

Важнейшие результаты научно-исследовательских работ ИЯФ за 1993 год.

В области физики элементарных частиц

В 1993 году продолжался набор статистики с детектором КМД-2 на накопителе ВЭПП-2М. Набрано около 1,5 обратных пикобарн. Проведена предварительная обработка 20% набранной статистики. Впервые основные бранчинги распадов фи-мезонного резонанса измерены в одном эксперименте с точностью порядка среднеровой.

Обработка набранной статистики продолжается и позволит еще улучшить приведенные параметры, а также провести измерения бранчингов редких мод распада фи-мезона до уровней 10^{-4} — 10^{-5} .

В области ускорителей заряженных частиц

Создание нового поколения накопителей на базе сверхпроводящих магнитов требует новых подходов к конструкции вакуумной камеры. В поисках решения этой проблемы на накопителе ВЭПП-2М проведен цикл измерений фотодесорбции в области мягкого рентгена и ультрафиолета при температуре жидкого гелия. Необходимая экспозиция (10^{23} фотонов на м²) была достигнута при увеличении тока электронов в накопителе до 700 мА за счет модернизации ускоряющей высокочастотной системы ВЭПП-2М, которая обеспечила устойчивый многосгустковый режим в течение всего эксперимента. В режиме одного сгустка отсутствие когерентных неустойчивостей при токе 300 мА открывает путь к дальнейшему увеличению светимости встречных пучков накопителя ВЭПП-2М.

В области физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза. Эксперименты на газодинамической ловушке

Изучен локальный энергобаланс плазмы в установке ГДЛ с каспом-стабилизатором при нагреве плазмы атомарной инъекцией (3,5 МВт, 15 кВ, 1 мс). По измерениям атомов перезарядки определен угловой разброс быстрых "плещущихся" ионов в ловушке. Измеренная величина близка к расчетной для кулоновского рассеяния с учетом временного измерения параметров

(Окончание на стр.2)



Список ученых ИЯФ,

которым присуждена государственная научная стипендия

Указом президента Российской Федерации от 16 сентября 1993 года "О мерах по материальной поддержке ученых России" учреждены с 1 января 1994 года пять тысяч ежемесячных государственных научных стипендий в размере 75 тысяч для выдающихся ученых России и одна тысяча ежемесячных государственных научных стипендий в размере 50 тысяч рублей для талантливых молодых ученых России. Государственные научные стипендии присуждались на конкурсной основе на срок до трех лет по решению Российской академии наук с учетом предложений высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений Российской Федерации. Выдвижение кандидатур на присуждение

научных стипендий осуществлялось учеными (научно-техническими) советами научных учреждений и высших учебных заведений.

Государственные научные стипендии не присуждались членам российских академий, получающих оклады за ученое звание действительного члена или члена-корреспондента из средств государственного бюджета.

На присуждение государственных научных стипендий для молодых ученых выдвигались ученые (а также студенты и аспиранты), возраст которых на момент присуждения (1 января 1994 г.) не превышает 32 лет. Соискатели должны иметь опубликованные научные работы.

1. В.В. Анашин — зав. лаб., к.т.н.
2. В.М. Аульченко — зав. сектором, д.т.н.
3. В.Л. Ауслендер — зав. лаб., д.т.н.
4. В.Е. Балакин — зам директора ИЯФ, к.ф.-м.н.
5. С.Е. Бару — зав. сектором, д.т.н.
6. А.Е. Бондарь — с.н.с.
7. Н.А. Винокуров — зав. сектором, к.ф.-м.н.
8. А.А. Иванов — зав. сектором, к.ф.-м.н.
9. В.С. Койдан — зав. лаб., д.ф.-м.н.
10. Г.С. Кулипанов — зам. директора ИЯФ, к.ф.-м.н.
11. Э.А. Купер — зав. лаб., д.т.н.
12. А.П. Онучин — зав. лаб., д.ф.-м.н., профессор
13. В.В. Пархомчук — г.н.с., д.ф.-м.н.
14. Ю.Н. Пестов — в.н.с., к.ф.-м.н.
15. С.Г. Попов — зав. лаб., д.ф.-м.н., профессор
16. И.Я. Протопопов — зав. лаб., к.ф.-м.н.
17. Р.А. Салимов — зав. лаб., д.т.н.
18. С.И. Середняков — зав. лаб., д.ф.-м.н.
19. В.И. Тельнов — в.н.с., д.ф.-м.н.
20. Г.М. Тумайкин — г.н.с., д.ф.-м.н.
21. В.С. Фадин — в.н.с., д.ф.-м.н., профессор
22. А.Г. Хабахпашев — г.н.с., д.ф.-м.н., профессор
23. Ю.М. Шатунов — зав. лаб., д.ф.-м.н.

Молодые ученые

1. А.Н. Ворошилов — н.с.
2. А.Н. Дубровин — н.с.
3. В.Н. Жилич — н.с.
4. В.Д. Шильцев — м.н.с.

Важнейшие результаты научно-исследовательских работ ИЯФ за 1993 год.

(Окончание. Начало на стр 1.)

основной плазмы при нагреве.

Эксперименты

на установке ГОЛ-3

На установке ГОЛ-3 проведен первый цикл экспериментов по исследованию взаимодействия горячей плазмы с рядом твердых материалов (в основном с графитом). При характерных величинах потоков плазмы, вытекающей через торцы (плотность энергии до 3 МДж/м², плотность мощности до 40 МВт/см²), изучалась динамика формирования и расширения облака испаренного материала, определялись свойства приповерхностной плазмы, изучалась эрозия материала стенки. Взаимодействие потоков плазмы со стенкой при указанных выше величинах потоков представляет значительный интерес в связи с возможностью моделирования процессов в диверторе ИТЭРа при срывах. Изучение эффектов эрозии графитовых мишеней потоками плазмы с горячими электронами ($T_e=0,3-1$ кэВ при плотности плазмы $n=10^{15}$ см⁻³; группа "надежных" электронов с энергией 10-20 кэВ при плотности $1-5 \cdot 10^{13}$ см⁻³) показывает, что вплоть до потоков энергии порядка 1 МДж/м² эрозия графита незначительна и достигает не-

скольких микрометров в течение одного импульса. При плотностях энергии, превышающих пороговую величину (1 МДж/м²), эрозия быстро нарастает, достигая нескольких сотен мкм за импульс при 3 МДж/м². Подобная величина эрозии не может быть объяснена простым испарением графита. Разрушение материала носит более сложный характер. Выяснение механизма эрозии требует дальнейших исследований.

