

2015

<https://scfh.ru/news/kazhdyy-vystrel-20-mlrd-pozitronov/>

Куда ты лезешь, здесь идет эксперимент!

# КАЖДЫЙ «ВЫСТРЕЛ» 20 млрд позитронов!

В Институте ядерной физики имени Г. И. Будкера (Новосибирск) в декабре 2015 г. введен в строй инжекционный комплекс (ИК) – первая часть ускорительного комплекса ВЭПП-5. Работа ИК увеличивает производительность уже существующих коллайдеров института, а также является важным шагом на пути к будущему коллайдеру – Супер чарм-тау фабрике, создание которого и станет завершающим этапом реализации этого крупного научного проекта.

О том, как изменилась работа коллайдеров ИЯФ после запуска инжекционного комплекса, поможет ли институту Федеральное агентство научных организаций создать новый коллайдер Супер чарм-тау фабрику и что еще можно будет узнать о Вселенной, используя новый мощный инструмент исследования, – в материале корреспондента журнала «НАУКА из первых рук»

**Ф**изика элементарных частиц, или физика высоких энергий, занимается самой сокровенной проблемой мироздания – устройством Вселенной, пытаясь найти ответы на фундаментальные вопросы о свойствах материи, пространства и времени.

Чтобы исследовать элементарные частицы на ядерном и субъядерном уровнях, физики сталкивают эти частицы, а затем наблюдают за событиями, которые происходят в результате их соударения: рождением новых частиц, их распадом и взаимными превращениями. Основным исследовательским инструментом современной физики высоких энергий служат ускорители частиц на встречных пучках – коллайдеры, в которых пучки элементарных частиц разгоняются до околосветовых скоростей и направляются навстречу друг другу. Первый такой ускоритель был создан в новосибирском Институте ядерной физики в 1964 г. под руководством его первого директора, выдающегося физика Г. И. Будкера.

*Д. Е. Беркаев, к. ф. – м. н., руководитель инжекционного комплекса ВЭПП-5:* «Многokrатно сталкивая электрон с позитроном, мы проверяем теорию строения и взаимодействия элементарных частиц – Стандартную модель. И если теория подтверждается, это служит еще одним свидетельством ее торжества. И все-таки физики всего мира мечтают получить хотя бы микроскопические отклонения от теории, что будет означать, что в чем-то эта теория не совершенна, а значит, есть что-то неизведанное, что нужно изучать дальше. Пока, правда, мы этого еще не дождались. Но работа продолжается, и новый ускорительный комплекс позволит Институту ядерной физики СО РАН сделать очередной шаг в исследованиях фундаментальных свойств материи, развитии широкого спектра прикладных исследований и обеспечит дальнейшее развитие научных школ и технологий».

Важнейшей характеристикой любого коллайдера является его светимость: чем чаще происходят столкновения частиц встречных пучков, тем она больше. Зависит она, во-первых, от точности фокусировки пучка, а во-вторых, от числа самих частиц. Именно проблему повышения светимости должен решить новый инжекционный комплекс ВЭПП-5, который служит

**Ключевые слова:** ИЯФ, Большой адронный коллайдер, ЦЕРН, СО РАН, инжекционный комплекс, ВЭПП-5, пучок, синхротронное излучение.

**Key words:** Institute of Nuclear Physics, Large Hadron Collider, CERN, SB RAS, Preinjector Complex, VEPP-5, beam, synchrotron radiation

источником электронных и позитронных пучков для всех установок на встречных электрон-позитронных пучках в ИЯФ СО РАН.

Ранее здесь удавалось получать 2 млрд позитронов за один «выстрел», сейчас же это число увеличилось в 10 раз. Соответственно, в 10 раз возрастет и светимость ВЭПП-2000 – одного из коллайдеров института, который заработал в режиме эксплуатации в 2009 г. Благодаря новому ИК ВЭПП-5 на коллайдере ВЭПП-2000 возможны эксперименты в диапазоне энергии от 1 до 2 ГэВ в системе центра масс с рекордной для этого диапазона энергии точностью.

Проектная светимость ускорителя ВЭПП-2000 –  $10^{32}$  см<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup> на энергии 1 ГэВ в пучке. Наиболее интересный процесс, наблюдаемый в этой области энергии, – рождение нуклон-антинуклонных пар. Ранее ученые ИЯФ СО РАН изучали эти процессы на В-фабриках в Америке и Японии. Теперь же, с вводом нового инжекционного комплекса ВЭПП-5, именно в Новосибирске самые лучшие условия для изучения этой физики.

