

# ЭНЕРГИЯ



Государственный  
научный центр  
Институт ядерной физики  
им. Г.И.Будкера  
№4-5, апрель, 1997г.

## ШИМУЛЬС

Повышение светимости современных, и особенно будущих адронных коллайдеров основано на использовании очень плотных пучков частиц-антипротонов, протонов или тяжелых ионов вплоть до урана. В американском

вует в разработке этого проекта в области предварительной схемы установки и возможностей использования электронного охлаждения. Целью совещания было подвести итоги развития этих проектов и обсудить

на малых энергиях, можно вывести пучок на промежуточной энергии из поля, а затем вернуть его опять в магнитное поле на участке охлаждения. Согласование оптики такой схемы — очень сложный вопрос, возможно, тре-

В. Пархомчук

### Электронное охлаждение развивается

С 26 по 28 февраля в ИЯФе проходило международное совещание, посвященное электронному охлаждению на средних энергиях.

протон-антипротонном коллайдере дальнейшее повышение светимости до

$10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  ограничено возможностями стохастического охлаждения очень интенсивного антипротонного пучка. Поэтому там возвратились к обсуждению использования электронного охлаждения с энергией электронов 4 МэВ. Практически это возвращение на новом этапе развития к целям, сформулированным еще в первых работах Г.И. Будкера и А.Н. Скринского. Успешное использование во многих физических центрах электронного охлаждения на энергиях до 300 кэВ подталкивает к переходу и на более высокие энергии. Как проект, наиболее четко сформулированный, стоит отметить немецкий электрон-ионный коллайдер на высокую светимость, развиваемый в GSI (Дармштад). ИЯФ активно участ-

различные схемы электронного охлаждения. Основные участники прибыли из немецких физических центров: GSI, BESSY, DESY, а также из американского — FNAL, и итальянского — INFN. Из российских физических центров был единственный представитель лишь из Дубны, а остальные участники были из ИЯФ. Это уже не первое совещание по электронному охлаждению, последнее проходило в Америке, в лаборатории FNAL (Чикаго). Обсуждение различных схем охлаждения показало, что ведущее место отводится использованию замагниченного охлаждения с сильным полем на участке охлаждения. Но такая схема предполагает два варианта. Один — использование магнитного поля вдоль всего тракта движения электронного пучка. Второй — начав ускорение в сильном поле

бующий принципиально новых решений. Такие схемы позволяют использовать для получения высокой энергии сверхпроводящие резонаторы, которые боятся даже малых магнитных полей, но позволяют получать мегаваттные пучки, не затрачивая этих мегаватт, а рекуперировав энергию пучков. Несколько докладов было посвящено использованию циклических схем с инжекцией электронного пучка на замкнутую дорожку с частой заменой его по мере нагрева. С моей точки зрения, проблемы саморазогрева этого пучка как внутренним рассеянием, так и когерентными эффектами не оставляют слишком большой перспективы для таких схем, но для каких-то случаев они могут оказаться полезными. Основной опорной точкой для проектирования электронного

Окончание на стр. 2

В. Пархомчук

## Электронное охлаждение развивается

*Окончание. Начало на стр. 1*

охлаждения остается традиционная схема с ускорителем прямого действия и результат, полученный в 1986 году в лаборатории Р.А. Салимова, 1 МэВ, 1А, до сих пор остается рекордом. Эксперимент в FNAL по использованию ПЕЛЕТРОНА на энергии 4 МэВ пока еще не проведен. Возможно, коллектор и электронная пушка с уникальными параметрами, изготовленные А. Шарапой и А. Шемякиным, помогут американским физикам преодолеть проблемы получения стабильного интенсивного пучка.

Н.С. Диканский представил проект электрон-ионного коллайдера, разрабатываемого совместными усилиями группы GSI-INP. В докладе Д.В. Пестрикова были представлены возможные схемы и ограничения на светимость электрон-ионного коллайдера с использованием электронного охлаждения. Интересной проблемой, обсуждавшейся на совещании, является вопрос о стабильности интенсивного ионного пучка в условиях электронного охлаждения. По моему мнению, взаимодействие электронного и ионного пучков ответственно за наблюдавшееся ограничение

интенсивности в таких установках. Полуэмпирическая модель, которую я предлагал, неплохо описывает эти результаты. Но теоретические расчеты, выполненные А.Бу-ровым в рамках гидродинамического приближения, показывают, что электронный пучок только увеличивает стабильность. Для развития электронного охлаждения все-таки требуется иметь однозначное объяснение потерям пучка на уже существующих установках, иначе на новых проектах можно получить весьма неожиданные результаты.

