ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ   
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**

КАФЕДРА БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА

ОЦЕНКА

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| проф., д. экон. наук |  |  |  | А.В. Самойлов |
| должность, уч. степень, звание |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

|  |
| --- |
| ДОКЛАД |
| БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР |
| по дисциплине: КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ |
|  |
|  |

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СТУДЕНТ ГР. | 8961 |  |  |  | Д.Ю. Лукинская |
|  |  |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

Санкт-Петербург  
2010

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc255254452)

[Предыстория 4](#_Toc255254453)

[История строительства и эксплуатация LHC 6](#_Toc255254454)

[Цели эксперимента 9](#_Toc255254455)

[Финансирование проекта 11](#_Toc255254456)

[Технические характеристики 13](#_Toc255254457)

[Детекторы 15](#_Toc255254458)

[Распределенная компьютерная сеть GRID 17](#_Toc255254459)

[Вывод 18](#_Toc255254460)

[Список литературы 19](#_Toc255254461)

# Введение

Большой адронный коллайдер (LHC, от английского Large Hadron Collider) – одна из наиболее впечатляющих по своим масштабам экспериментальных установок современной физики. БАК – самый мощный в мире [ускоритель заряженных частиц](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86) на встречных пучках, предназначенный для разгона [протонов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD) и тяжёлых [ионов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD) (ионов [свинца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86)) и изучения продуктов их соударений. Коллайдер построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований ([*CERN*](http://ru.wikipedia.org/wiki/CERN)), на границе Швейцарии и Франции, недалеко от [Женевы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B0).

Большим назван из-за своих размеров: длина основного кольца ускорителя составляет 26,659 м; адронным — из-за того, что он ускоряет [адроны](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD), то есть [частицы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0), состоящие из [кварков](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA); [коллайдером](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80) ([англ.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *collide* — сталкиваться) — из-за того, что пучки частиц ускоряются в противоположных направлениях и сталкиваются в специальных точках столкновения.

БАК будет ускорять протоны до самых высоких энергий, когда-либо достигавшихся в ускорителях, сталкивать их лоб в лоб 30 млн раз в секунду, создавая при каждом столкновении тысячи частиц, разлетающихся почти со скоростью света.

С 2009 года проектом БАК руководит генеральный директор CERN Рольф-Дитер Хойер.

В международном во всех отношениях проекте БАК участвуют 20 государств — членов ЦЕРН в Европе, государства-наблюдатели, такие как США, Япония, Россия, а также другие страны, например Канада и Китай.

Физики ожидают, что БАК откроет новую эру в физике элементарных частиц, и это поможет найти ответ на главные загадки строения материи и энергии во Вселенной.

## Предыстория

Впервые ускорители частиц стали использоваться в науке в конце 20-х годов XX века для исследования свойств материи. Первый кольцевой ускоритель, циклотрон, был создан в 1931 году американским физиком Эрнестом Лоуренсом (Ernest Lawrence). В 1932 году англичанин Джон Кокрофт (John Cockcroft) и ирландец Эрнест Уолтон (Ernest Walton) при помощи умножителя напряжения и первого в мире ускорителя протонов сумели впервые осуществить искусственное расщепление ядра атома: при бомбардировке лития протонами был получен гелий. Ускорители частиц работают за счет электрических полей, которые используются для ускорения (во многих случаях до скоростей, приближенных к скорости света) и удержания на заданной траектории заряженных частиц (например, электронов, протонов или более тяжелых ионов). Простейший бытовой пример ускорителей - это телевизоры с электронной лучевой трубкой.

Ускорители используются для разнообразных экспериментов, в том числе для получения сверхтяжелых элементов. Для исследования элементарных частиц также используются коллайдеры (от collide - "столкновение") - ускорители заряженных частиц на встречных пучках, предназначенные для изучения продуктов их соударений. Ученые придают пучкам большие кинетические энергии. При столкновениях могут образоваться новые, ранее неизвестные частицы. Специальные детекторы призваны уловить их появление. На начало 1990-х годов наиболее мощные коллайдеры действовали в США и Швейцарии. В 1987 году в США недалеко от Чикаго был запущен коллайдер Тэватрон (Tevatron) с максимальной энергией пучка 980 гигаэлектронвольт (ГэВ). Он представляет собой подземное кольцо длиной 6,3 километра. В 1989 году в Швейцарии под эгидой Европейского центра по ядерным исследованиям (CERN) был введен в эксплуатацию Большой электрон-позитронный коллайдер (LEP). Для него на глубине 50-175 метров в долине Женевского озера был построен кольцевой тоннель длинной 26,7 километра, в 2000 году на нем удалось добиться энергии пучка в 209 ГэВ.

