



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 № 1.3.3.5.5. Развитие метода встречных электрон-позитронных пучков

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

FWGM-2021-0010

**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)**

Коллайдер, светимость, эффекты встречи, электронный синхротрон, синхротронное излучение, бустер, время жизни, эффект тушека.

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

29.03.29 : Вакуумная техника в физическом эксперименте	29.03.30 : Криогенная техника и методика физического эксперимента	29.03.31 : Оптические методы измерения в физическом эксперименте	29.03.35 : Электрические и магнитные измерения в физическом эксперименте	29.03.37 : Резонансные методы измерения в физическом эксперименте
--	---	--	--	---

**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

1.3.4 : Ядерная физика

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

Эксперименты на встречных пучках являются важнейшим источником данных для современной физики элементарных частиц. Институт Ядерной Физики СО РАН имеет огромный опыт в создании как ускорительных комплексов, так и детекторов для экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах, начиная с пионерских работ, подтвердивших перспективность самого метода. В настоящее время в Институте функционируют два коллайдера: ВЭПП-2000, покрывающий диапазон энергий до 1 ГэВ в пучке, и ВЭПП-4М (от 1 до 5 ГэВ в пучке). Развитие метода встречных электрон-позитронных пучков включает в себя как модернизацию существующих ускорительных комплексов, так и отработку новых концепций и технологий, для качественного перехода в новую область параметров, благодаря глубокому пониманию и преодолению ограничивающих факторов, и строительства новых экспериментальных установок со светимостью, на несколько порядков превышающую достигнутые значения. Планируется повышение пиковой светимости за счёт применения новых идей по подавлению эффектов встречи. Поскольку детекторы КМД-3 и СНД на коллайдере ВЭПП-2000 и КЕДР на ВЭПП-4М имеют утверждённую физическую программу экспериментов, важной составляющей являются работы, направленные на повышение надёжности работы ускорительных комплексов, что обеспечит рост набранной интегральной светимости. Дальнейшее развитие метода встречных пучков связано с созданием новых коллайдеров, одним из первых шагов рассматривается разработка установки для получения (впервые в мире) экзотических атомов димюония, и изучения их свойств. В этом небольшом коллайдере предполагается столкновения пучков электронов и позитронов под большим углом, с большим числом сгустков и средним током, отработка технологий обратной связи для подавления неустойчивостей. Все эти и многие другие ускорительные технологии необходимы для коллайдеров будущего, уже проектируемых супер-фабрик на сверхвысокую светимость, таких как Супер С-Тау Фабрика или FCCee.

## Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

Эксперименты на встречных пучках являются важнейшим источником данных для современной физики элементарных частиц. Институт Ядерной Физики СО РАН имеет огромный опыт в создании как ускорительных комплексов, так и детекторов для экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах, начиная с пионерских работ, подтвердивших перспективность самого метода. В настоящее время в Институте функционируют два коллайдера: ВЭПП-2000, покрывающий диапазон энергий до 1 ГэВ в пучке, и ВЭПП-4М (от 1 до 5 ГэВ в пучке). Развитие метода встречных электрон-позитронных пучков включает в себя как модернизацию существующих ускорительных комплексов, так и отработку новых концепций и технологий, для качественного перехода в новую область параметров, благодаря глубокому пониманию и преодолению ограничивающих факторов, и строительства новых экспериментальных установок со светимостью, на несколько порядков превышающую достигнутые значения. Планируется повышение пиковой светимости за счёт применения новых идей по подавлению эффектов встречи. Поскольку детекторы КМД-3 и СНД на коллайдере ВЭПП-2000 и КЕДР на ВЭПП-4М имеют утверждённую физическую программу экспериментов, важной составляющей являются работы, направленные на повышение надёжности работы ускорительных комплексов, что обеспечит рост набранной интегральной светимости. Дальнейшее развитие метода встречных пучков связано с созданием новых коллайдеров, одним из первых шагов рассматривается разработка установки для получения (впервые в мире) экзотических атомов димюония, и изучения их свойств. В этом небольшом коллайдере предполагается столкновения пучков электронов и позитронов под большим углом, с большим числом сгустков и средним током, отработка технологий обратной связи для подавления неустойчивостей. Все эти и многие другие ускорительные технологии необходимы для коллайдеров будущего, уже проектируемых супер-фабрик на сверхвысокую светимость, таких как Супер С-Тау Фабрика или FCCee.