В целом совещание показало, что электронное охлаждение продолжает оставаться перспективным и многообещающим методом и будет использоваться в новых проектах.

## Вакуумные элементы — новый этап в развитии производства ИЯФ

У нашего института давние и традиционно хорошие отношения с лабораторией BESSY (Германия). В течение нескольких последних лет ИЯФ делает для нее достаточно много изделий. Так, в прошлом году была изготовлена магнито-вакуумная система для синхротрона

BESSY-2, а наши сотрудники собирали и запускали ее уже в Берлине. ИЯФ очень хорошо зарекомендовал себя в этом сотрудничестве. В прошлом году был выигран дополнительный тендер на изготовлению деталей и элементов вакуумной системы основного накопительного кольца, тоже для BESSY. Для ИЯФа это первый зарубежный контракт по вакуумным элементам. Обычно у нас делали магнитные элементы — и в этом плане за рубежом у

института устойчивая репутация надежного изготовителя именно этих элементов. Сейчас приходится осваивать совершенно новые технологии. Кроме того, этот контракт представлял интерес и в том плане, что в нем есть научная часть. Собственно, то обстоятельство, что ИЯФ имеет условия для выполнения и этой части контракта, в немалой степени способствовало победе в тендере, так как предложенная нашим институтом цена была не самой низкой. На ВЭПП-3 один из приемников синхротронного излучения должен быть испытан на реальном пучке СИ. Установка для этого эксперимента уже создана, и в ближайшее время он начнется.

Потребность в так называемых "чистых" технологиях в экспериментальном производстве

нашего института назревала уже давно и стала острой необходимостью в последние годы, когда шла подготовка к серийному изготовлению ускоряющих структур для ВЭПП-5. Тогда-то и начали оборудовать, на уровне вполне современном, специальные отделения в ЭП-1. А ускорить этот процесс пришлось во втором полугодии прошлого года, когда ИЯФ выиграл тендер, о котором речь шла выше. Здесь тоже требовались "чистые" технологии. В конце прошлого — начале нынешнего года оборудование этих отделений было закончено и прототипы для BESSY делали уже в соответствии с необходимыми требованиями. Недавно приезжал один из руководителей этого центра Дитер Крамер. Он очень высоко оценил оборудование "чистых" комнат, остался вполне

# Вакуумные элементы — новый этап в развитии производства ИЯФ

доволен качеством изготовления образцов и разрешил серийное производство.

Что же представляют собой эти отделения? Когда попадаешь туда, сразу становится ясно — это



Прототипы высоковакуумных узлов.

производство качественно иного уровня: не просто чисто, а очень чисто — уборку делают несколько раз в день, светло, просторно, люди работают в белых халатах и белых перчатках. В теххимическом отделении ведется подготовка деталей, которые будут работать в высоком вакууме. Промывка производится в ультразвуковых ваннах при температуре 60-80 градусов в трихлорэтилене, в дистиллированной и сверхчистой воде. Здесь же находится комната обеспыливания, где производится сборка под пайку. Сюда с помощью специальных фильтров подается чистый воздух. Тут считают буквально каждую пылинку: их должно быть не более шести на один  $\text{дм}^3$ , причем, размером до четырех микрон. Если

окажется больше — срочно меняют фильтры. И лишь после того, как количество пылинок будет укладываться в требуемые нормы, приступают к сборке узлов.

Еще одно отделение — вакуумной чистой пайки. Сейчас пока откачка ведется с помощью масляных насосов, но планируется замена их на безмасляные. Здесь же находится стенд для прогрева узлов в вакууме (сделали его, кстати, тоже в ИЯФе, а руководил его изготовлением А.Н. Булыгин, лаб.1-4).