В СССР в 1980-е годы был создан проект Ускорительно-накопительного комплекса (УНК) - сверхпроводящего протон-протонного коллайдера в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ) в Протвино. Он превосходил бы по большинству параметров LEP и Тэватрон и должен был позволить разгонять пучки элементарных частиц с энергией 3 тераэлектронвольта (ТэВ). Его основное кольцо длиной 21 километр было построено под землей в 1994 году, однако из-за нехватки средств проект в 1998 году был заморожен, построенный в Протвино тоннель - законсервирован (были достроены только элементы разгонного комплекса), а главный инженер проекта Геннадий Дуров уехал на работу в США. По мнению некоторых российских ученых, если бы УНК был достроен и введен в строй, не было бы необходимости в создании более мощных коллайдеров: высказывалось предположение, что для получения новых данных о физических основах мироустройства достаточно было преодолеть на ускорителях порог энергии в 1 ТэВ. США тоже отказались от строительства собственного Сверхпроводимого суперколлайдера (SSC) в 1993 году, причем по финансовым соображениям.

## История строительства и эксплуатация LHC

Вместо строительства собственных коллайдеров физики разных стран решили объединиться в рамках международного проекта, идея создания которого зародилась еще в 1984 году и была официально одобрена десятью годами позже. Больше десяти лет специалисты по физике элементарных частиц с нетерпением ждали шанса исследовать диапазон, где энергии достигают тераэлектронвольт (1 ТэВ = 10 12 эВ), — терадиапазон. При таких энергиях, возможно, проявятся новые физические явления, такие как неуловимые частицы Хиггса (ответственные, как полагают, за существование массы у других частиц), а также частицы, которые образуют темную материю, составляющую большую часть вещества во Вселенной. БАК позволит проникнуть в физику самых малых расстояний (вплоть до нанонанометра, или 10 –18 м) и достичь самых высоких из когда-либо исследованных энергий.

Процесс ввода в действие предполагает на первом этапе получение одного пучка, затем двух и, наконец, их столкновение; переход от низких энергий до терамасштаба; от пробных пучков малой интенсивности к более мощным, пригодным для получения экспериментальных данных с достаточной скоростью. На каждом этапе этого пути будут появляться трудности, которые предстоит преодолевать коллективу из 5 тыс. ученых, инженеров и студентов, участвующих в гигантском проекте.

После окончания экспериментов на швейцарском LEP его оборудование было демонтировано, и на его месте в 2001 году начато строительство Большого адронного коллайдера (БАК, Large Hadron Collider, LHC).

Строительство специальной криогенной линии для охлаждения магнитов закончено 19 ноября 2006 года. 27 ноября [этого же года](http://ru.wikipedia.org/wiki/2006_%D0%B3%D0%BE%D0%B4_%D0%B2_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B5) установлен в туннеле последний сверхпроводящий магнит.

11 августа [2008 года](http://ru.wikipedia.org/wiki/2008_%D0%B3%D0%BE%D0%B4_%D0%B2_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B5) успешно завершена первая часть предварительных испытаний.Во время испытаний пучок заряженных частиц прошёл чуть более трёх километров по одному из колец БАК.

10 сентября 2008 года был произведён официальный запуск коллайдера.Запущенные пучки протонов успешно прошли весь периметр коллайдера по и против часовой стрелки.

12 сентября 2008 года команде БАК удалось запустить и непрерывно удерживать циркулирующий пучок. На этом задача по установлению циркулирующего пучка завершилась, и физики приступили к подробным тестам магнитной системы.

19 сентября 2008 года в ходе тестов магнитной системы сектора 3-4 (34) произошёл инцидент, в результате которого БАК вышел из строя. Один из электрических контактов между сверхпроводящими магнитами расплавился под действием возникшей из-за увеличения силы тока электрической дуги, которая пробила изоляцию гелиевой системы охлаждения (криогенной системы), что привело к выбросу около 6 тонн жидкого гелия в туннель и, как следствие, резкому росту температуры, в трубах ускорителя был нарушен вакуум. Ремонт коллайдера занял остаток 2008-го и большую часть 2009-го годов.