### Описание задач, предлагаемых к решению

1) Развитие методов получения высокой интенсивности электронных и позитронных пучков ускорительного комплекса ВЭПП-4 для экспериментов по ФВЭ, ядерной физике и СИ. В настоящее время на ускорительном комплексе ВЭПП-4 продолжаются эксперименты по физике высоких энергий на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП 4М с детектором КЕДР, эксперименты с выведенными пучками синхротронного излучения и жестких гамма-квантов, экспериментов по ядерной физике на накопителе ВЭПП-3 с установкой Дейтон, а также эксперименты по физике и технике ускорителей. На коллайдере ВЭПП 4М закончен очередной пункт физической программы — измерение сечения рождения диапазоне энергий пучка от 2.3 ГэВ до 3.6 ГэВ — первый пункт программы экспериментов в верхнем диапазоне энергий коллайдера. Следующими пунктами экспериментальной программы детектора КЕДР являются измерение параметров  $\Upsilon$ -мезонов и эксперименты по двух-фотонной физике, для выполнения которой требуется получение максимальной энергии пучков и максимальной светимости, а также создание системы для абсолютного измерения энергии пучка частиц в диапазоне энергий 3.5-5.2 ГэВ с помощью метода резонансной деполяризации. Регулярно проводятся эксперименты с пучками синхротронного излучения для Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения на накопителях ВЭПП-3 (1.2 ГэВ и 2 ГэВ) и на накопителе ВЭПП-4М (1.8 ГэВ и 4.5 ГэВ). Стоит отметить, что синхротронное излучение накопителя ВЭПП-4М является самым жестким в России. Эксперименты с пучками жесткими гамма-квантов проводятся на накопителе ВЭПП-4М с установкой «Выведенный пучок» для развития детекторов для физики высоких энергий. В связи с насыщенной экспериментальной программой, выполняемой на комплексе и требующей получения предельных параметров на установках, а также в связи со значительным возрастом оборудования требуется модернизация систем комплекса. Предполагается разработанные решения для комплекса ВЭПП-4 использовать для будущих проектов ИЯФ (источник СИ СКИФ, коллайдер Супер С-Тау Фабрика, проч.). 2) Развитие метода круглых пучков при работе коллайдера ВЭПП-2000 для экспериментов по физике элементарных частиц Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000 рассчитан на работу в широкой области энергий от 150 МэВ до 1 ГэВ в пучке. Согласно программе экспериментов планируется набор данных двумя детекторами СНД и КМД-3 общим объёмом около 1 фб-1 на детектор. Для подавления эффектов встречи и достижения рекордно высокой светимости на ВЭПП-2000 впервые в мире реализован принцип круглых встречных пучков. В 2013-15 гг. комплекс ВЭПП-2000 прошёл модернизацию, которая включала в себя подключение к новому производительному Инжекционному Комплексу ИЯФ (ИК); глубокую модернизацию бустерного синхротрона БЭП для повышения его энергии до 1 ГэВ; модификацию перепускных каналов БЭП-ВЭПП; и др. В 2016 году производились запуск и отладка работы модернизированного комплекса, а с начала 2017 года возобновилась регулярная работа в штатном режиме круглых встречных пучков с набором данных детекторами. 3) Развитие технологий сильноточных электрон-позитронных пучков Перспективные установки со встречными электрон-позитронными пучками (например, флагманский проект ИЯФ СО РАН – Супер С-Тау Фабрика), предполагают использование пучков высокой интенсивности с полным током до 2 А. Получение и эксплуатация таких пучков является сложной научно-технической задачей, требующей овладения технологий создания низкоимпедансных вакуумных систем, ускоряющих резонаторов с эффективным подавлением высших мод, решения проблемы накопления ионов и электронных облаков и т.п. Для уменьшения риска создания больших и дорогих ускорительных комплексов, в ИЯФ СО РАН предложен проект относительно небольшой и дешевой установки со встречными электрон-позитронными пучками, которая могла бы стать стендом отработки всех вышеперечисленных технологических решений. Параметры встречных пучков подобраны таким образом, что они могут использоваться для производства (впервые в мире) и исследования уникального лептонного атома димюония, предсказанного в 60-х годах прошлого столетия, но еще не открытого экспериментально.