Ускоритель У-2 комплекса

ГОЛ-3

На ускорителе У-2 с ленточным (4×140 см²) пучком РЭП создана система преобразования этого пучка в круглый. Система позволяет трансформировать пучок в круглый при энергозапасе в пучке около 400 кДж с эффективностью близкой к 100%.

В модельных экспериментах с сечением пучка 1×14 см² продемонстрирована возможность быстрого (за время порядка 10 мкс) переключения сильноточного микросекундного ленточного пучка из одного щелевого канала в другой путем пересоединения силовых линий ведущего магнитного поля. Для пучка с погонным током в несколько раз меньше вакуумного предела достигнута близкая к 100% эффек-

тивность передачи через узел переключения при сохранении формы пучка.

Установка АМБАЛ-М

Осуществлен физический запуск первой очереди осесимметричной амбиполярной ловушки АМБАЛ-М. В концевой системе ловушки получена первоначальная горячая плазма с электронной температурой на оси 50 эВ и более высокой ионной температурой. В приосевой области плотность плазмы $2 \cdot 10^{13}$ см⁻³.

Водородный прототип

нейтронного генератора

Завершено проектирование и начато сооружение водородного прототипа мейтронного генератора термоядерных нейтронов (14 МэВ). Идея создания нейтронного генератора основана на использовании схемы газодинамической ловушки с плещущимися ионами. Области с высоким уровнем излучения нейтронов (2-4 МВт/м²) находятся в окрестностях пробок, где имеется высокая концентрация "плещущихся" ионов. На данном этапе сооружается водородный прототип нейтронного генератора. С физической точки зрения прототип является полномасштабной моделью генератора.

Ю. Бейзер

Управление - это штука ...

3-4 февраля в Институте было проведено рабочее совещание, посвященное проблемам автоматизации инжекционного комплекса (ИК), сооружаемого сейчас в 13-м здании. Предполагается, что его производительности (т.е. интенсивностиготавливаемых электронного и позитронного пучков) хватит не только для новых накопителей Института (Ф-фабрика и, может быть, В-фабрика), но и для того чтобы использовать его пучки для инъекции в уже существующие установки - ВЭПП-3, ВЭПП-4М. Прогнозируя долгую жизнь новому комплексу, конечно же необходимо обеспечить его эффективной, надежной и удобной системой управления.

Уже во вступительных словах Н.С. Диканского было подчеркнута, что цель рабочего совещания выходит за рамки проблем собственно инжекционного комплекса. В институте сооружаются и разрабатываются ускорительные установки нового поколения, и проблема построения систем их управления является весьма актуальной. (Вопрос использования "Одрят" для решения этих задач за неимением места остался за рамками этой статьи, хотя также обсуж-

дался на совещании.)

В течение двух дней было прочитано, прослушано и обсуждено полтора десятка докладов. В этом материале удастся осветить только наиболее интересные из них.

И.Я. Протопопов в первом докладе поделился опытом по созданию системы управления крупной электрофизической установки на примере комплекса ВЭПП-3 - ВЭПП-4М. Он сформулировал несколько принципов, позже названных с чьей-то легкой руки "аксиомами Протопопова". Первая из них - программы для управления установкой пишут работающие на ней физики и инженеры, а не системные программисты. Следующим "китом" является необходимость организации многопрограммного режима работы в компьютерах системы управления. Очередной принцип описывает организацию в системе управления работы непосредственно с аппаратурой: взаимодействуют с ней не все пользовательские программы, а только одна из них, получившая название BANK. Остальные программы передают ей свои "заказы" на осуществление управления и контроля, а затем забирают из нее результаты опроса устройств. Были предложены и другие

"аксиомы". Все они затем с разной степенью подробности были обсуждены в последующих докладах и, как мне кажется, опровергнуты, в основном, не были. Правда, нельзя не сказать, что у слушателей могло сложиться впечатление о легкости появления всех тех программ, без которых установка невозможна. Это опровергается, на мой взгляд, опытом самого комплекса ВЭПП-3 - ВЭПП-4М, где уже много лет даже устоявшиеся программы подправляются под новую ситуацию на установке и где практически каждый физик и инженер продолжает сопровождать "свои" программы.

В следующем докладе А.В. Новохатский обсудил задачи той части ИК, которая отвечает за получение пучков электронов и позитронов нужной интенсивности. Эта часть комплекса включает электронные пушки, линейные ускорители (линаки) и ВЧ-систему, обеспечивающую работу этих ускорителей. Нужно подчеркнуть, что хотя "весь мир" уже давно и практически всюду получает пучки именно с помощью линаков, для нашего института это фактически первая попытка освоения такого подхода. И на этом пути очень много проблем, связанных, в первую очередь, с использованием в ВЧ-системе мощных американских клистронов. Эти устройства

(Окончание на стр 7.)

О. Сушков

Теплая сверхпроводимость или чем привлекает ияфовцев Австралия

— Почему работы по сверхпроводимости ведутся в Австралии?

— Просто Виктор Фламбаум сумел собрать там очень сильную команду в области физики систем многих частиц.

— В таком составе эта команда собралась впервые или опыт совместной работы уже был?

— Нет в разных комбинациях мы работали и раньше.

— Что такое теплая сверхпроводимость?

— Явление сверхпроводимости состоит в том, что сопротивление образца электрическому току равно нулю. Сверхпроводимость была открыта в 1911 году Камерлинг-Оннесом. Он обнаружил, что сопротивление ртути при температуре ниже, чем 4 градуса Кельвина, скачком обращается в ноль.

Теплая или высокотемпературная сверхпроводимость — это то же самое, но при существенно более высоких температурах. Это явление было открыто в 1986 году в Швейцарии сотрудниками фирмы IBM Беднерцом и Мюллером. За эту работу в 1987 году они получили Нобелевскую премию.

Теплая сверхпроводимость была открыта в лантановой керамике, температура тогда была где-то 20-30 градусов Кельвина т. е. -250 — -240С, потом ее подняли почти до 40 градусов Кельвина в этих соединениях. Причем, это все один круг соединений. Главным для них является то, что они содержат плоскости, состоящие из ионов меди и кислорода. Само явление простое, происходит в плоскости и не зависит от сложной химии. Максимальная температура, которая получена при нулевом давлении, — 133 градуса Кельвина.