21 октября 2008 года состоялась торжественная церемония официального открытия (инаугурация) БАК.

16 октября 2009 года завершено охлаждение всех восьми секторов коллайдера.

20 ноября 2009 года — впервые после аварии 19 сентября 2008 года пучок протонов успешно прошёл по всему кольцу Большого адронного коллайдера.

29-30 ноября учёные довели энергию каждого из пучков протонов до значения 1180 ГэВ. Таким образом, БАК стал самым мощным ускорителем частиц в мире.

9 декабря 2009 года — столкновения пучков протонов на рекордной энергии — 2,36 ТэВ.

4 января 2010 года - возобновились технические работы на БАК после рождественских каникул.

В феврале-марте 2010-го года ожидается окончание технических работ, закрытие коллайдера на несколько дней и начало рабочих столкновений вперемешку с тестовыми. Энергия протонов при этом не будет превышать 3.5ТэВ на пучок. В таком режиме коллайдер должен проработать до лета или осени 2011-го года, когда будет закрыт на долговременный ремонт. Ремонт займёт год или более длительное время. После ремонта ожидается повышение энергии протонов до проектной энергии в 7 ТэВ на пучок.

В ускорителе предполагается сталкивать протоны с суммарной энергией 14 ТэВ (то есть 14 тера[электронвольт](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82) или 14·1012 электронвольт) в [системе центра масс](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81) налетающих частиц, а также ядра [свинца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86) с энергией 5,5 ГэВ (5,5·109 электронвольт) на каждую пару сталкивающихся [нуклонов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BD). На начало 2010-го года БАК уже несколько превзошел по энергии протонов предыдущего рекордсмена — протон-антипротонный коллайдер [Тэватрон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8D%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD), который в настоящее время работает в [Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B1) ([США](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%A8%D0%90)). В будущем, когда наладка оборудования будет завершена, БАК будет самым высокоэнергичным ускорителем элементарных частиц в мире, на порядок превосходя по энергии остальные коллайдеры.

## Цели эксперимента

Основной целью строительства БАК было уточнение или опровержение Стандартной модели - теоретической конструкции в физике, описывающей элементарные частицы и три из четырех фундаментальных взаимодействия: сильное, слабое и электромагнитное, за исключением гравитационного. Формирование Стандартной модели было завершено в 1960-1970-х годах, и все сделанные с тех пор открытия, по мнению ученых, описывались естественными расширениями этой теории. При этом Стандартная модель объясняла, каким образом взаимодействуют элементарные частицы, но не отвечала на вопрос, почему именно так, а не иначе.

