



Примерно полтора года назад мы рассказали читателям "Поиска" (№44, 2008) о завершении крупномасштабного международного проекта по созданию в ЦЕРН Большого адронного коллайдера. Итогом командировки группы наших корреспондентов в Европейский центр ядерных исследований стал спецвыпуск, посвященный огромному вкладу коллаборации RDMS CMS, костяк которой составляют российские ученые и специалисты, в осуществление этой грандиозной задачи.

Но по стечению обстоятельств первый показательный пуск коллайдера окончился неудачей: проработав всего девять дней, гигантский ускоритель был остановлен более чем на год из-за аварии, произошедшей по банальной причине: нарушение электрического контакта между двумя сверхпроводящими магнитами.

Все это время мы пристально следили за новостями из Женевы: новый запуск ускорителя неоднократно отодвигался. И вот, несколько месяцев назад LHC "заговорил" вновь. На этот раз, как уверены физики, всерьез и надолго. В конце марта репортажи СМИ (в том числе и нашей газеты) известили мир об успешных столкновениях частиц и начале программы физических экспериментов на Большом адронном коллайдере. Теперь уж точно этап создания и отладки машины (именно так говорят в Женеве об LHC, практически не употребляя тяжеловесного слова "коллайдер") был завершен. Началось все самое интересное.



Вперед, машина!

Мы летели в ЦЕРН с радостным чувством предвкушения встречи с хорошо знакомыми нам учеными из коллаборации RDMS CMS, которые наконец-то смогут заняться тем, к чему так долго шли. Хорошие предчувствия не подвели (и вряд ли дело было только в яркой и благоухающей ароматом глициний весне): в Европейской лаборатории ядерных исследований наблюдался подъем, физики активно обсуждали последние события, строили планы и отважно (а порой осторожно) посвящали в них журналистов. Нам оставалось только фиксировать услышанное и увиденное.

Главный вопрос, который буквально витал в воздухе: как жить дальше? Его обсуждали на всех уровнях - и на самом верху, в дирекции ЦЕРН (в том числе и с участием вице-президента РАН Геннадия Месяца, о чем "по горячим следам" мы уже рассказали нашим читателям ("Поиск" №19-20, 2010), и на уровне руководителей экспериментов, и в среде "рядовых" физиков, от ежедневной работы которых в общем-то и будет зависеть успех грандиозного проекта. Впрочем, обо всем по порядку.



Найти невидимое

Пока инженерные службы работали над устранением последствий аварии и повышением надежности систем защиты коллайдера, а физики занимались калибровкой оборудования, в администрации ЦЕРН разрабатывали программу физических экспериментов на LHC. Решено, что непрерывная работа машины будет продолжаться в течение 18-24 месяцев, начиная с момента первых соударений при энергии 7 ТэВ. Такой режим необходимо обеспечить, чтобы набрать достаточное количество данных. Эта начальная программа экспериментов сама по себе достаточно интересна, и обнаружение бозона Хиггса - важная, но не единственная ее часть.

Для начала церновцы хотели бы повторить на более высоких энергиях все, что уже сделано в области Стандартной модели (основополагающая теория физики элементарных частиц), убедиться в правильности прежних выводов и продвинуться дальше. Удается ли на этом этапе обнаружить бозон Хиггса - неизвестно, как повезет. На этот счет существуют разные прогнозы, и по некоторым из них удача возможна.

По мнению лидера коллаборации RDMS CMS профессора Игоря Голутвина, необходимо "атаковать" ту область, которая раньше была недоступна исследователям. Физики говорят, что она лежит "за пределами Стандартной модели" и при этом вызывает больше всего вопросов. Часть из них связана с темной материей и темной энергией. С точки зрения Игоря Голутвина, следы новых явлений можно попытаться обнаружить, изучая так называемые двухмюонные события - это та область исследований, где наиболее ярко проявляются преимущества LHC: высокая энергия и светимость.

Интересно, что задачи, которые ставят перед собой участники двух крупнейших экспериментов ЦЕРН - CMS и ATLAS, практически не отличаются. И вот почему. Как известно, LHC именуют "машиной открытий" (discovery machine) - именно такой ее задумал директор Европейской организации ядерных исследований (в 1989-1993 годах) нобелевский лауреат Карло Рубиа. Если открытия удастся совершить, то по сложившейся в науке традиции результаты исследований надо будет перепроверить. Где это можно сделать? Только лишь в другом эксперименте на этой же самой машине, потому что аналогов в мире у LHC нет.