— Почему вдруг оказалось, что керамики с очень вычурным кристаллическим составом обладают этим свойством?

— По-видимому, важно, чтобы это соединение проявляло антиферромагнитные свойства, то есть было нечто, что проявляет какой-то спиновый порядок — локализованные электроны и электроны или дырки проводимости, которые могут спариваться. Почему же тогда не железо, где, как известно, есть ферромагнитные локализованные d-электроны и не локализованные s-электроны проводимости. Ответ очень прост: нужен антиферромагнетик. Магнитное поле, “давит” сверхпроводимость и поэтому, если есть среднее по образцу магнитное поле, то оно задавит “куперовское спаривание”, приводящее к сверхпроводимости. Таким образом, еще раз повторяю, нужны материалы с антиферромагнитными свойствами. А антиферромагнетиков среди металлов почти нет.

Еще одно важное требование состоит в том, чтобы взаимодействие дырок проводимости с этими локализованными электронами было сильным. В керамиках оно предельно сильное и много больше кинетической энергии. В тех же редких антиферромагнитных металлах, где оно есть, это взаимодействие, как правило, очень слабое.

— Спиновыми волнами и их проявлениями в средах, наверно, занимались и до того. Почему же теория теплой сверхпроводимости появилась только сейчас? Наткнулись ли бы теоретики на теплую сверхпроводимость сами или это результат того, что их подтолкнул экспериментальный факт?

— Формальная модель, которая, по-видимому, описывает это явление — так называемая модель Хаббарда — была сформулирована в начале 60-х годов. Но это была модель сильной связи и никто ничего не мог сделать, хотя многие этим занимались. После появления экспериментальных данных гигантские усилия теоретиков были вложены в решение этой проблемы благодаря чему и появилось какое-то понимание.

— Удастся ли сейчас делать теплые сверхпроводники, например, в виде проволоки?

— Я знаю, что проволоку делают. Насколько она хорошая, я не знаю. Еще мне показывали монокристаллы, размером около сантиметра. Есть еще соединения на основе углерода C_{60} , которые имеют совершенно другую структуру, но их тоже относят к высокотемпературным сверхпроводникам — температура около 40 градусов Кельвина и есть соединения на основе висмута, калия, кислорода — у них температура около 30 градусов Кельвина.

— Ваша работа в Австралии — это теоретические разработки или проводились и какие-то эксперименты?

— Наша команда чисто теоретическая, но в университете сильная команда экспериментаторов. Все образцы, которые я видел — результат экспериментов, проведенных ею.

— Они пытаются что-то делать в направлении практического использования этого явления?

— Пытаются, но я мало об этом знаю.

— Как теплые сверхпроводники ведут себя в магнитном поле?

— Известно, что первое критическое поле очень слабое. Для практических примене-

ний оно неважно. Я даже не уверен, что оно измерено. Первое — это когда появляются абрикосовские вихри. Второе критическое поле очень высокое, порядка Мега-Гауссов. Сверхпроводники, обычно применяемые в технологии, — это сверхпроводники второго рода. У сверхпроводников первого рода очень низкие критические поля и токи. В идеальном сверхпроводнике второго рода должно быть сопротивление электрическому току. Но тем не менее практически их сопротивление ноль благодаря явлению пиннинга — зацеплению абрикосовских вихрей за нарушения кристаллической решетки. Известно даже, что сверхпроводник из хорошего металла обычно плох с практической точки зрения. Чтобы он стал “хорошим”, надо разбить его молотком: появляется много дислокаций, вихри цепляются за эти нарушения и когда идет ток через образец, то вихри не уходят и сверхпроводимость не разрушается. Ведь электрическое сопротивление появляется, если вихри начинают двигаться. Неприятность состоит в том, что в соединениях, в которых проявляется теплая сверхпроводимость, пиннинг очень слаб, поэтому с точки зрения критических токов эти соединения не так хороши как формально по критическому магнитному полю.

— Ведутся ли в России исследования подобного рода?

— Об экспериментах мне судить трудно. Что касается теории, то у меня ощущение, что в России сейчас этим практически не занимаются — публикаций почти нет. За рубежом — это, в основном, Америка, Япония, а в Европе — это Швейцария, Франция Германия.

— Какие перспективы с этим связываются?

— Мой интерес — чисто теоретический. Однако, совершенно очевидно, что если технология будет развита, то возможны очень широкие применения.

— Вы долго пробыли в Австралии?

— Это вторая моя командировка туда. Сейчас я был там около десяти месяцев.

— Австралия — для нас страна экзотическая, расскажите немного о том, как там живут люди...

— Это нечто среднее между Англией и Америкой. Традиции у них английские, а состав... Если взять в Америке всех негров и заменить на желтых, то получится Австралия. Там очень мощная система социального обеспечения, высокие пособия по безработице и, вероятно, как следствие этого — низкая преступность. Есть аборигены, но в городе я их видел буквально несколько раз: они живут на своих территориях. Кстати, быть аборигеном там очень выгодно — если ты получил статус аборигена, а говорят, что аборигеном можно стать, то твое пособие по безработице удваивается. Возможно это тоже одна из причин низкой преступности. Если верить их официальной статистике, то качество жизни в Австралии очень высоко. Что касается покупательной способности, то она

Г. Сильвестров

Протонная терапия: сегодня и завтра

Радиационная терапия имеет большую историю — она возникла еще в 30-е годы с открытиями различных видов ионизирующих излучений и развивалась параллельно с развитием ядерной физики и совершенствованием источников излучения как естественных — на основе изотопов, так и искусственных — ускорителей.

Наибольшее распространение получили кобальтовые пушки — в настоящее время в мире насчитываются тысячи

подобных установок, однако они экологически вредны, поскольку ведут к плохо контролируемому распространению опасно-

го изотопа кобальта. В 70-е годы кобальтовые пушки начали заменяться “выключаемыми” источниками жесткого Г-излучения, генерируемого при сбросе на мишень электронов с энергией 6-20 МэВ от линейных ускорителей или микротронов. Особенно больших успехов достигла Г-терапия при использовании динамических методов облучения, т. е. облучения с различных направлений при ротации пучка вокруг пациента. Это позволяет частично скомпенсировать основной недостаток Г-излучения — экспоненциальный спад плотности дозы с глубиной — и получить концентрацию дозы в изоцентре, т. е. на опухоли, превышающую облучение здоровых тканей на пути к опухоли.