* Экспериментальное доказательство существования бозона Хиггса. Существование этой частицы было предсказано еще в 1960 году британским физиком Питером Хиггсом. Физиков интересует, на самом деле, не столько сам хиггсовский бозон, сколько хиггсовский механизм нарушения электрослабой симметрии. Именно изучение этого механизма, возможно, натолкнет физиков на новую теорию нашего мира, более глубокую, чем Стандартная модель. Хиггсовский бозон — это «частица-отголосок» этого механизма; его просто удобнее всего изучать именно через открытие и изучение хиггсовского бозона. Научная программа LHC, разумеется, не ограничивается одним лишь обнаружением бозона Хиггса, но и включает в себя многочисленные задачи по доскональному изучению его свойств.
* Поиск суперсимметрии.Суперсимметрия — это очень сильная и глубокая теоретическая идея об устройстве нашего мира. Она пока не подтверждена экспериментом, но, возможно, LHC сможет найти ее проявления.
* Изучение топ-кварков. Топ-кварки — самые тяжелые из известных на сегодня фундаментальных частиц, причем они намного тяжелее всех остальных кварков. Это наводит физиков на мысль, что топ-кварки могут играть важную роль в самом процессе нарушения электрослабой симметрии. Кроме того, топ-кварки могут оказаться удобным рабочим инструментом для поиска хиггсовского бозона. Всё это требует внимательного изучения свойств топ-кварков на LHC.
* Изучение кварк-глюонной плазмы. На LHC будут происходить не только протон-протонные столкновения, но и столкновения ядер свинца (ожидается, что примерно 1 месяц в году будет проходить в режиме ядерных столкновений). При лобовом столкновении двух ультрарелятивистских ядер на короткое время образуется и затем распадается плотный и очень горячий комок ядерного вещества. Понимание происходящих при этом явлений (переход в состояние кварк-глюонной плазмы и ее остывание) очень нужно для построения более совершенной теории сильных взаимодействий, которое окажется очень полезным как для ядерной физики, так и для астрофизики.
* Изучение фотон-адронных и фотон-фотонных столкновений. Протоны электрически заряжены, поэтому ультрарелятивистский протон порождает облако почти реальных фотонов, летящих рядом с протоном. Этот поток фотонов становится еще сильнее в режиме ядерных столкновений, из-за большого электрического заряда ядра. Эти фотоны могут столкнуться со встречным протоном, порождая типичные фотон-адронные столкновения, или даже друг с другом.
* Проверка экзотических теорий. Теоретики за последние годы выдвинули огромное число интересных и необычных идей относительно устройства нашего мира, которые все вместе называются «экзотическими моделями». Сюда относятся теории с сильной гравитацией на масштабе энергий порядка 1 ТэВ и т. д. Все эти теории могут показаться странными и необычными, но они не вступают в противоречие с имеющимися пока экспериментальными данными. Поскольку в этих теориях можно сделать конкретные предсказания для LHC, экспериментаторы планируют проверять эти предсказания и искать следы тех или иных теорий в своих данных. Ожидается, что результаты, полученные на LHC, смогут ограничить фантазию теоретиков, закрыв некоторые из предложенных конструкций. Впрочем, остается, конечно, и шанс, что какая-то из этих экзотических теорий «попадет в точку». Если это открытие произойдет, то за ним последует новый период бурного развития физики элементарных частиц.
* При помощи БАК физики надеются лучше понять, что представляла из себя Вселенная в первые мгновения после Большого Взрыва. Ученые отмечали, что если на БАК не удастся добиться открытия бозона Хиггса (в прессе его иногда называли "частицей бога") - это поставит под вопрос всю Стандартную модель, что потребует полного пересмотра существующих представлений об элементарных частицах. В то же время, если Стандартная модель будет подтверждена, некоторые области физики потребуют дальнейшей экспериментальной проверки: в частности, нужно будет доказать существование "гравитонов" - гипотетических частиц, которые отвечают за гравитацию.

## Финансирование проекта

Оценить общую стоимость проекта сложно, так как строительство самого ускорителя и его экспериментов (детекторов) финансируется отдельно, в финансировании участвует много стран, и не все деньги идут непосредственно через CERN. К тому же, ремонт ускорителя уже обошёлся дороже, чем ожидалось.

Ожидалось в 2001 году, что общая стоимость проекта составит около 4,6 млрд швейцарских франков (3 млрд евро) за сам ускоритель (без детекторов) и 1,1 млрд швейцарских франков (700 млн евро) составит доля CERN в проведении экспериментов (то есть в строительстве и обслуживании детекторов).

Строительство БАК было одобрено в 1995 году с бюджетом 2,6 млрд швейцарских франков (1,6 млрд евро), с добавочными 210 млн франков (140 млн евро) на эксперименты. Однако, как следствие сокращения бюджета CERN, стоимость была сокращена в 2001 году до 480 млн франков (300 млн евро) за ускоритель и 50 млн франков (30 млн евро) на эксперименты, что привело к сдвигу планируемых сроков введения с 2005 года на апрель 2007 года. Запуск БАК переносился не только из-за проблем с финансированием. В 2007 году выяснилось, что поставленные Fermilab детали для сверхпроводящих магнитов не удовлетворяли конструкционным требованиям, из-за чего запуск коллайдера был перенесен на год.

Бюджет проекта по состоянию на ноябрь 2009 года составил — 6 млрд долларов, что делает его самым дорогим научным экспериментом в истории человечества. Именно столько было инвестировано в строительство установки, которое продолжалось семь лет. Ускоритель частиц создавался под руководством Европейской организации ядерных исследований. Доля российских учёных в этом международном проекте тоже немаленькая. В нём задействовано 700 специалистов из России. Общая стоимость заказов, которые получили российские предприятия, по некоторым оценкам, достигает 120 миллионов долларов.