Считают все!

Известно, что особенность экспериментов на Большом адронном коллайдере заключается в гигантском потоке данных, поступающих с места соударения частиц. Он такой огромный, что с самого начала было понятно: ЦЕРН не в состоянии будет его даже хранить. Только с CMS планировалось получать 4 петабайта информации в год! Задачи, которые предстояло решать в ЦЕРН, дали толчок для развития новой глобальной географически распределенной системы хранения и обработки данных GRID, которая объединяет вычислительные ресурсы разных типов, доступные из любой точки мира.

- В ЦЕРН планируется использовать трехуровневую систему LHC Computing Grid, - рассказал Виктор Жильцов, системный администратор высшего класса. - Ее нулевой уровень Tier0 (T0), на котором происходит управление всем потоком информации по экспериментам LHC, располагается непосредственно в ЦЕРН. Уровень T1, куда данные поступают для хранения и предварительной обработки, обеспечивают 11 крупных вычислительных центров в Европе, США и Юго-Восточной Азии. К T1 обращаются узлы уровня T2 (они есть в институтах России), где, собственно, и происходит обработка данных.

При этом трафик данных от узлов T1 к T2 достаточно большой, и, чтобы проверить функционирование аппаратуры, находясь, к примеру, в Дубне (проверка аппаратуры с точки зрения обработки данных - несложная операция, она заключается в их фильтрации), потребуется скачать гигабайты информации, в то время как воспользоваться потребуется 3-4% от этого количества. Чтобы оптимизировать трафик, руководству CMS пришла идея сформировать уровень T1 для хранения данных своего эксперимента непосредственно в ЦЕРН. Внутри T0 специальным соглашением было разрешено использовать некоторый объем данных специально для RDMS CMS. Смотрителем церновского T1 (его называют "русским") назначен Виктор Жильцов.

Мы уже коротко рассказывали о состоявшейся в Центре управления экспериментом CMS (Compact Muon Solenoid - Компактный мюонный соленоид) встрече вице-президента РАН Геннадия Месяца и члена корреспондента РАН Владимира Ритуса с участниками коллаборации RDMS CMS в ходе телемоста, связавшего ОИЯИ и группу представителей RDMS, находившихся в тот момент в ЦЕРН. Телемост должен был продемонстрировать директору ФИАН и координатору Программы Президиума РАН по сотрудничеству с ЦЕРН широкие возможности современных технологий, которые могут быть использованы для нужд большой физики. Во время сеанса связи выяснилось, что сегодня можно контролировать состояние установки и ход эксперимента удаленно, забирать для обработки данные, выдаваемые в огромном количестве коллайдером. Пользователь LHC Computing Grid запускает физическую задачу из любой точки мира, и ему не важно ни то, где именно на земном шаре она будет выполняться, ни то, откуда будут поступать данные.



Пора варить кашу

В ЦЕРН начинается новая жизнь - наступает долгожданная пора открытий, пора физики на LHC. Все церновцы только и говорят об организации эффективной работы участников экспериментов. Ответственно подходят к этому вопросу и в RDMS. Главная задача на этом этапе, считает руководитель RDMS CMS Игорь Голутвин, - удержать лидерские позиции коллаборации, поставить дело так, чтобы вклад российских ученых в развитие новой физики по-прежнему был весомым и ценным. Добиться этого, по мнению Голутвина, можно только путем организации эффективной работы более чем 300 ученых из нескольких российских институтов. Как этого достичь? Некоторые предложения у Игоря Голутвина уже есть.

Многие специалисты признают, что, как ни хороши современные технологии, в том объеме данных, которые генерирует коллайдер, немудрено будет утонуть. Чтобы этого не случилось, информацию, собранную на стометровой глубине в точках столкновения протонов, потребуется превратить в некоторые образы (картинки), а затем проанализировать и постараться понять, каким образом получены изображения и каким законам они подчиняются. Другими словами, все накапливаемые данные необходимо будет преобразовать в удобный и понятный многим ученым вид.