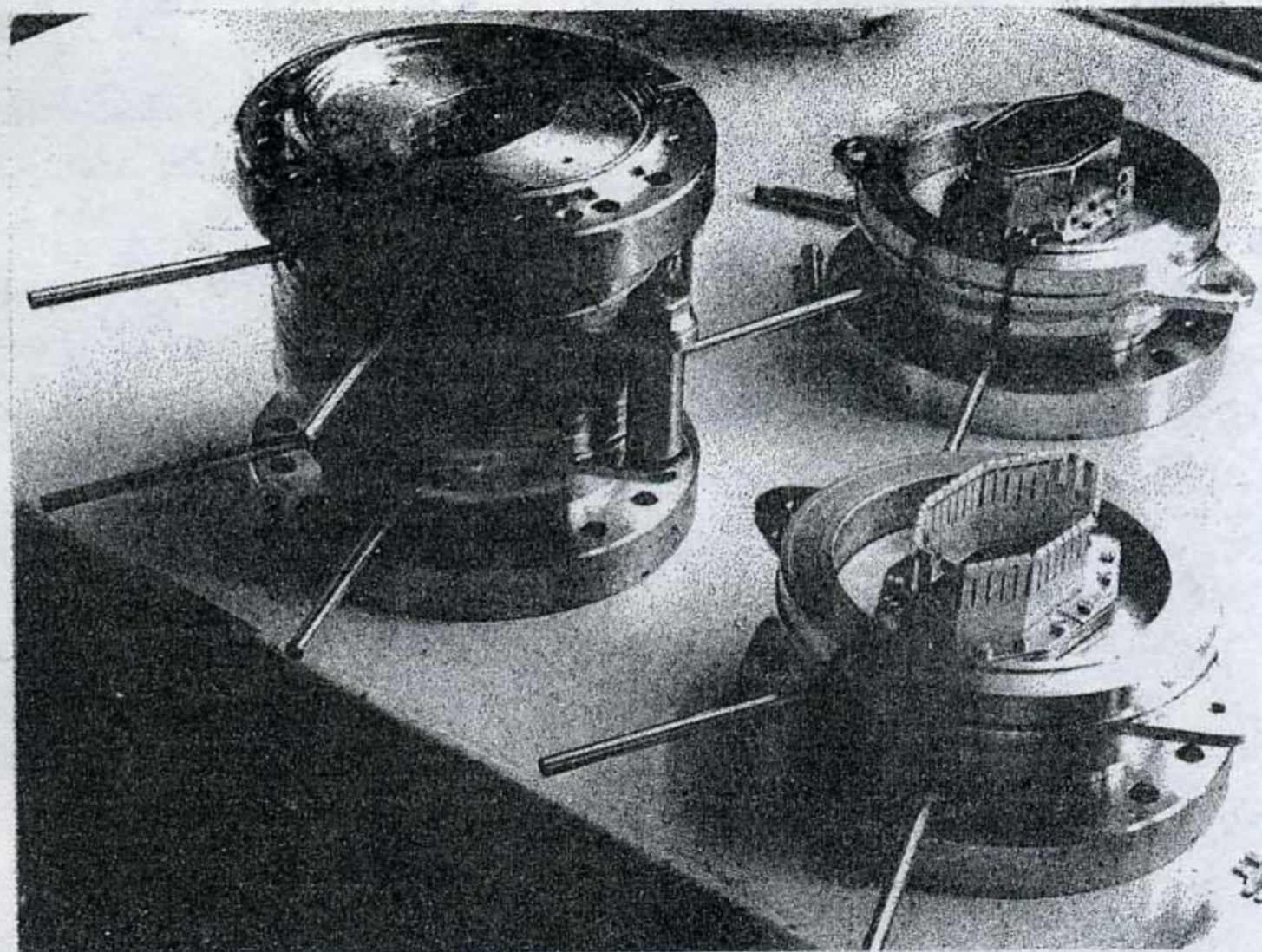
Изготавливается заказ из

специальной стали (это так называемая, американская сталь 316-L, выплавляли которую в Челябинске), используется также бескислородная медь. Точность изготовления — первый, второй классы.

Организационно-техническое и технологическое руководство этими работами осуществляют Д.Е. Куклин и А.Н. Косарев. Выполнением этих работ занимаются, в основном, два цеха: восьмой (В.Ф. Пактусов) — на него падает основная нагрузка, и шестой (А.В. Парамонов). Обработку деталей

на швейцарских станках с ЧПУ ведут токари восьмого разряда С. Плищенко и И. Асташкин, у ветерана производства С.В. Сыроева станок отечественный, но производительность и качество изделий не хуже. В напряженном ритме трудятся слесари-сборщики Ф.В. Пачков и Ю.Б. Тарасевич. Ответственный участок работы у И.Е. Иванова и Е.К. Метелева (цех №6): они обрабатывают детали на электроэрозионных станках (программист-технолог А.И. Сорокин).