Борьба идет за то, чтобы повысить плотность дозы в опухоли и предельно снизить ее в здоровых органах, поскольку общая лучевая нагрузка на организм оказывается существенной.

Следующим шагом в повышении эффективности радиационной терапии является использование протонов с энергией 70-200 МэВ, что определяется спецификой взаимодействия протонов с веществом — ионизационные потери протонов растут с уменьшением энергии и в конце пробега, точно скоррелированного с энергией протона, наблюдается так называемый пик Брэгга, где плотность энерговыделения повышается приблизительно в 1,5 раза. Малое рассеяние протонов, приводящее к малой поперечной диффузии пучка, и точная локализация пробега, варьируемая путем изменения энергии, определяет огромное преимущество протонов перед другими видами излучения (Г-излучение, нейтроны) в возможности формирования дозных распределений в пределах объема опухоли.

— Можно ли сравнивать по эффективности Г-терапию и протонное облучение?



Григорий Иванович Сильвестров демонстрирует модель комплекса для протонного облучения онкологических опухолей, созданного в его лаборатории.

Фото В. Петрова.

— Как я уже сказал, эффективность протонов состоит в уникальной возможности добиться прецизионного формирования дозного поля, избежать облучения здоровых, жизненно важных органов и снизить общую лучевую нагрузку на организм. Однако протонная терапия очень дорога. Ведь накопленный в мире почти 30-летний опыт использования протонов (в настоящее время во всем мире облучено около 15 тысяч пациентов, причем, около четверти общей статистики получено в России) состоял не столько в лечении раковых образований, сколько в отработке методик и совершенствования технических средств облучения. Все эти работы проводились на мало приспособленных для этих целей ускорителях крупных физических центров и, как правило, являлись побочной тематикой этих лабораторий.

В 80-е годы в ряде богатых индустриально развитых стран стал обсуждаться вопрос о строительстве специализированных протонных ускорителей, расположенных непосредственно в крупных медицинских центрах. Первый такой специализированный протонный комплекс был построен в 1990 году в одном из крупнейших медицинских центров Америки при Калифорнийском университете в Лома-Линда, вблизи Лос-Анжелеса. Этот комплекс включает в себя не только специализированный протонный синхротрон, но и разветвленную систему каналов, разводящих протонные пучки по 5-ти облучательным кабинам, три из которых имеют гантри — сложные системы, обеспечивающие ротацию пучка вокруг пациента. Комплекс рассчитан на проведение 100 лучевых сеансов в день. Строительство облучательного центра в Лома-Линда обошлось в 80 миллионов долларов.

В конце 1993 года в Японии закончено

строительство специализированного ускорительного центра для развития терапии с использованием тяжелых ионов, стоимость которого составила 300 миллионов долларов. Надо заметить, что стоимость современного Г-терапевтического центра с системой ротации 20-ти мЭВного электронного пучка составляет примерно 1,5 миллиона долларов. Кроме того нужно учесть, что терапия жестким Г-излучением очень распространена (сотни облучательных центров в мире, каждый из которых имеет статистику в 20-30 тысяч пациентов) и непрерывно развивается — совершенствуется компьютерное обеспечение облучения и формирования дозного поля, вводится непрерывный рентгеновский контроль локализации

опухоли, во время облучения повышается точность дозиметрии и т. п.

Поэтому с точки зрения формальной статистики, если средства, выделяемые на радиационную терапию, заданы и ограничены, то сегодня их выгоднее вкладывать в Г-терапию, которая даже при меньшей индивидуальной эффективности дает существенно большее абсолютное число пациентов с положительным эффектом лечения просто благодаря своей распространенности и меньшей стоимости по сравнению с протонной терапией. Тем не менее, протонная терапия начала широко внедряться в практическую онкологию, и по прогнозам Американского института рака к концу 90-х годов в мире будет построено около сорока специализированных протонных облучательных центров. Каждый такой центр должен иметь 4-5 облучательных кабин, и если его стоимость составит менее 20 миллионов долларов, то стоимость одного сеанса облучения приблизится к стоимости сеанса Г-терапии.

— В чем состоит цель ваших исследований и на каком этапе вы сейчас находитесь?

— На начальном этапе мы ставили задачу не столько разработать ускоритель для медицины, сколько развить новые методики — применение сильных импульсных магнитных полей для создания компактного и сравнительно экономичного протонного синхротрона. Сотрудники института старшего поколения знают, что до середины 70-х годов идея создания “безжелезного” ускорителя на основе импульсных полей 50-200 кЭ составляла неотъемлемую часть планов ИЯФ наряду с другими темами, получившими сегодня широкое развитие. Так вот, первой нашей задачей было показать, что в области средних энергий — несколько сотен МэВ — ускоритель с полями 50-100 кЭ совсем не “бред” и может быть

конкурентоспособным, в частности, для применений в медицине. Приняв за основу дипольные магниты с импульсным полем 50 кЭ и радиусом 43 см, мы разработали оригинальный проект компактного протонного синхротрона на энергию 200 МэВ (импульс 645 МэВ/с). Для такой энергии ускоритель обладает необычными параметрами — он монтируется на одной жесткой опоре, снабженной колесами, и может свободно перемещаться по рельсам. При весе около 5 тонн он в полностью собранном и испытанном состоянии, “под вакуумом”, может транспортироваться на машине от разработчика к потребителю. Одновитковые магниты синхротрона питаются импульсами тока с амплитудой 200 кА, время ускорения 2,5 мсек. Разработка этого проекта потребовала решения целого ряда сложных технических проблем, таких как создание магнитов, надежно работающих в течение десятков миллионов импульсов, коммутации и под-

больших импульсных токов, формирование поля с нужной степенью однородности в малых апертурах и т. п. В конце 80-х годов мы поняли, что ускоритель “получается” и приступили к разработке и изготовлению полного проекта всего ускорительного комплекса. В настоящее время его основные компоненты — инжектор, синхротрон, система гантри — находятся на разных стадиях изготовления и испытания. Работа идет по нескольким независимым направлениям. Так, протонный инжектор на энергию 1 МэВ монтируется сейчас совместно с промежуточным, электронным, вариантом синхротрона, в котором вместо 50 кЭ магнитов смонтированы магниты такой же геометрии, рассчитанные на поле 15 кЭ. На этом комплексе планируется в этом году начать работы по изучению динамики инжекции протонов, оптимизации магнитной структуры, отработке методов диагностики и автоматизации управления. Параллельно на изготовленном и смонтированном протонном варианте синхротрона с 50 кЭ магнитами будут проводиться контрольные измерения полей, испытание полномасштабной системы питания, монтаж вакуумной системы и работы по подготовке к инжекции. По мере готовности протонного синхротрона он будет перемещен на место электронного варианта и начнутся работы по его настройке с пучком. Разработанная для этого комплекса малогабаритная система гантри находится в стадии испытания ее механической части.

