

## ARIEL: Физика на будущих $e^+e^-$ коллайдерах

Руководитель проекта — Л.В. Калиновская

Заместитель руководителя проекта — И.Р. Бойко

И.Р. Бойко, Е.В. Дыдышко, А.С. Жемчугов, Л.В. Калиновская,  
Е.О. Луценко, Ю.А. Нефедов, И.И. Новиков, Н.Е. Пухаева,  
С.С. Рзаева, Л.А. Румянцев, А. Рымбекова, Р.Р. Садыков,  
А.А. Сапронов, П.В. Швыдкин, *НЭОВП, ЛЯП, ОИЯИ, Дубна, Россия*,  
А.Б. Арбузов, С.Г. Бондаренко, *ЛТФ, ОИЯИ, Дубна, Россия*,  
И.С. Пелеванюк, *ЛИТ, ОИЯИ, Дубна, Россия*,  
И.К. Скляр, *Университет “Дубна”, Дубна, Россия*,  
Г.В. Федотович, *ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия*,  
В.Л. Ермольчик, В.В. Макаренко *НИИ ЯП БГУ, Минск, Белоруссия*,  
Г. Нанава, *Университет Ганновера, Германия*,  
О.И. Веретин, Б.А. Книль, *Университет Гамбурга, Германия*,  
С.А. Аморосо, А.А. Глазов, *DESY, Гамбург, Германия*,  
С. Риманн, Т. Риманн, *DESY, Цойтен, Германия*,  
Т. Съёстранд, *Университет Лунд, Швеция*,  
Я. Глуза, *Университет Катовице, Силезия, Польша*,  
З. Вос, С. Ядах, *Институт Ядерной Физики, Краков, Польша*

ДАТА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТА В НОО ” \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_

ДАТА НТС ЛАБОРАТОРИИ ” 12.04 ” 2018г. НОМЕР ДОКУМЕНТА \_\_\_\_\_

ДАТА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФИЗОБОСНОВАНИЯ НА СЕМИНАРЕ ЛАБОРАТОРИИ

“11 Апреля 2018г”

## 3.2 Аннотация

Основной целью настоящего проекта является подготовка программы физических исследований для высокоэнергетичного электрон-позитронного коллайдера (ЭПК) следующего поколения. Широко распространено мнение, что ЭПК будет следующим крупным международным коллайдером, который существенно улучшит наше понимание фундаментальной структуры материи.

Наша группа включает в себя как экспериментаторов, так и теоретиков, работающих в области физики высоких энергий. Наши экспериментаторы работают в коллаборации CLICdr (детектор и физика на коллайдере CLIC), с возможным расширением до участия в коллайдере СЕРС. Группа теоретиков занята разработкой современных средств для прецизионных расчетов физических процессов, которые будут исследоваться на будущих ЭПК.

В проекте мы представляем план работ, которые мы будем выполнять в рамках подготовки исследовательской программы на ЭПК. Для полного использования научного потенциала ЭПК необходимо улучшить как экспериментальную методику, так и точность теоретических расчетов. С экспериментальной стороны, мы проведем оценку чувствительности ЭПК к различным физическим наблюдаемым и новым физическим явлениям, используя модель детектора CLICdr в качестве рабочего сценария. В этом исследовании будет выполнено полное моделирование и реконструкция сигнальных и фоновых событий. С теоретической стороны, мы будем развивать программные средства для прецизионной теоретической поддержки экспериментов на ЭПК с учетом полных однопетлевых поправок, а также ведущих радиационных поправок на двух-, трех- и четырехпетлевом уровнях. В частности, будет разработан Монте-Карло генератор для различных процессов при столкновениях поляризованных электрон-позитронных пучков.

Наша группа имеет более чем 20-летний опыт работы в этой области. Мы участвовали в экспериментах DELPHI (LEP1 и LEP2), ATLAS и CMS (LHC), BESIII (BEPCII). Мы также участвовали в следующих проектах теоретической поддержки экспериментов: ZFITTER (LEP1 и LEP2), HECTOR (HERA), MCSANC (LHC).

Основываясь на наших предыдущих исследованиях, защищено 2 докторских и 9 кандидатских диссертаций. Более 50 работ были опубликованы только нашей группой (и более 1000 работ в рамках различных коллабораций).

Проект предлагается на срок 3 года. Общее количество участников — 32 человека. Запрошенная финансовая поддержка — 114 000 долларов США на весь период реализации проекта.

### 3.3. Введение

Наиболее актуальной задачей физики высоких энергий сегодня является поиск пределов применимости Стандартной Модели (СМ). Прецизионные проверки СМ осуществляются всеми доступными способами, включая исследования редких распадов, астрофизические наблюдения и др., но основным инструментом всё же являются ускорители высоких энергий, и прежде всего ЛНС. Широко распространено мнение, что следующий крупный ускоритель должен быть электрон-позитронным коллайдером (ЭПК). Очевидными преимуществами ЭПК в прецизионных исследованиях являются: хорошо определённая кинематика начального состояния и отсутствие большого фона адронных процессов.

В настоящее время рассматривается 4 возможных проекта ЭПК: FCC (кольцевой), CEPC (кольцевой), ILC (линейный) и CLIC (линейный). Среди них CLIC предоставляет наиболее широкий спектр физических исследований. На первой стадии работы CLIC с энергией 350-380 ГэВ будут выполнены модельно-независимые измерения свойств бозона Хиггса. Масса топ-кварка будет измеряться с помощью сканирования на пороге рождения при 350 ГэВ. Другие свойства топ-кварка будут определены с высокой точностью, используя большую статистику, которая будет накоплена при 380 ГэВ. При увеличении энергии до 1.5-3 ТэВ свойства бозона Хиггса будут измерены с высокой точностью благодаря высокой светимости и большому сечению процесса  $e^+e^- \rightarrow H\nu\nu$ . Кроме того, при работе на высоких энергиях будет проводиться поиск различных эффектов за пределами Стандартной Модели.

Для выполнения вышеуказанных задач требуются высокоточные теоретические предсказания для процессов СМ, которые будут изучаться на будущих ускорителях. В рамках этого проекта мы планируем получить новые предсказания для наиболее важных наблюдаемых величин. Требуемая точность будет достигнута за счёт учёта эффектов поляризации и радиационных поправок (RC) высших порядков.

В рамках данного проекта мы планируем выполнить исследования, перечисленные ниже.

**Экспериментальная часть** (оценка физического потенциала CLIC):

Исследование аннигиляционного процесса  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ ; Измерение массы бозона Хиггса; Измерение поляризации топ-кварка; Исследование констант взаимодействия в четырёхбозонных вершинах  $WW\gamma\gamma$  и  $ZZ\gamma\gamma$ .

**Теоретическая часть:**

Разработка Монте Карло (MC) генератора на уровне полных однопетлевых и ведущих многопетлевых радиационных поправок с учетом как продольной, так и поперечной поляризации для процессов  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  ( $\mu\mu, \tau\tau, tt, HZ, H\gamma, Z\gamma, ZZ, H\nu\nu, H\mu\mu, ff\gamma, \gamma\gamma$ ); Создание интерфейса для подключения электрослабых RC к PYTHIA; Разработка однорезонансного подхода для описания сложных процессов; Разработка стандартной процедуры для вычисления спиральных амплитуд для процессов  $2 \rightarrow 3, 4$ ; Создание и внедрение дополнительных блоков для электрослабых двухпетлевых и трехпетлевых КХД, а также ведущих электрослабых трехпетлевых и ведущих четырехпетлевых КХД RC.