Благодаря новому источнику частиц сможет выйти на проектную мощность 8 ГэВ и «ветеран» ИЯФ – коллайдер ВЭПП-4. Для этой установки пучки электронов и позитронов необходимо обновлять с определенной периодичностью, при этом скорость обновления зависит от производительности источника. Ранее этот процесс занимал не менее получаса, а с новым ИК ВЭПП-5 время обновления сократилось до 1 минуты.

*Д. Никифоров, аспирант ИЯФ СО РАН:* «После запуска нового инжекционного комплекса возможностей двух наших коллайдеров достаточно для удовлетворения всех наших текущих потребностей, но уже сейчас мы работаем над проектами по апгрейду этого комплекса, чтобы он не устарел и через десятки лет. ВЭПП-5 играет ключевую роль и в создании Супер чарм-тау фабрики – так называемого «мегасайенс»-проекта, который ИЯФ СО РАН реализует в сотрудничестве с международными научными организациями. Для этого ускорителя построена треть подземного тоннеля, частично подготовлена и инфраструктура».

Энергия пучка будущей фабрики-коллайдера – 2–5 ГэВ. Сейчас в мире нет установок, которые бы вели полномасштабные исследования в этой энергии. На Супер чарм-тау, или Супер-ст, получившей свое название от двух элементарных частиц (с-очарованный кварк и т-лептон), будут изучать процессы рождения этих частиц, вести поиски четырех- и пятикварковых, гибридных и других экзотических состояний, а также исследовать их свойства. Предполагается, что объем полученных данных на новосибирской установке

на три-четыре порядка превысит объем, доступный для анализа на сегодняшний день. Это позволит начать изучение таких новых явлений, как CP-нарушение в распадах D-мезонов и  $\tau$ -лептона и нарушение закона сохранения лептонного числа в распадах  $\tau$ -лептона.

В 1990-е гг. в мире обсуждалось несколько проектов ст-фабрик с энергией пучка 1–3 ГэВ и пиковой светимостью около  $10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Однако единственным таким реализованным проектом на сегодняшний день является коллайдер BEPC II, запущенный в 2009 г. в лаборатории ИНЕР (Китай).

Создание сибирской Супер чарм-тау фабрики является главным, завершающим шагом строительства самого крупного в России ускорительного центра – Ускорительного комплекса встречных электрон-позитронных пучков (УК ВЭПП-5). Этот проект ИЯФ СО РАН базируется на новом, необычном методе встречи пучков *crab waist*, позволяющем увеличить производительность коллайдера в 100 раз. Этот же способ новосибирские физики предложили и для создания циклического коллайдера будущего (*Future Circular Collider, FCC*), который планируется построить на базе Европейского центра ядерных исследований на смену Большому адронному коллайдеру.

Присутствующий на запуске пучка руководитель ФАНО М. М. Котюков отметил, что на «мегасайенс»-проект Института ядерной физики требуется существенный бюджет, а возможные подходы в финансировании уже обсуждаются с директором ИЯФ СО РАН П. В. Логачевым: «Весь опыт работы института говорит о том, что ИЯФ – уникальная организация, которая сочетает в себе полный спектр научной деятельности, от идеи до воплощения. Я думаю, что, объединив усилия, мы сможем продвигаться в реализации проекта Супер чарм-тау фабрики».

Через несколько дней после пуска ИК на пресс-конференции по итогам работ в рамках гранта РНФ директор ИЯФ, чл. – корр. РАН П. В. Логачев пояснил, что «пока нет никаких конкретных договоренностей, кроме общего желания ФАНО помогать нам в этом направлении. Понятно, что руководитель федерального агентства отлично понимает, что это очень важный проект, который, кроме всего прочего, загрузит местную промышленность и другие высокотехнологичные производства России. Это то, что действительно нужно экономике нашей страны, но для реализации этого проекта институт должен иметь все необходимое. Масштаб проекта слишком значителен, поэтому здесь кроме технического понимания нужно еще политическое решение. И оно – в согласии и гармоничном сочетании

усилий всех профильных министерств правительства России: Минобрнауки, ФАНО, РАН. Мы же со своей стороны стараемся способствовать этому».