Также следует учесть, что официальная стоимость проекта БАК не включает стоимость ранее существовавших в CERN инфраструктуры и наработок. Так, основное оборудование LHC смонтировано в тоннель ранее существовавшего коллайдера LEP, и используется многокилометровое кольцо SPS в качестве предварительного ускорителя. В противном случае, если бы БАК пришлось бы строить с нуля, то стоимость БАК возросла бы в разы.

## Технические характеристики

Ускоритель расположен в том же туннеле, который прежде занимал [Большой электрон-позитронный коллайдер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD-%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80). Туннель с длиной окружности 26,659 км проложен под землёй на территории [Франции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) и [Швейцарии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B2%D0%B5%D0%B9%D1%86%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F). Глубина залегания туннеля — от 50 до 175 метров, причём кольцо туннеля наклонено примерно на 1,4 % относительно поверхности земли. Тоннель содержит две трубы, которые почти на всей своей протяженности идут параллельно и пересекаются в местах расположения детекторов, в которых будут осуществляться столкновения адронов - частиц, состоящих из кварков (для столкновений будут использоваться ионы свинца и протоны).

Скорость частиц в БАК на встречных пучках близка к скорости света в [вакууме](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC). Разгоняться протоны начинают не в самом БАК, а во вспомогательных ускорителях. Разгон частиц до таких больших скоростей достигается в несколько этапов. На первом этапе низкоэнергетичные линейные ускорители Linac 2 и Linac 3 производят инжекцию («впрыскивание») протонов и ионов [свинца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86) для дальнейшего ускорения. Затем частицы попадают в PS-бустер и далее в сам PS (протонный синхротрон), приобретая энергию в 28 ГэВ. После этого ускорение частиц продолжается в [SPS](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) (протонный суперсинхротрон) длиной 6,9 километра, где энергия частиц достигает 450 ГэВ. Ускорители, работающие десятилетия, в том числе Протонный синхротрон (PS) и Протонный суперсинхротрон (SPS), создают протоны со скоростью 99,99975% от скорости света. Затем пучок направляют в главное 26,7-километровое кольцо, БАК повышает энергию протонов еще почти в 16 раз, т.е. доводя энергию протонов до максимальных 7 ТэВ и сталкивает их между собой 30 млн раз в секунду в течение 10 часов и в точках столкновения детекторы фиксируют происходящие события.

В течение всего пути протоны направляет мощное магнитное поле, создаваемое 1624 сверхпроводящими электромагнитами, общая длина которых превышает 22 км. Они же в свою очередь состоят из катушек специального электрического кабеля, функционирующего как сверхпроводник, т.е. проводящего электрическую энергию без сопротивления и потерь. Для этого магниты должны быть охлаждены до -271°C, что, кстати, ниже температуры в открытом Космосе. Это и есть причина по которой большая часть ускорителя связана с системой распределения жидкого гелия, который охлаждает как сами магниты, так и другие вспомогательные системы.

Протоны будут двигаться в виде 3 тыс. сгустков, распределенных вдоль всей 27-километровой окружности коллайдера. Каждый сгусток, содержащий до 100 млрд протонов, в точках столкновений будет иметь длину в несколько сантиметров (как швейная игла) и диаметр всего 16 микронов (как самый тонкий человеческий волос). Иглы, сталкиваясь в зонах расположения детекторов, создадут более 600 млн столкновений частиц в секунду. Эти столкновения, или события, как их называют физики, фактически будут происходить между частицами, из которых состоят протоны, — кварками и глюонами. При максимальной энергии частиц будет высвобождаться приблизительно одна седьмая энергии, содержащейся в исходных протонах, или приблизительно 2 ТэВ. Четыре гигантские системы детекторов, самый большой из которых занял бы половину собора Нотр-Дам в Париже, а самый тяжелый содержит железа больше, чем Эйфелева башня, будут измерять параметры тысяч частиц, разлетающихся при каждом столкновении. Несмотря на огромный размер детекторов, монтаж отдельных элементов должен производиться с точностью 50 микронов.

Важно также, что БАК рассчитан на то, чтобы создавать пучки с интенсивностью в 40 раз большей, чем удается достичь на Теватроне. При выходе на проектную мощность все циркулирующие в нем частицы будут нести энергию, примерно равную кинетической энергии 900 автомобилей, едущих со скоростью 100 км/ч, или достаточную, чтобы вскипятить 2 тыс. л воды.