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



Предполагаемые результаты: Выполнение программы экспериментальных установок комплекса ВЭПП-4. Предполагается круглогодичное проведение экспериментов с летней остановкой (1-2 месяца) на профилактические работы. Начинается экспериментальный заход в сентябре с проведения экспериментов на накопителе ВЭПП-3 с установкой Дейтон (1-2 месяца) с пучками электронов и/или позитронов в зависимости от требований эксперимента. Затем комплекс проводит регулярные эксперименты с основными потребителями в следующей пропорции: 2 недели – режим источника СИ для экспериментов с синхротронным излучением, а также жесткими гамма-квантами на установке «Выведенный пучок», 4 недели – режим коллайдера, в котором производится набор статистики электрон-позитронных столкновений с детектором КЕДР. Для проведения экспериментов по ускорительной физике по согласованию выделяется требуемое время. Модернизация позволит увеличить энергию пучка коллайдера ВЭПП 4М выше 4.75 ГэВ, что расширит экспериментальную программу детектора КЕДР и пользователей СИ. Исследования с поляризованными пучками частиц и развитие метода резонансной поляризации для абсолютного измерения энергии частиц позволят проводить прецизионные эксперименты по ФЭЧ на детекторе КЕДР на максимальной энергии ВЭПП 4М, а также являются актуальным для будущих электрон-позитронных коллайдеров (FCCee, CEPc). Измерение и уменьшение энергетического разброса пучка коллайдера ВЭПП 4М при допустимом уменьшении светимости позволит уменьшить требуемый интеграл статистики для измерений параметров  $\Upsilon$ -мезонов. На коллайдере ВЭПП-2000 основным результатом станет набор рекордного в своей области энергий интеграла светимости  $\sim 1$  фб-1 каждым детектором. Попутной, но главной с точки зрения физики ускорителей, задачей станет достижение предельной светимости с использованием концепции круглых встречных пучков во всём диапазоне энергий 150 – 1000 МэВ в пучке. Планируется ряд детальных исследований динамики интенсивных пучков в накопителе ВЭПП-2000, для чего будет развиваться система пучковой диагностики. Например, будет установлен поворотный профилометр на основе фотодиодных линеек. Будут теоретически и экспериментально исследованы некоторые вопросы динамики частиц в окрестности совместного действия нелинейных резонансов и резонанса связи, что чрезвычайно важно, как для ВЭПП-2000, так и для многих других накопителей. Значительные усилия будут сосредоточены на исследовании эффектов встречи, в первую очередь флип-флоп эффекта, который ограничивает интенсивность пучков ВЭПП-2000 в настоящее время и является грозным и малоизученным препятствием для повышения параметра встречи и, соответственно, светимости для других коллайдеров. Изучение будет вестись параллельно как экспериментально, так и в моделировании, для чего будет адаптирована программа Lifetrac для корректного расчёта динамики на резонансе связи. Запланированы работы по технической модернизации комплекса ВЭПП-2000: будет разрабатываться система автономной заправки криостатов сверхпроводящих соленоидов жидким гелием; будут рассмотрены возможности замены соленоидов финального фокуса триплетами квадрупольных линз; запланировано проведение методических исследований свойств материалов при воздействии сильных импульсных магнитных полей, для модернизации системы инфлекторов. 1) Будут уточнены параметры компактного сильноточного коллайдера на низкую энергию (Мюютрон). Проведено моделирование и оптимизация импеданса элементов вакуумной камеры. Проведено моделирование резонаторов с эффективным подавлением высших мод, выбрана поглощающая нагрузка. 2) Будут разработаны чертежи ключевых элементов установки – экспериментальной вакуумной камеры с тонким бериллиевым окном для вывода потока атомов димюния и компактной линзы финального фокуса, использующей постоянные магниты. 3) Будет создан прототип вакуумной камеры. Проведена его откачка, измерены параметры остаточного газа. Создана линза финального фокуса, проведены магнитные измерения. Возможная практическая значимость: Обеспечение проведения экспериментов на станциях СИ; установке "выведенный пучок"; установке "Дейтон"; детекторе КЕДР. Повышение надёжности работы УНУ, увеличение скорости набора экспериментальных данных, отработка технологий для проектируемых электронных синхротронов. Обеспечение возможности проведения новых экспериментов по физике элементарных частиц с лучшей в мире точностью, проверка идей для коллайдеров будущего. Сохранение и развитие научной школы в области физики и техники ускорителей. Достижение рекордной в мире светимости в области энергий ВЭПП-2000; набор рекордного интеграла данных в этой области. Обеспечение экспериментов в области физики элементарных частиц с лучшей в мире точностью. Подавление эффектов, задающих фундаментальные ограничения светимости в коллайдерах. Повышение функциональности и эффективности работы комплекса. Применение опыта для аналогичных систем других ускорительных комплексов. Надёжное моделирование элементов вакуумной камеры, пригодных для коллайдеров с большим током пучка. Разработка энергосберегающих фокусирующих элементов с использованием постоянных магнитов. Отработка технологий производства узлов для коллайдеров будущего.