Это задача сложная, потому что для хранения всей информации в таком формате не хватит носителей, имеющихся сегодня в распоряжении человечества. Главное ограничение: в год невозможно сохранить больше, чем несколько петабайт (10^{15} байт) информации. Это означает, что ученым удастся



и была оправдана, когда создавался LHC. Сейчас начинается другая стадия.

- Я бы так сказал: примус мы сделали, теперь пора кашу варить, - делился с нами Игорь Голутвин. - Как правильно организовать работу на этом этапе, сегодня вряд ли кто точно знает. В истории науки еще не было столь масштабных проектов. Нам кажется, что разумно сделать ступенчатую иерархическую организацию. Но тогда получится, что 5-10 процентов физиков будут осуществлять первичный контроль над информацией, а остальные почувствуют дискриминацию. Многим директорам институтов не нравится эта идея, особенно тем, у кого нет требуемых специалистов. При этом в RDMS работают 300 физиков, значит, большинство почувствуют себя обиженными.

но, потому что интенсивность труда, темп работы очень высоки. Умственная деятельность - это, конечно, не кирпичи в гору таскать, но когда человек изо дня в день напряженно занимается такой работой, то он устает гораздо больше и изнашивается быстрее, чем при переноске тяжестей. Здесь все время приходится выдерживать колоссальный темп. Не все способны на такое.

На них ЦЕРН держится

Отвлекаясь от темы обработки данных и способов организации эффективной работы физиков, расскажем о человеке, которого коллеги и руководство ЦЕРН иначе как надежным и суперответственным специалистом не называют, а то и вовсе говорят: "незаменимый". Речь идет об Александре Куренькове, который, на первый взгляд, никакого отношения не имеет ни к частицам, ни к их превращениям. Но только на первый. Александр - специалист, от которого на CMS, да и в ЦЕРН, зависит многое. Он Инженер с большой буквы, лидер российской группы по монтажу установки CMS. Как ни пытались мы вытянуть из него новую информацию о досадной аварии 2008 года, на все один ответ: нештатные ситуации в таком масштабном проекте - обычное дело.

- И что даже растерянности, досады не было?

- Растерянности не было, досада - пожалуй. Люди рассчитывали на определенные результаты, новую работу, но, как говорится, нет худа без добра. Появилась возможность сделать что-то другое, устранить недоделки, которые поначалу казались второстепенными. Это нормально, всякое новое изделие нуждается в доработке, а здесь миллион соединений!

- Вы говорите так, как будто не раз сталкивались с такими ситуациями.

- В DESY под Гамбургом было и похуже: после одной из остановок кольца его никак не могли запустить, хотя до этого оно работало нормально.

В группе Куренькова, которую он возглавляет с 2006 года, - специалисты из российских институтов. Есть небольшой постоянный костяк, но многие приезжают работать в ЦЕРН вахтовым методом. Были времена, когда численность команды достигала 50 человек: люди занимались прокладкой кабелей и трудились в две смены.

- Моя задача - непосредственное техническое обслуживание установки, - рассказывает Куреньков. - Во время плано-

вой остановки я имею право доступа в туннель. Если нужно сменить какой-то блок, кабели или выполнить механические работы, то все эти функции - мои.

Александр окончил МИРЭА, работал на опытном производстве ОИЯИ, и первый его выезд в ЦЕРН состоялся в конце 1980-х, когда только строилась установка DELFI. Затем он монтировал детектор HERA на немецком синхротроне в DESY, а с 2000 года занимался производством мюонных камер.

После аварии на LHC его группе поручили монтаж системы, повышающей надежность коллайдера, тестирование высоковольтных и низковольтных кабелей, настройку систем контроля за работой LHC.

Мы спросили Александра, каково отношение в ЦЕРН к российским инженерам.

- Очень положительное. Я на себе испытал.

- Когда случается что-то серьезное, кого зовут в первую очередь? Американцев, французов?

- Как правило, первыми зовут нас. Видимо, мы неплохо себя зарекомендовали.

- Говорят, что наши специалисты могут найти выход из самой сложной технической ситуации, используя при этом простейшие подручные средства.