[Светимость](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) БАК во время первого пробега составит всего 1029 частиц/см²·с. Это весьма скромная величина. Однако, после запуска БАК для экспериментальных исследований, светимость будет постепенно повышаться от начальной 5·1032 до номинальной 1,7·1034 частиц/см²·с. Выход на номинальную светимость планируется в [2010 году](http://ru.wikipedia.org/wiki/2010_%D0%B3%D0%BE%D0%B4_%D0%B2_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B5).

Все системы контроля над ускорителем и его технической инфраструктурой сосредоточены в Контрольном центре CERN. Именно из этого центра будет приведен в действие процесс столкновения частиц, и именно сюда будет поступать вся информация с детекторов.

## Детекторы

На БАК работают 4 основных и 2 вспомогательных детектора:

* [ALICE](http://ru.wikipedia.org/wiki/ALICE_%28%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_LHC%29) (A Large Ion Collider Experiment)
* [ATLAS](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_ATLAS) (A Toroidal LHC ApparatuS)
* [CMS](http://ru.wikipedia.org/wiki/CMS_%28%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_LHC%29) (Compact Muon Solenoid) - Компактный мюонный соленоид
* [LHCb](http://ru.wikipedia.org/wiki/LHCb) (The Large Hadron Collider beauty experiment)
* [TOTEM](http://ru.wikipedia.org/wiki/TOTEM) (TOTal Elastic and diffractive cross section Measurement)
* [LHCf](http://ru.wikipedia.org/wiki/LHCf) (The Large Hadron Collider forward).

ATLAS, CMS, ALICE, LHCb — большие детекторы, расположенные вокруг точек столкновения пучков. Детекторы TOTEM и LHCf — вспомогательные, находятся на удалении в несколько десятков метров от точек пересечения пучков, занимаемых детекторами CMS и ATLAS соответственно, и будут использоваться попутно с основными.

Два наиболее крупных проекта под кодовыми названиями **ATLAS** и **CMS** имеют в распоряжении 2 поливалентных детектора, предназначенные для анализа несметного числа частиц, которые образуются во время столкновения в ускорителе, что таким образом позволит изучить самые различные аспекты физики. Благодаря двум детекторам, разработанным независимо друг от друга, полученная информация, в случае открытия, сможет быть сравнена и проверена. Проект ATLAS направлен на изучение широкого спектра областей физики от исследования бозона Хиггза до частиц других размеров, а также поиск тех частиц, которые могли бы образовывать темную материю.

ALICE — для изучения [кварк-глюонной плазмы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA-%D0%B3%D0%BB%D1%8E%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0) в столкновениях тяжёлых ионов свинца. В рамках проекта ALICE, в коллайдере столкнутся ионы свинца, чтобы создать в лаборатории условия, подобные которым существовали сразу после Большого Взрыва. Полученные данные позволят изучать эволюцию материи с момента зарождения Вселенной до наших дней.

Столкновения, которые произойдут в БАКе, вызовут температуру в 100 000 раз превышающую температуру, царящую в центре Солнца. Ученые-физики надеятся что при такой температуре протоны и нейтроны «расплавятся», высвободив кварки от влияния глюонов. Они предполагают, что подобное состояние существовало сразу после Большого Взрыва, когда Вселенная была так же раскалена. Частицы, из которых состоит сегодня наша Вселенная, протоны и нейтроны, вероятно сформировались в этой плазме.

**LHCb** — для исследования физики [*b*-кварков](http://ru.wikipedia.org/wiki/B-%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA), что позволит лучше понять различия между [материей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) и [антиматерией](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE),

Последние два опыта, гораздо более скромного масштаба, **TOTEM** и **LHCf** подвергнут анализу адроны, высвобождающиеся в момент лобового столкновения. Далеко не все частицы, двигаясь в противоположных направлениях, ударяются друг о друга. Их лишь малая доля. Некоторые едва лишь касаются друг друга, в то время как большая часть, не встретив препятствий на своем пути, продолжают свободное движение. Объектом исследования TOTEM и LHCf становится вторая группа частиц, то есть те которые слегка задевают другие, и в силу этого минимально отклоняются от траектории пучка. Так же в рамках проекта ТОТЕМ будет произведено перевычисление размеров протонов. Использование частиц в проекте LHCf направлено на искусственное создание космических лучей в условиях лаборатории. Космические лучи – это заряженные частицы межзвездного пространства, которые беспрестанно бомбардируют верхние слои атмосферы Земли.