— Какими преимуществами обладает разработанная вами система гантри по сравнению с теми, которые применяются за рубежом?

— Единственная работающая в настоящее время в Лома-Линда гантри представляет собой гигантское сооружение — это колесо, диаметром 10 метров и весом 90 тонн, на котором смонтирован магнитно-оптический тракт с постоянными электромагнитами, направляющий протонный пучок и вращающийся вокруг пациента, что обеспечивает облучение с разных направлений.

При создании гантри для нашего комплекса мы использовали такие же, как в синхротроне, импульсные магниты с полем 50 кЭ, что позволило сделать вес системы около 7 тонн с диаметром 3,5 м. А для увеличения расстояния от выхода пучка до пациента, необходимого для эффективного формирования дозного поля, кровать перемещается вдоль оси пучка на расстояние до 1,5 м по жесткой направляющей, закрепленной на гантри.

Компактность нашего комплекса — как синхротрона, так и гантри, определяемая использованием магнитов с большими полями, позволяет размещать его в стандартных помещениях, предназначенных для Г-терапии. Однако использование импульсных магнитов представляется, на первый взгляд, существенным недостатком нашего комплекса, поскольку не позволяет осуществить растянутый выпуск пучка, на который рассчитаны обсуждаемые в настоящее время методы формирования дозного поля.

— Какими методами формируется дозное поле?

— Во всех проводимых до настоящего времени работах по протонной терапии использовались так называемые пассивные методы формирования дозного поля: пучок пропускается через рассеиватель и на определенном расстоянии от него в плоскости мишени (опухоли) получается гауссовское распределение плотности частиц. Чтобы получить необходимую однородность дозы плюс-минус 2% либо используют малую долю пучка на вершине распределения, либо применяют сложные рассеиватели, состоящие из системы кольцевых диафрагм и поглотителей, что расширяет плоскую часть распределения частиц. На пути пучка ставят коллиматор, создающий форму облучаемой области, соответствующую опухоли. Такой же способ коллимирования пучка применяют и при Г-терапии. Однако использование заряженных частиц — протонов — позволяет применять более эффективные методы формирования дозного поля. Пучок фокусируется на мишень в малый размер и путем его двухкоординатного поперечного смещения двумя магнитами осуществляется “заштриховывание” пучком, как карандашом, необходимой области облучения. Если при этом варьировать энергию пучка, то можно обеспечить объемное формирование дозного распределения по всему объему опухоли — так называемое трехмерное сканирование. Разработка методов активного формирования дозных распределений является основной задачей в развитии протонной терапии. Однако такое прецизионное управление пучком, имеющим импульс порядка 600 МэВ/с, является технически очень сложной задачей и в настоящее время ведутся только методические работы по их развитию. Очевидно, что подобный метод растрового сканирования требует либо непрерывного во времени пучка (например, из циклотрона), либо растянутого во времени выпуска пучка из циклотрона. Однако при отсутствии возможности растянутого выпуска в нашем комплексе мы планируем применить дру-

гие способы активного формирования дозного поля, не зависящие от временной структуры пучка. Одним из них является разрабатываемый нами метод использования одномерной клиновидной линзы, фокусирующей пучок на мишень в линию, равную поперечному размеру опухоли в месте фокусировки. Формирование дозного поля нужного профиля обеспечивается перемещением пучка по мишени в перпендикулярном направлении и изменением от импульса к импульсу ее длины в соответствии с изменением формы опухоли.

— Есть ли какие-либо определенные планы практического применения вашего проекта?

— Вы задали самый сложный для меня вопрос. Очевидно, что для доведения нашего проекта до его практического применения в клинике необходимы дополнительные силы, которыми мы сегодня не располагаем. Все эти годы разработка проекта велась без специального финансирования — на энтузиазме и резервах нашей лаборатории. Однако оригинальные параметры этого комплекса привлекают внимание международной ускорительной общности: часть из наших зарубежных коллег просто с любопытством наблюдают — получится у нас или не получится. Но есть и конкретные деловые предложения о совместной работе над этим проектом. В частности, два года назад в Италии под руководством профессора Амальди и ряда ведущих итальянских радиотерапевтов была создана ассоциация, ставящая целью развитие в их стране протонной терапии. Помимо строительства в Милане большого облучательного центра на основе тяжелоионного синхротрона, они планируют развить на базе своей конвертируемой военной промышленности серийное производство компактных протонных комплексов, которые могли бы монтироваться в уже существующих медицинских центрах с развитой Г-терапией. Параметры нашего проекта оказались наиболее адекватными этой задаче, и они создали в ускорительном центре Фраскати специальную группу, целью которой является адаптация этого проекта к их требованиям. Результатом нашей совместной двухмесячной работы с этой группой в конце прошлого года была разработка проекта STAC (аббревиатура от Synchrotron Technology Advanced and Compact), который является некоторой упрощенной вариацией нашего проекта с сохранением основных концептуальных и компоновочных решений. Они планируют купить у нас технологию и организовать частично совместное производство этих комплексов. При этом существующий у нас синхротрон рассматривается как прототип, на котором русско-итальянская команда будет отрабатывать основные методические ускорительные вопросы. Если в результате мы получим определенное финансирование, то сможем решить нашу основную задачу — создание подобных комплексов для медицинских центров России.

“Laboremus” — ЗНАЧИТ “Поработаем!”

