Рассеянных Электронов (СРРЭ) на базе детектора КЕДР обеспечивает высокую точность восстановления энергии каждого гамма-кванта ( $\sigma_E/E \sim 10^{-3}$ ). Институт катализа СО РАН совместно с ИЯФ СО РАН разработали и воплотили в жизнь технологию производства прозрачных аэрогелевых радиаторов с показателями преломления от 1.008 до 1.13. Технология производства аэрогеля в Новосибирске развивается с 1986 года, когда были начаты работы по созданию системы идентификации для детектора КЕДР на основе аэрогелевых пороговых черенковских счетчиков. В 2004 году аэрогель новосибирского производства стал использоваться в различных детекторах черенковских колец (RICH-детектора LHCb на LHC, CERN и RICH-детектор в проекте AMS02 на МКС), так как обладает рекордными оптическими параметрами (показатель преломления, длина рэлеевского рассеяния и длина поглощения). Сегодня в ИЯФ СО РАН успешно функционируют две системы аэрогелевых пороговых черенковских счетчиков, построенных по методу АШИФ (Аэрогель ШИФтер Фотоумножитель): в детекторе КЕДР на комплексе ВЭПП-4М и в детекторе СНД на комплексе ВЭПП-2000.



**Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования**

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	09.09.2020	JINST 15 (2020) no.07, C07026	
статья	06.06.2020	J. Phys. Conf. Ser. 1561 (2020) no.1, 012004	
статья	07.06.2020	JINST 15 (2020) no.06, C06005	
статья	04.04.2020	JINST 15 (2020) no.04, C04032	
статья	02.02.2020	JINST 15 (2020) no.02, C02032	
статья	01.03.2020	JHEP 03 (2020), 076	
статья	01.04.2020	Nucl. Instrum. Meth. A 958 (2020), 162352	
статья	01.02.2020	Nucl. Instrum. Meth. A 952 (2020), 162247	
статья	01.11.2020	JPS Conf. Proc. 27 (2019), 012010	
статья	01.02.2019	J. Phys. Conf. Ser. 1336 (2019) no.1, 012025	
статья	08.11.2019	PoS LeptonPhoton2019 (2019), 062	
статья	15.04.2019	EPJ Web Conf. 212 (2019), 01012	
статья	15.04.2019	EPJ Web Conf. 212 (2019), 01011	
статья	15.04.2019	EPJ Web Conf. 212 (2019), 01007	
		Нет данных	
		Нет данных	
	30.06.2020	Barnyakov A.Yu.,, The project of the Super Charm-Tau Factory in Novosibirsk, Journal of Physics: Conference Series, 1561, 012004	
		Нет данных	
		Нет данных	
	19.06.2020	Yu Barnyakov A, Yu Barnyakov M, et al., Investigation of Cherenkov radiation component in LYSO(Ce) crystals, Journal of Physics: Conference Series, 1561, 012018	
		Нет данных	
		Нет данных	

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
----------------	--------------	---

**Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти**

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

**Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях**

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
-----------------	------------------	----------------------	----------------	-----------

**Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности**

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

**Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)**

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
-----------------	-------------	--------------------------	---

**Планируемое финансирование научной темы**

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	40490,330	41455,949	0
<b>Итого</b>	40490,330	41455,949	0

М.П.

1-6 - заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.