## Распределенная компьютерная сеть GRID

Почти 100 млн каналов данных, идущих от каждого из двух основных детекторов, могли бы за секунду заполнять 100 тыс. компакт-дисков, которые за шесть месяцев могли бы образовать штабель, достигающий Луны. Поэтому вместо того чтобы записывать всю информацию, в экспериментах предлагается использовать системы запуска и сбора данных, действующие как фильтр. Записывать и помещать в архив центральной вычислительной системы БАК в ЦЕРН (Европейская лаборатория по физике элементарных частиц и «родной дом» коллайдера) будут только 100 событий в секунду, представляющих наибольший интерес.

Для обработки результатов экспериментов на БАК будет использоваться выделенная распределенная компьютерная сеть GRID, способная передавать до 10 гигабит информации в секунду в 11 вычислительных центров по всему миру. Каждый год с детекторов будет считываться более 15 петабайт (15 тысяч терабайт) информации: суммарный поток данных четырех экспериментов может достигать 700 мегабайт в секунду.

При 20 столкновениях, происходящих в центре каждого детектора через каждые 25 нс, БАК создает больше данных, чем можно зарегистрировать. Так называемые системы запуска выбирают крошечную долю данных, представляющих наибольших интерес, и отбрасывают остальные. Распределенная сеть (GRID), предоставляет тысячам исследователей во всем мире доступ к сохраненным данным и вычислительные мощности для обработки и анализа.

# Вывод

Сегодня можно уже с уверенностью сказать, что мы станем свидетелями принципиально новых явлений того или иного рода. Ученые надеются обнаружить давно разыскиваемые частицы, которые могли бы дать более полное представление о природе материи. Возможны и неординарные открытия, например обнаружение признаков существования новых измерений.

Физики ожидают, что БАК откроет новую эру в физике элементарных частиц, и это поможет найти ответ на главные загадки строения материи и энергии во Вселенной.

В ускорителе предполагается сталкивать протоны с суммарной энергией 14 ТэВ (то есть 14 тера[электронвольт](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82) или 14·1012 электронвольт) в [системе центра масс](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81) налетающих частиц, а также ядра [свинца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86) с энергией 5,5 ГэВ (5,5·109 электронвольт) на каждую пару сталкивающихся [нуклонов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BD). На начало 2010-го года БАК уже несколько превзошел по энергии протонов предыдущего рекордсмена — протон-антипротонный коллайдер [Тэватрон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8D%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD), который в настоящее время работает в [Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B1) ([США](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%A8%D0%90)). В будущем, когда наладка оборудования будет завершена, БАК будет самым высокоэнергичным ускорителем элементарных частиц в мире, на порядок превосходя по энергии остальные коллайдеры.

В 2013 году CERN планирует модернизировать БАК, установив на него более мощные детекторы и увеличив общую мощность коллайдера. Проект модернизации называют Супер большим адронным коллайдером (Super Large Hadron Collider, SLHC). Также планируется строительство Международного линейного коллайдера (International Linear Collider, ILC). Его труба будет длиной в несколько десятков километров, и он должен быть дешевле БАК за счет того, что в его конструкции не требуется применять дорогостоящие сверхпроводящие магниты. Строить ILC, возможно, будут в Дубне.

Также некоторые специалисты CERN и ученые США и Японии предлагали после окончания работы БАК начать работу над новым Очень большим адронным коллайдером (Very Large Hadron Collider, VLHC).

# Список литературы

**1.** И.М. Дремин*.* Физика на Большом адронном коллайдере. // *УФН*: журнал. — 2009. — Т. 179. — № 6.

2. Н. Никитин, Время искать Хиггс

3. http://elementy.ru/LHC (Большой адронный коллайдер — научно-популярный проект, посвящённый БАК)

4. http://www.abitura.com/modern\_physics/bac.htm

5. http://www.studies-science.ru/chto-takoe-bolshoj-adronnyj-kollajder-i-pochemu-on-ne-rabotaet