Борис Маркович Фомель — старший научный сотрудник нашего института, однако серьезная научная работа не препятствует ему заниматься, не менее глубоко и системно, другой деятельностью. В Академгородке Борис Маркович известен как создатель, а теперь президент, клуба трех поколений “Laboremus”. Он убежден в том, что острый дефицит общения родителей и детей, который можно наблюдать практически во всех семьях (и в самых благополучных тоже) — одна из главных проблем воспитания. А “Laboremus” дает возможность преодолеть этот дефицит, комплексно решая задачи воспитательные и оздоровительные.

В течение многих лет Фомель работал с разными возрастными группами, пока не пришел к пониманию того, что для преодоления дефицита общения необходимо объединить группы, тем самым дать возможность более активно влиять, взаимно обогащаясь, детям, родителям, дедушкам и бабушкам. За эти годы Борис Маркович разработал собственную систему тренировок, а также программу подготовки инструкторов детских и взрослых спортивно-оздоровительных групп. Несколько лет занятия по этой программе проводились на факультете общественных профессий НГУ, а теперь проводятся в самом клубе “Laboremus”. Редакция “Энергии — Импульс” обратилась к Борису Марковичу с просьбой рассказать о клубе “Laboremus”. Предлагаем вашему вниманию его интервью.

— Почему ваш клуб так называется?

— “Laboremus” — латинское выражение и означает “Поработаем!” Название это придумано участниками старшей группы.

— С чего начинался “Laboremus”?

— История определяется тем, с какого момента ее начать. Когда я приехал в городок, то поначалу просто вживался в его среду. Затем примерно через год взял группу первокурсников НГУ и занимался с ними, пока они не окончили университет. Были у меня и детские группы: начинал с третьего класса и работал с ними тоже до окончания школы.

Прежде чем взяться за эту работу, я тщательно обдумал основные принципы и потом следовал им. Один из них состоял в том, чтобы не связываться ни с какими официальными учреждениями — ни со школами, ни с районо: это сильно ограничивало свободу и очень дорого по времени. И хотя мне предлагали всяческие льготы, все это себя не окупает и означает в итоге лишь то, что дальше начинается мелочный контроль. Сейчас это может быть проще — быть независимым, а раньше вызывало определенные подозрения. Были, например, такие эпизоды: в городке уже вроде бы все привыкли к нашему существованию, но вот приезжает какой-нибудь чин из педагогического ведомства и спрашивает — что это за дети бегают вокруг лыжной базы, шумят и веселятся? А им говорят — это группа Фомеля. Сразу возникали вопросы: кто такой Фомель, чему он учит детей? Некоторые спортивные начальники очень пугались этих вопросов.

Когда дети окончили школу, у меня наступил перерыв, который надо было заполнить, и тут мне захотелось чего-то новенького. Меня попросили в Доме ученых организовать группу для людей старше 50 лет. Это было в 1984 году. На объявление о собеседовании откликнулось много людей. Пришлось применить специальный прием, чтобы ограничить размеры группы и обеспечить совместимость. Состояние здо-

ровья у начинающих было неважным, у некоторых — хронические заболевания. Все же я начал с ними работать. И произошла разительная перемена, а самое удивительное то, что не только самочувствие, но и спортивные результаты стали расти. Известно, что не от всякой болезни есть лекарство, но при всякой болезни физическая активность полезна.

Прошло время и участники старшей группы стали приводить своих внуков, а вместе с внуками пришли их родители — образовалась такая трехслойная структура. В прошлом году мы оформили клуб трех поколений как общественное объединение.

— Какие еще принципы, выработанные за эти годы, легли в основу работы вашего клуба?

— Сами принципы просты. Внушать взрослым и детям уверенность в себе. Поощрять самостоятельность. Не командовать, а помогать или, по крайней мере, не мешать. Приучать к дисциплине как к правилам игры и как к удобной для движения одежде.

А вот технология реализации этих принципов не так проста и составляет, как гово-

рят, ноу-хау.

Для меня это единая система, которую я применяю и в своей научной группе, и работая со студентами кафедры радиофизики НГУ.

— Ваш клуб “Laboremus” можно рассматривать как результат этой системы?

— Да. И как благодатное экспериментальное поле. Мои друзья, большие и маленькие, великодушно прощают мне многочисленные ошибки, на которых вместе учимся.

— Что, на ваш взгляд, выступает объединяющим началом в детской группе?

— В обществе существуют три социальных института для воспитания детей — семья, школа и группа ровесников. В ребенке всегда живет потребность быть независимым и самостоятельным. Ведь в семье он ребенок, в школе — ученик, но где-то ему необходимо почувствовать себя человеком на равных. Эту возможность может дать группа ровесников. Занимаясь делом, сравнивая себя с другими, он реализует себя как личность. Воспитание ребенка, лишенного общения с группой ровесников, не будет полноценным. Это такая же потеря, как если бы он имел плохую семью или плохую школу.

Если ребенок удовлетворяет свои потребности в группе, он из этой группы никогда не уйдет.

В нашем клубе работа идет по группам ровесников. Есть группы 4-5, 5 лет, 5,5-7 и 10-12 лет. Тренировки проходят в окрестном лесу. Есть 4 программы занятий в соответствии с временами года: осень, зима, весна, лето. Спорт — это очень сильное воспитательное средство: здесь моделируются почти все жизненные ситуации. Этические критерии и нормы отрабатываются на практике.

Кроме спорта, есть еще домашние вечера игр, детский театр, выставки ручной работы и т. д.

Основное, что требуется от инструктора группы — наблюдать за правильным развитием ребенка: нельзя допустить, чтобы он превратился в маленького старичка, но и чтобы не остался великовозрастным балбесом. Здесь нужны внимательные гла-

(Окончание на стр. 8)



(Окончание. Начало на стр. 2)

очень дороги и весьма "привередливы" в процессе эксплуатации. Поэтому понятны усилия, вкладываемые инженерами и физиками команды линака в обеспечение надежной и "безопасной" (для них самих) работы этих клистронов - ведь потеря даже одного из них (а всего их будет в системе четыре) чревата либо остановкой комплекса, либо новыми валютными расходами. Если к тому же вспомнить, что "физик в России больше, чем физик", т.к. разве что сам не копает фундамент для своей будущей установки (а, впрочем, и копает!), то понятно, как много еще предстоит сделать прежде, чем пучок из линака "постучит" в накопитель-охладитель. Как мне кажется, в процессе обсуждения этого и последующих докладов (посвященных, в основном, "железному наполнению" различных подсистем линаков) был сформулирован почти банальный тезис. Первый клистрон, который ожидается уже в мае этого года, должен стать не только важнейшим элементом стенда для отработки его систем: в процессе работы с ним физики и инженеры должны получить навыки практической работы, аккумулировать приобретенный опыт в рекомендации, которые позволят использовать их как в аналоговой, так и компьютерной компонентах системы управления всей ВЧ-системой.