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

Co-operative Agreement Between the Budker Institute of Nuclear Physics (BINP) Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia and the Institute of High Energy Physics (IHEP), Chinese Academy of Sciences, Beijing, P.R.China (2017). Non-Proprietary User Agreement (NUA FRA-2015-0077) between Fermi Research Alliance, LLC Operator of Fermi Accelerator Laboratory and Budker Institute of Nuclear Physics (2015). Collaboration Agreement between the Sezione di Pisa of the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN-PI) and the Budker Institute of Nuclear Physics of Novosibirsk (BINP) concerning joint activity in the field of precision physics at high luminosity and high intensity frontier (2018). Memorandum of Understanding for Collaboration in the High Luminosity LHC Project at CERN between the European Organization for Nuclear research ("CERN"), an Intergovernmental Organization having its seat at Geneva, Switzerland and Budker Institute of Nuclear Physics (BINP), Novosibirsk, Russia (2018).



### 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	16,000
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	
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	
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	17,000
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	
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	
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	17,000
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	
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	
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	Шварц	Дмитрий	Борисович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	AAQ-5681-2020	14829613700	599261	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	Пиминов	Павел	Алексеевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	F-1535-2017	6504325658	152053	Нет данных
2	Анчугов	Олег	Викторович	Нет данных	Кандидат технических наук	Нет данных	с.н.с.	нет	15922030400	571149	Нет данных
3	Журавлев	Андрей	Николаевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	E-9915-2017	16246905200	782368	Нет данных
4	Карнаев	Сергей	Евгеньевич	Нет данных	Доктор технических наук	Нет данных	в.н.с.	N-7192-2017	6602272023	23948	Нет данных
5	Киселев	Владимир	Афанасьевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	нет	7201508716	115957	Нет данных
6	Мешков	Олег	Игоревич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	г.н.с.	AAC-5652-2019	6602672314	24885	Нет данных
7	Мишнев	Святослав	Игоревич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	нет	6701715175	36416	Нет данных
8	Морозов	Иван	Иванович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	нет	7202960885; 56814414100	21957	Нет данных
9	Никитин	Сергей	Алексеевич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	нет	56119103500; 57213644543	32899	Нет данных
10	Окунев	Иван	Николаевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	н.с.	нет	25226855100	610153	Нет данных
11	Симонов	Евгений	Анатольевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	н.с.	нет	7004589598	182060	Нет данных
12	Синяткин	Сергей	Викторович	Нет данных	Нет данных	Нет данных	с.н.с.	нет	17435666300	611590	Нет данных
13	Тумайкин	Герман	Михайлович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	г.н.с.	нет	6603331328	28311	Нет данных
14	Шведов	Дмитрий	Александрович	Нет данных	Кандидат технических наук	Нет данных	с.н.с.	нет	6602622558	36969	Нет данных
15	Кооп	Иван	Александрович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	г.н.с.	нет	7006754481	435	Нет данных



16	Переведенцев	Евгений	Алексеевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	в.н.с.	нет	7004586183	24550	Нет данных
17	Роговский	Юрий	Анатольевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	н.с.	нет	24765256600	608363	Нет данных
18	Шатилов	Дмитрий	Николаевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	Нет данных	6601976664	32304	Нет данных
19	Шатунов	Пётр	Юрьевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	нет	17137480400; 57112552200	185389	Нет данных
20	Шатунов	Юрий	Михайлович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Член-корреспондент РАН	г.н.с.	нет	7006690057; 57189576265; 15058359000	19172	Нет данных
21	Левичев	Евгений	Борисович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	зав.лаб.	нет	6701862303	12970	Нет данных
22	Богомягков	Антон	Викторович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	G-8157-2017	6603254633	115915	Нет данных
23	Краснов	Александр	Анатольевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	нет	7102267386	186212	Нет данных
24	Трибендис	Алексей	Георгиевич	Нет данных	Нет данных	Нет данных	с.н.с.	нет	7801338074	33950	Нет данных
25	Шиянков	Сергей	Владимирович	Нет данных	Кандидат технических наук	Нет данных	в.н.с.	нет	6506714975	169120	Нет данных