- Так и есть. Если необходимо сделать что-то на установке, мы делаем и не рассуждаем, что чего-то не хватает. Техни-

Игорь Голутвин:

Работать здесь постоянно - трудно. Здесь легко жить: чистые улицы, красивые магазины... А работать - трудно, потому что интенсивность труда, темп работы очень высоки. Умственная деятельность - это, конечно, не кирпичи в гору таскать, но когда человек изо дня в день напряженно занимается такой работой, то он устает гораздо больше и изнашивается быстрее, чем при переноске тяжестей. Здесь все время приходится выдерживать колоссальный темп. Не все способны на такое.



использовать примерно одну десяти-миллиардную часть того объема данных, которые выдает LHC.

Значит, нужно научиться выбирать из потока информации самое ценное, что действительно необходимо запомнить, а остальное незамедлительно удалять. Но как отделить зерна от плевел? Как догадаться, что принесет пользу науке, а что нет? По словам Игоря Голутвина, ценность будет представлять информация о том, чего ученые пока не знают. При этом решать, какие данные сохранить, а каким суждено погибнуть, должны квалифицированные специалисты - физики. Понятно, что в случае ошибки самая ценная информация может быть потеряна.

Процесс первичной селекции, обработки и преобразования данных в вид, пригодный для последующего изучения теоретиками, по мнению Игоря Анатольевича, "архиважен". Его можно доверить специальной группе физиков, постоянно работающих в ЦЕРН и уже имеющих за плечами опыт подобной экспертизы. В состав этой группы должны обязательно входить несколько человек из России. Все эти люди смогут обеспечить качественное выделение событий.

Но это лишь одна сторона вопроса. Сейчас в эксперименте CMS заняты больше 1000 физиков, за каждым из них стоят администраторы, директора институтов, инженеры, техники. В целом в работу вовлечено очень много людей. Такая система сформировалась

- Но почему? Система GRID для того и создавалась, чтобы работать с данными из ЦЕРН можно было в любом уголке мира. И потом, есть люди, специализирующиеся на экспертизе качества данных, а есть теоретики. Если не договориться и не поделить обязанности, ничего хорошего не выйдет.

- Физики - народ ревнивый и осторожный. Не в обиду кому-то будет сказано, но некоторые не за дело болеют, а беспокоятся о своей персоне, выгадывают, что им то или иное решение даст. В науке ведь нет понятия "надо". То, что я хотел бы сделать и что, как мне кажется, многих устроит, - это организовать непрерывную "цепочку", чтобы можно было людей менять, но не часто. Я по себе знаю: когда приезжаешь сюда на две недели, то надо за это время успеть догнать тех людей, которые здесь работают постоянно, и что-то новое сделать. Это крайне трудно. Люди должны жить экспериментом, работать в тех условиях, в которых работают другие, постоянно общаться с коллегами, знать, что здесь происходит, и так далее. Физикой нельзя заниматься наездами.

- Что мешает организовать такую систему?

- Для того чтобы сотрудник института мог работать в ЦЕРН постоянно, нужно обеспечить этому специалисту "человеко-год", а это - деньги. Я редко говорю так откровенно. Но раз уж начал, скажу. Работать здесь постоянно - трудно. Здесь легко жить: чистые улицы, красивые магазины... А работать - труд-



ческие решения порой приходится принимать весьма неожиданные. При этом ни одного прокола с нашей стороны ни разу не было.

(Окончание на с. 14)



Чтоб было, с кем поговорить

Еще одно направление работы коллаборации RDMS на новом этапе - создание постоянно действующего объединенного научного семинара "Физика на Большом адронном коллайдере". Первые два его заседания уже состоялись, третье намечено на 30 июня. Почему он так важен? Во-первых, физика немаловажна без обсуждения с коллегами результатов исследований, гипотез, самых разных мнений. Во-вторых, участники коллаборации собираются предъявить на нем "всю интеллектуальную мощь, которая есть вокруг CMS, и не только CMS, в России". В-третьих, современные информационные технологии позволяют организовать объединенный семинар, созданный усилиями всех участвующих в коллаборации институтов.

Игорь Голутвин с сожалением рассказывал нам, что на научных семинарах, которые проводятся в российских институтах, он редко видит большие заинтересованные аудитории. Может быть, это следствие того, что некому и некого слушать? Одни ученые уехали из страны, другие ушли из науки, третьи состарились. Но если собрать из разных мест всех, кто остался, то получится внушительная компания! Так родилась мысль сделать объединенный семинар, связать институты посредством телемоста.