Завершивший первый день доклад А.А. Кулакова был посвящен организации системы управления линаками. Показанная схема уже "на слуху" в институте довольно давно и включает в себя стандартную локальную сеть из РС-486 (естественно, подключенную к общей институтской сети) в качестве управляющих машин и опять же интеллектуальных САМАС-контроллеров (на базе транспьютеров) для работы с периферийной электроникой управления и контроля. Тем самым демонстрируется решимость институтского инженерно-физического сообщества (или по крайней мере его части) сойти с традиционной одренковской "тропинки" на "широкую столбовую дорогу". В самом деле, системы управления практически всех существующих в мире больших и малых ускорительных комплексов строятся ныне аналогично. Меняются вычислительные машины, типы контроллеров и стандартов для электроники, но в итоге трудно сложить из этих "кубиков" что-либо совсем уж необычное. Новым для нашего института является то, что теперь системные программисты должны помочь физикам и инженерам овладеть всем богатством уже наработанного в мире программного обеспечения (которое может быть использовано), чтобы сократить насколько это возможно затраты по написанию собственных прикладных программ управления.

С большим интересом во второй день был прослушан доклад В.В. Шило о транспью-

тере как таковом и о перспективах его использования в системах управления. Дело в том, что этот чип уже довольно широко применяется в институте в самых разных приложениях. В первую очередь в системах ускорения вычислений в персональных (и не только в персональных) компьютерах. Другое направление - системы сбора данных (установка "ДЕЙТОН"). Собственно здесь и появился первый САМАС-контроллер на транспьютере, и практически сразу были оценены возможности его использования в системах управления. Град вопросов после доклада подтвердил растущий интерес разработчиков и инженеров к возможностям широкого

системе.

Последующие доклады (А.Н. Ворошилов, Е.И.Шубин и М.С. Захваткин) были посвящены накопитель-охладителю и Ф-фабрике. Естественно, что разработке системы управления предшествует утомительная, но крайне необходимая "бухгалтерия" - подсчет числа всевозможных источников питания, диагностических систем, требуемого числа каналов управления и контроля. Только четкое представление всех этих данных позволяет "надстроить" над установкой ее систему управления. В докладах была отражена именно эта фаза работы над системами управления накопитель-охладителя и Ф-фабрики.

В последнем докладе рабочего совещания (Ю.И.Эйдельман) был перечислен широкий круг программ, образующих то, что принято называть прикладной частью программного обеспечения (ПО) системы управления. При разработке этой части ПО предстоит сделать непростой выбор при решении целого ряда проблем: какой будет база данных (естественно, речь идет не только о самих данных, но и о программах работы с ними), как организовать "джентльменский" набор процессов в КИТе, по какому протоколу прикладные программы в компьютере взаимодействуют с процессами в КИТе. Еще одна серьезная проблема связана со следующей особенностью транспьютера: в него нельзя "догружать" новые или "выгружать" из него уже работающие процессы, т.е. весь блок рабочих процессов должен быть загружен в него "сразу и навсегда". Поэтому изменение состава блока требует полной перезагрузки памяти транспьютера. Это серьезный недостаток по сравнению с Одренком и требуются специальные усилия для его преодоления. Этим, к сожалению, не ограничивается список проблем, ожидающих своего решения.

Докладчик предложил провести в институте серию семинаров по UNIXу, по современным базам данных, по языку программирования СИ (с моей точки зрения физикам и инженерам не избежать необходимости освоения этого языка). Хорошо бы не ограничиться теоретическими лекциями, но провести и практические занятия. Но, может быть, это уже из области фантастики.

Подводя итог совещания, Н.С. Диканский подчеркнул несомненную пользу проведенного мероприятия. Состоялся не только обмен мнениями по многим вопросам. Обсуждения позволили участникам четче сформулировать стоящие перед всеми проблемы и возможные подходы к их решению. Предполагается, что состоявшиеся выступления будут опубликованы в виде столь нужных всем "Рабочих материалов" по системам инжекционного комплекса. Будем ждать не только их, но и следующих рабочих совещаний. Глядишь, доживем и до Ф-фабрики!

Управление - это штука...

Принцип IBM:

Машина должна работать, человек — думать.

применения транспьютеров. В следующем докладе С.П. Ковалева была представлена программа, необходимая для обеспечения многопользовательского доступа к интеллектуальному транспьютерному контроллеру (уже пора присвоить ему подходящее собственное имя; предлагаю для обсуждения, как вариант, такое: КИТ - Контроллер Интеллектуальный Транспьютерный) из многих программ, работающих в компьютере под операционной системой UNIX. Без нее невозможно организовать их работу, если они одновременно нуждаются во взаимодействии с КИТом.

Следует особо остановиться на проведенной в рамках совещания дискуссии по вопросу о выборе операционной системы, которая будет координировать работу всех программ, образующих software системы управления. Честно говоря, дискуссии не получилось. И причина, на мой взгляд, состоит в следующем. С одной стороны, мы затиснуты в прокрустово ложе необходимости выбирать нужное только из "открытых" систем, т.е. то, что можно купить. Тем самым, резко сужается круг выбора (естественно, что рассматриваются только такие системы, которые по своим "тактико-техническим данным" обеспечивают решение стоящих задач). С другой стороны, различных вариантов даже только UNIXа много. Традиционно, у нас принято давать советы следующего типа: "Почему бы вам не попробовать систему ИМЯРЕК? В журнале ЯПП приведены великолепные возможности этой системы, и я слышал о ней прекрасные отзывы". Ответ прост: придется работать с тем, с чем могут помочь специалисты, знающие систему конкретно и реально участвующие в ее развертывании, освоении и эксплуатации. Вот по этой самой причине работа началась под одной из версий UNIXа и, по-видимому, только какая-либо "чрезвычайщина" может заставить обратиться к другой операционной

Как избежать "солнечного ожога", решить многие другие проблемы, возникающие во время зимовки сада, рассказывает Альберт Пименович Усов.