Сейчас речь идет не о деньгах: в ближайшие годы вряд ли появятся какие-то большие финансовые возможности. Но даже в этих условиях наш институт может сделать многое для продвижения этого большого проекта. Мы не будем ждать, пока нам дадут деньги, но будем пытаться применять новый метод встречных пучков, на котором основан проект Супер чарм-тау фабрики, на уже имеющихся ускорителях».

Создание коллайдера-фабрики – это дело будущего, но уже сейчас ввод в эксплуатацию инжекционного комплекса ВЭПП-5 дает возможность повысить производительность работающих сегодня в институте ускорителей. И как следствие – повысить уровень и производительность исследований в очень актуальной области – использовании синхротронного излучения, которое сегодня является «микроскопом» современной науки. Такие работы в Новосибирском научном центре проводятся в рамках ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения», созданного при ИЯФ СО РАН, где работают ученые-химики, геологи, физики и иные специалисты не только из Сибирских, но и других российских городов.

*А. Д. Николенко, к. ф. -м. н., старший научный сотрудник лаборатории синхротронного излучения ИЯФ СО РАН:* «Наше синхротронное излучение – это мощный современный инструмент для исследований в области химии, биологии, археологии, медицины и других наук. Как это работает? К примеру, в нашем ускорителе на встречных пучках ВЭПП-4 вращается пучок электронов. Его скорость вращения немногим меньше скорости света. Двигаясь по криволинейной траектории в магнитном поле, пучок становится источником излучения, в котором присутствуют фотоны всевозможных энергий, от инфракрасного до спектрального диапазона. Мы вырезаем из спектра пучка “кусочек”, который требуется в конкретном эксперименте, и используем его для исследования различных объектов».

В синхротронном излучении присутствует ультрамягкая рентгеновская компонента, которая не проходит сквозь атмосферу. Поэтому на одной из наших станций – уникальной в стране – мы можем тестировать и калибровать детекторы и оптику спутников, так что наши клиенты иногда называют результаты этих калибровок “билетом на спутник”. Среди направлений работы нашего центра – калибровка аппаратуры для наблюдения за термоядерной плазмой, что очень актуально для создания термоядерной энергетики,



и диагностика оборудования для нанолитографии – способа массового изготовления интегральных схем со сверхмалыми электронными компонентами, где используется экстремальный ультрафиолет».

Ввод в работу нового инжекционного комплекса ВЭПП-5 означает, что пучки электронов станут интенсивнее, а значит, будет мощнее и излучение, используемое на станциях центра: теперь ученые смогут улавливать более тонкие эффекты».

По словам А. Д. Николенко, «коллективу ИЯФ удалось запустить инжекционный комплекс, но теперь предстоит работа по инъекции электронного пучка из этого комплекса в имеющиеся установки, в первую очередь в комплекс ВЭПП-2000. Потом нужно будет получить позитроны и провести их туда же, затем заставить весь этот комплекс работать в рутинном режиме. Только после этого имеющиеся установки начнут работать в новом, более интенсивном режиме, чем сейчас, а мы сможем начинать набирать статистику результатов столкновения. И только тогда можно получать новые научные данные».

Физика высоких энергий, несмотря на свою неоспоримую фундаментальность, не так уж далека от обычной жизни. Научно-технические решения, которые рождаются при разработке и создании этих установок,

Демонстрация установки ВЭПП-2000 участникам международной конференции

могут с успехом применяться в промышленности и медицине, служить человеку здесь и сейчас.

*Л. В. Кардапольцев, к. ф. – м. н., научный сотрудник ИЯФ СО РАН:* «Хочется, чтобы в массовом сознании укоренилась мысль, что научно-технический прогресс, инновации не появляются по щелчку, а фундаментальная наука не обладает и не должна обладать высоким прикладным потенциалом в каждый конкретный момент. Ведь когда начинались первые эксперименты с ускорителями, никто из ученых-первопроходцев не думал о том, что в будущем появится всемирная сеть Интернет, что с помощью пучка излучения можно будет удалять раковые опухоли. Им просто было интересно наблюдать и изучать, а все остальное появилось уже потом. И такой ход событий закономерен для развития фундаментальной и прикладной науки».