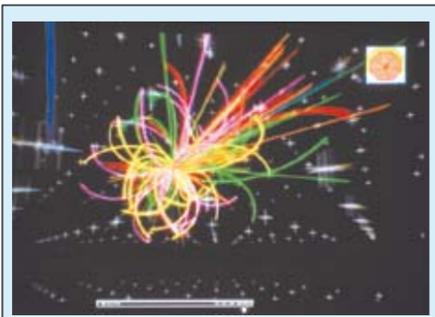
Вот только как быть со столь важным во время научных обсуждений "эффектом присутствия"? Чтобы человек забыл, что он находится далеко от места действия, и мог свободно общаться с коллегами.

Решено было связать в режиме "point to point connection" несколько аудиторий в разных институтах и регионах страны, обеспечив при этом высокое качество телевизионной трансляции в режиме реального времени.

Первый семинар приурочили к началу столкновений на ЛНС и провели с размахом. В ОИЯИ приехали не только ученые, но и представители более десятка изданий СМИ. По другую сторону экрана участники семинара увидели коллег, находящихся в ЦЕРН, перед российскими учеными выступали спикеры эксперимента CMS Guido Tonelli и стоявший у истоков CMS французский физик Мишель Дела Негра.

Программу последующих научных встреч уже разработали на далекую перспективу. О чем пойдет речь? В первую очередь, будут затронуты вечные вопросы: как устроен мир, Вселенная? Ведь знания, которыми обладают ученые в этой области, весьма обширны. Имеются прекрасные космологические теории - красивые, построенные будто из соображений эстетики: как было бы хорошо, если бы мир имел не три, а четыре, или шесть, или десять измерений. Многие пытаются объяснить, как возникла Вселенная, когда она исчез-

нет. Беда в том, что наблюдательная база пока очень слаба. Современные теории утверждают, что мы видим вещество, а куда делось антивещество, не объясняют. Доказано, что есть темная материя, но какова ее природа? Из чего она состоит? Есть, правда, некоторые указания, и сейчас впервые Большой адронный коллайдер дает надежду, что ученые вот-вот что-то из этой области



Один из ведущих теоретиков ЦЕРН Джон Эллис однажды объяснял Маргарет Тэтчер, чем занимаются ученые в ЦЕРН - поиском суперчастиц, бозона Хиггса, экстраразмерности, и в заключение неожиданно подытожил: лучше бы все-таки открыть что-то, о чем мы пока не догадываемся. "Как же так, - удивилась премьер-министр. - Вы предсказываете одно, а хотите обнаружить другое?" У нее была психология политического деятеля, ей хотелось управляемой ситуации.

найдут. Например, то, на что смогут опереться красивейшие теории. Второй семинар, который провел на территории "Питомника" ИЯИ Валерий Рубаков, как раз был посвящен космологическим проблемам. К московским коллегам присоединились физики из Гатчины, Дубны, Женева, Новосибирска, Томска и других городов.

Главный идеолог проекта Игорь Голутвин обычно ведет с докладчиками продолжительные предварительные переговоры. Призывает их готовить яркие, насыщенные интересными фактами выступления. Ученые, по мнению Голутвина, должны "рассуждать выводами", оставив в стороне то, как они к этим выводам пришли. Современных слушателей интересует не процесс, а результат: как же все-таки произошла Вселенная, какие есть гипотезы, к какой из них склоняется докладчик?

Участники коллаборации RDMS хотят сделать семинар максимально широким. Для этого заявленные докладчиками темы должны быть действительно актуальными и значимыми. Например, о практическом применении результатов фундаментальных исследований. Можно было бы выделить это направление в отдельную секцию. Договоренность об одной лекции уже есть - на ней речь пойдет о создании GRID в России. Еще одну можно было бы посвятить возможным применениям со-

временной протонной медицины. В принципе, не обязательно замыкаться только на ЛНС. Начали ведь с космологии, и ни один участник не сказал, что это - не по тематике.

- На кого рассчитан семинар? - спрашивали мы Игоря Анатольевича.