Эти повреждения появляются уже на исходе зимы, когда остаются позади лютые стужи, наступает "весна света" — ясные, солнечные дни с капелью на припеке и большим ходом суточной температуры. Это период, когда можно загорать отраженным от снежного наста светом...

Прямая и отраженная солнечная радиация при безветрии прогревает участки штамба и ветвей молодого деревца до положительных температур, даже при минусовой температуре воздуха. При резком переходе к ночному морозу за несколько циклов раз-

ушается слой живых клеток камбия — жизнеосновы дерева. Повреждения эти локальны, но очень серьезны, а кольцевое повреждение штамба ведет к гибели молодой кроны. Спасением может быть вовремя сделанная прививка "мостиком", либо "перевод" на веточку, расположенную ниже зоны повреждения. Если "кольцо повреждения" не замкнуто и если есть мостик живого камбия, то здоровое деревце само за сезон справится с этой травмой. Профилактикой этой беды является осенняя побелка известью штамба и скелетных

Бывает и так, что несмотря на все меры защиты и подготовки, дерево встречает весну с заметными повреждениями от мороза, хотя зима и не была "суровой". Такими были зимы 91/92 и 92/93 годов. В чем причина?

Раннее наступление холодов, морозное и бесснежное начало ноября, которому предшествовали прохладное лето и затяжная "мокрая" осень, создают угрозу повреждения растений уже в начальной стадии зимовки. Деревья не успели "подготовиться" к зиме. Подготовка — это накопление пластических веществ в структурах живых клеток, отток воды из надземных частей (крона, штамб) в корневую систему, перестройка клеточных процессов на "экономичный" зимний режим, ведь жи-

вые клетки дерева "дышат" даже в самые лютые морозы.

Быстрее всех подготовку завершают летние и осенне-летние сорта, сложнее с позднеосенними и зимними сортами яблонь. Так, "Белый налив", "Десертное Исаева", "Грушовка московская" будут иметь в этом смысле преимущество перед "Пепином шафранным", "Россошанским полосатым", "Красой сада". Поэтому, выбирая сорт, отдавайте себе отчет, что вы хотите иметь в своем саду: плодоносящее здоровое дерево, или объект сомнительного эксперимента по "выращиванию бананов в условиях приполярной тундры".

Помимо сорта большое значение для благополучной зимовки сада имеет соблюдение агротехники: не перекормите растение

ветвей молодого деревца. В феврале — марте это сделать трудно по многим причинам, тогда попробуйте поступить так. Поскольку наиболее серьезные повреждения приходятся на участки штамба, расположенные выше уровня снежного наста — эти места, а также места отхода скелетных ветвей, нужно обернуть любой светоотражающей оболочкой (фольгой, фольгированной бумагой и т. д.), а штамб (ствол) дерева присыпать снегом. Тем самым будет разрушено "зеркало", фокусирующее солнечную радиацию, корням станет "теплее", а у штамба появится защита. От "солнечного ожога" чаще страдают штамбовые формы, стланики в это время еще под снегом, но защищать побелкой нужно и те, и другие.

азотом, не переувлажните почву во второй половине лета, особенно после обильного плодоношения. Ослабленное дерево, с растянутым от избытка влаги и азота периодом вегетации уже обречено на подмерзание в самом начале зимы. Местные условия садового участка: северный или южный склон, избыток влаги в почве, открытость или притенение участка лесом — требуют обдуманного подхода к выбору сорта и формы, агротехники и места посадки вашей яблони. От неблагоприятных условий страдают не только европейские крупноплодные сорта: наши местные гибриды-полукультурки несмотря на свою стойкость тоже не прощают вульгарной "агротехники" садоводу.

"Laboremus" — значит "Поработаем!"

(Скончание. Начало на стр. 6)

за и тренера, и родителей. Тогда все идет нормально, и друзья детства остаются друзьями на всю жизнь.

— А бывают в вашем клубе праздники, когда вы собираетесь всем клубом?

— Да, мы устраиваем балы для всего клуба — осенние, весенние, новогодние, в этом нам очень помогает Дом ученых.

— Борис Маркович, а какими видами спорта вы занимаетесь сами?

— У меня есть разряды по пяти видам спорта, а в клубе занимаемся всеми видами, какими только можно заниматься в лесу. Придумываем свои модификации, например, "лесной баскетбол".

Я считаю, что объем физических нагрузок не должен уменьшаться с возрастом. Необходимо разнообразить занятия, осваивать новые виды спорта. Разнообразие — это преодоление старческого стереотипа, когда человек привыкает к чему-то и зафик-

лируется на этом. У меня были такие проблемы со старшей группой — сопротивлялись вовсю, пока не почувствовали вкус к новизне. Другое дело, что надо знать меру и разумно регулировать нагрузки.

— Борис Маркович, наверное, много времени у вас отнимает клуб?

— Я не трачу на это много времени, просто привык в таком темпе жить. Тренировки у нас всего два раза в неделю, да еще по субботам проходят занятия в клубной Школе инструкторов.

— Вы упомянули о том, какую поддержку клубу оказывает ИЯФ...

— ИЯФ помогает и материально, и морально. Всегда чувствую дружескую поддержку В.Е. Пелеганчука — главного инженера ИЯФ. Олег Мешков — научный сотрудник института — член Совета клуба и инструктор одной из детских групп.

А.А. Руденко — врач-даолог нашего поликлинического отделения — консультирует старшие группы по методам оздоровления.

"Уж сколько раз твердили миру"....
что грипп — заболевание, чрезвычайно легко передающееся;

что, если у вас температура, вызывайте доктора на дом, а не распространяйте вирус, чихая на соседей в автобусе по пути в поликлинику (кстати, за визит участкового ча вы не должны платить);

что, заболев гриппом, не геройствуйте, продолжая упорно ходить на работу, а обращайтесь в поликлинику: ваша "стойкость" ни вам, ни делу пользы не принесет ...

Словом, опять эпидемия гриппа в разгаре, и вновь врачи нашего поликлинического отделения говорят, что (см. выше)...

И все-таки прислушайтесь к этим советам. Возможно, они убергут вас и ваших близких от серьезных неприятностей, связанных со здоровьем.

А если уж больничного листа избежать не удалось, на прием к врачу приходите именно в тот день, на который он назначен. Если вы явитесь через несколько дней после означенного срока, то врач будет вынужден сделать отметку о нарушении режима: это значит, что больничный лист могут и не оплатить.