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	210,000
Исследователи (научные работники)	65,000
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)	46,000
Техники	1,000
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	98,000

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



Ускорительный комплекс ВЭПП-4 представляет собой уникальную установку для проведения экспериментов со встречными электрон-позитронными пучками по физике высоких энергий, экспериментов с выведенными пучками синхротронного излучения и жестких гамма-квантов, экспериментов по ядерной физике. Эксперименты по физике высоких энергий проводятся на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М с универсальным детектором КЕДР. С 2000 по 2017 годы проводились эксперименты в диапазоне низких энергий коллайдера (0.9-1.9 ГэВ). В настоящее время закончен эксперимент, начатый в 2017 году, по измерению сечения рождения адронов в диапазоне энергий пучков 2.3-3.5 ГэВ. Следующие пункты экспериментальной программы направлены на работу в области максимальной энергии пучков коллайдера ВЭПП-4М: измерение параметров  $\Upsilon$ -мезонов (4.75 ГэВ и выше) и эксперименты по двухфотонной физике (на энергии с максимальной светимостью). Получение максимальной светимости для этих экспериментов требует увеличение интенсивности пучков. В этой связи в 2017 году была осуществлена модернизация источника электронов и позитронов — комплекс ВЭПП-4 перешел на работу с новым Инжекционным комплексом высокой интенсивности. Возросла энергия инжекции в ВЭПП-3 с 350 до 390 МэВ, а темп накопления частиц более чем на порядок. Уникальной особенностью коллайдера ВЭПП-4М является наличие системы абсолютной калибровки энергии частиц пучка методом резонансной деполяризации, что позволяет проводить сверхточные эксперименты по физике высоких энергий, в том числе по измерению масс покоя элементарных частиц. В диапазоне относительно низких энергий частиц (до 2 ГэВ) для фиксации момента деполяризации используется Тушековский поляриметр, основанный на эффекте внутрисгусткового рассеяния. Поляризация электронов или позитронов в этом случае осуществляется в накопителе ВЭПП-3, и в коллайдер перепускается уже поляризованный пучок. Данный метод на ВЭПП-4М был досконально изучен и успешно использован в многочисленных экспериментах. При энергиях выше 4 ГэВ поляризация частиц происходит непосредственно в ВЭПП-4М, а для наблюдения за процессом деполяризации частиц необходимо использовать лазерный поляриметр, т.к. эффект внутрисгусткового рассеяния существенно подавлен. В настоящее время идет работа по развитию лазерного поляриметра в максимальной области ВЭПП-4М. Эксперименты по синхротронному излучению проводятся на накопителях ВЭПП-3 на энергии 1.2 ГэВ и 2 ГэВ и на накопителе ВЭПП-4М на энергии 1.9 ГэВ и 4.5 ГэВ. В 2018 году была освоена возможность проводить эксперименты на обоих накопителях в разных режимах по энергии пучков. В 2017 году на накопителе ВЭПП-4М был установлен новый 9-полюсный гибридный вигглер (знакопеременный электромагнит с использованием постоянных магнитов) с полем 1.9 Тл взамен 7-полюсного вигглера с полем 1.2 Тл, что позволило увеличить поток синхротронного излучения в области жесткого рентгена на два порядка. Также в 2017 году с вводом в эксплуатацию бго каскада ВЧ генератора энергия накопителя ВЭПП-4М для экспериментов с синхротронным излучением была увеличена с 4 до 4.5 ГэВ. Использование гибридного вигглера на энергии 4.5 ГэВ делает ВЭПП-4М самым жестким источником синхротронного излучения в России. В 2019 году для изучения быстротекущих процессов на ВЭПП-4М был реализован 22 сгустковый режим (~ 50 нс между сгустками). Создание детекторов частиц для физики высоких энергий требует тестирования на пучках частиц. Для этих целей на накопителе ВЭПП-4М функционирует стенд «Выведенный пучок». Жесткие гамма-кванты рождаются при взаимодействии циркулирующего пучка электронов энергии 2-4 ГэВ с твердой мишенью, которая перемещается внутри вакуумной камеры накопителя вблизи места встречи. Рожденные гамма-кванты выводятся из вакуумной камеры последующего поворотного магнита в экспериментальный зал, где установлена мишень для рождения электрон-позитронных пар, спектрометр на основе поворотного магнита и детектирующая аппаратура. Пучок вторичных электронов имеет следующие параметры: энергия – 100-3000 МэВ, интенсивность – 100 Гц. Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000 на энергию 150-1000 МэВ в пучке был сооружён в 2001-2007гг, а с 2010 года начал работу по набору данных двумя детекторами СНД и КМД-3. В 2013 году при работе на энергии 400 МэВ было достигнуто рекордное значение параметра встречи ~0.1 вследствие применения концепции круглых встречных пучков, предложенной ранее в ИЯФ СО РАН. В 2013-16гг была проведена глубокая модернизация комплекса: 1) подключение к новому инжекционному комплексу ИЯФ для получения интенсивных пучков  $e^+e^-$ , 2) модернизация бустерного синхротрона БЭП с повышением его максимальной энергии с 800 до 1000 МэВ, что позволяет проводить инжекцию в кольцо коллайдера в режиме top-up без прерывания эксперимента. С 2017 года возобновился набор данных. В результате постоянной работы по тонкой настройке оптики, изучению динамики пучков, аккуратному моделированию различных эффектов, нарушающих симметрию, изучению их влияния на эффекты встречи, а также рутинной настройки режимов накопления, инжекции, во всём диапазоне энергий росла как пиковая светимость, так и темп набора интеграла светимости. В 2018 году был предложен и реализован новый метод контролируемого увеличения эффективного эмиттанта в области низкой энергии (beam shaking), что позволило в диапазоне 300-600 МэВ увеличить светимость в 3-4 раза. В 2020 году темп набора интегральной светимости на высокой энергии был увеличен почти вдвое, и достигал 7пбн-1/неделю. Помимо обеспечения набора данных детекторами, на коллайдере ВЭПП-2000 ведётся множество экспериментальных и методических работ по физике и технике ускорителей. Так, с помощью стрик-камеры впервые явно наблюдались синхро-бетатронные моды взаимодействующих встречных сгустков; были исследованы зависимости параметров сгустка от его тока с учётом импедансного удлинения; с помощью циркулирующего пучка было измерено распределение импульсного рассеянного поля впускного магнита; и т.п.

#### Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
--	-----------------	--------------------------	---------------

**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
	Нет данных	Low Energy Inverse Crossing e+e- Collider for ( $\mu\mu$ ) Bound State Production and Study		Богомягков А.В.
	Нет данных	Ideas for Longitudinal Polarization at the Z/W/H/top Factory		Кооп И.А.
	Нет данных	Beam-beam Effects at High Energy e+e- Colliders		Шатилов Д.Н.
	Нет данных	Round Colliding Beams at Vepp-2000 with Extreme Tuneshifts		Шварц Д.Б.
	Нет данных	Development of Software for Accessing the VEPP-2000 Collider Facility Archiving System		Шубина О.С.
	Нет данных	Development of the Malfunctions Detection System at VEPP-2000 Collider		Шубина О.С.
	Нет данных	Development of Longitudinal Beam Profile Diagnostics for Beam-beam Effects Study at VEPP-2000		Тимошенко М.В.
	Нет данных	VEPP-2000 Collider Operation in Full Energy Range with New Injector		Шатунов Ю.М.
	Нет данных	Current Dependence of Bunch Dimensions in VEPP-2000 Collider		Роговский Ю.А.
	Нет данных	The Study of Beam-Beam Effects on BINP Electron-Positron Colliders		Борин В.М.
	Нет данных	BINP electron-positron facilities		Шварц Д.Б.
	Нет данных	CONCEPT OF A LOW ENERGY ELECTRON-POSITRON COLLIDER FOR DIMUONIUM STUDY		Богомягков А.В.
	Нет данных	HARD X-RAY OPERATION MODE AT VEPP-4M		Пиминов П.А.
	Нет данных	SYNCHROTRON RADIATION ACTIVITY IN THE NOVOSIBIRSK SCIENTIFIC CENTER		Золотарев К.В.
	Нет данных	NEW LIGHT SOURCE FOR NOVOSIBIRSK SCIENTIFIC CENTER, MACHINE REVIEW		Золотарев К.В.

**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	126512,701	135305,135	0
<b>Итого</b>	126512,701	135305,135	0

М.П.

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