- На специалистов, аспирантов, студентов. Возможно, даже школьников. В старом Физфаке на Моховой в конце 1940-х - начале 1950-х по воскресеньям устраивались физические чтения. Я там массу интересных вещей узнал, пусть и нынешней молодежи будет интересно. Можно сказать, что семинар организуется для широкой публики, имеющей высшее образование. Идея такая: научиться излагать проблемы физики так, чтобы было понятно хотя бы тем, кто излагает, - шутит Игорь Анатольевич.

На самом деле, говорить о серьезных вещах понятно, но при этом не снижая научного уровня, по силам не каждому ученому. Голутвин допускает, что с не первого раза может все получиться. Но стремиться к тому, чтобы образованная аудитория понимала значимость и существо физики, надо. Открыли еще одну частицу - а зачем? Что это даст? Так излагать проблему никто никогда не учил.

По итогам семинаров будут выпущены сборники публикаций. В своем кругу участники RDMS смогут публично докладывать о результатах, полученных в ЦЕРН. В Европейской лаборатории ядерных исследований сейчас введена жесткая система цензуры, чтобы что-то опубликовать, нужно пройти очень длинный и сложный путь. А кто может запретить обнародовать результаты, прозвучавшие на внутреннем семи-



наре коллаборации? Это, конечно, не международная публикация, но можно сделать перевод, и она будет доступна всем. Не исключено, что семинары окажут практическую помощь российским физикам, работающим в таком большом международном проекте.

- А еще я хочу, - говорит Игорь Голутвин, - чтобы людям, которые внесли существенный вклад в создание ЛНС, было интересно жить и работать. Только так и можно сохранить научные школы.

Притяжение частиц

Один из будущих докладчиков объединенного семинара коллаборации RDMS CMS "Физика на Большом адронном коллайдере" - сотрудник ФИАН профессор Игорь Дремин. Первым делом мы задали ему вопрос о том, почему его шеф - директор института академик Геннадий Месяц, основатель сильноточной электроники и импульсной электрофизики, - в последнее время заинтересовался физикой элементарных частиц и даже стал участником коллаборации RDMS CMS?

Игорь Дремин начал издали. Он вспомнил рассказ одного из ведущих теоретиков ЦЕРН Джона Эллиса о разговоре с Маргарет Тэтчер. Однажды тот объяснял "железную леди", чем занимаются ученые в ЦЕРН - поиском суперчастиц, бозона Хиггса, экстраразмерности и в заключение неожиданно подытожил: лучше бы все-таки открыть что-то, о чем мы пока не догадываемся. "Как же так, - удивилась премьер-министр. - Вы предсказываете одно, а хотите обнаружить другое?" У нее была психология политического деятеля, ей хотелось управляемой ситуации.

- Позиция Геннадия Месяца - это позиция ученого: найти что-то абсолютно новое чрезвычайно важно. Непосредственно частицами он не занимается, но понимает, что это перспективное направление, очень важное для института, - пояснил Дремин.

- Сколько сотрудников ФИАН сейчас работают в ЦЕРН?

- Человек 12. Одни приезжают, другие уезжают.

- Зачем нужна постоянная ротация? Ведь трудно каждый раз догонять со-бытия.

- Все зависит от специфики работы. Сейчас мы собираемся послать в Женеvu одного сотрудника на год, потом еще продлить срок его командировки. У него будет действительно специфическая работа: набирать данные на контрольном пункте CMS и фактически руководить этим процессом.

- Он будет делать это только для ФИАН?

- Нет, для всей российской команды. До этого он выполнял аналогичные обязанности в DESY. Есть сотрудники, которые приезжают на короткое время и постоянно ходят здесь на дежурства. Случись что-то нештатное, они мгновенно сообщают эксперту. Это временная техническая работа. Есть еще одна сфера деятельности - обработка информации и ее теоретическая интерпретация. Этим занимаются теоретики из нашего сектора, среди которых есть и аспиранты. В принципе, такую работу можно выполнять где угодно, но все равно стоит поддерживать постоянные контакты со здешними коллегами, время от времени приезжать в ЦЕРН, обмениваться информацией, участвовать в семинарах.

- Раз уж заговорили о семинарах, о чем будет ваша лекция в цикле "Физика на ЛНС"?

- О кварк-глюонной среде, которая образуется на короткое время в результате столкновения кварков. Я расскажу, как она возникает, как себя ведет и почему нам важно знать об этом.