Самая сложная стадия — когда нужно было добиться соответствия западным требованиям — уже пройдена. Психологически это было достаточно непросто. Сейчас наше производство смело может браться за изготовление вакуумных элементов. Это очень важно, так как расширяет воз-



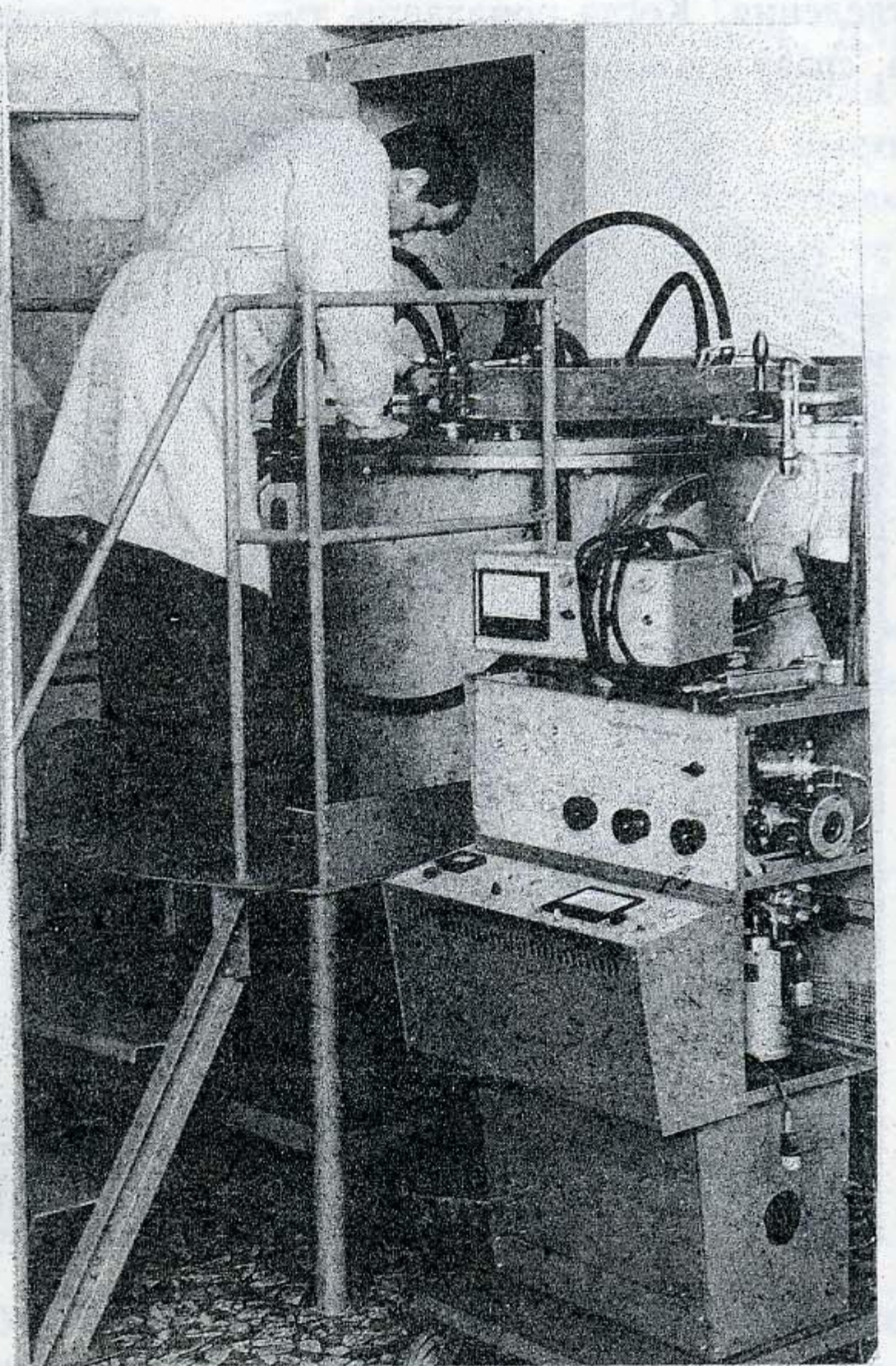
можности и позволяет более равномерно распределять нагрузку. Сроки выполнения этого контракта весьма напряженные — отправка в июне нынешнего года — да и технологические требования очень высокие. Работа ведется по жесткому графику, требует предельной собранности и высокого качества. Для ее успешного завершения сейчас есть все условия.

# Вакуумные элементы — новый этап в развитии производства ИЯФ

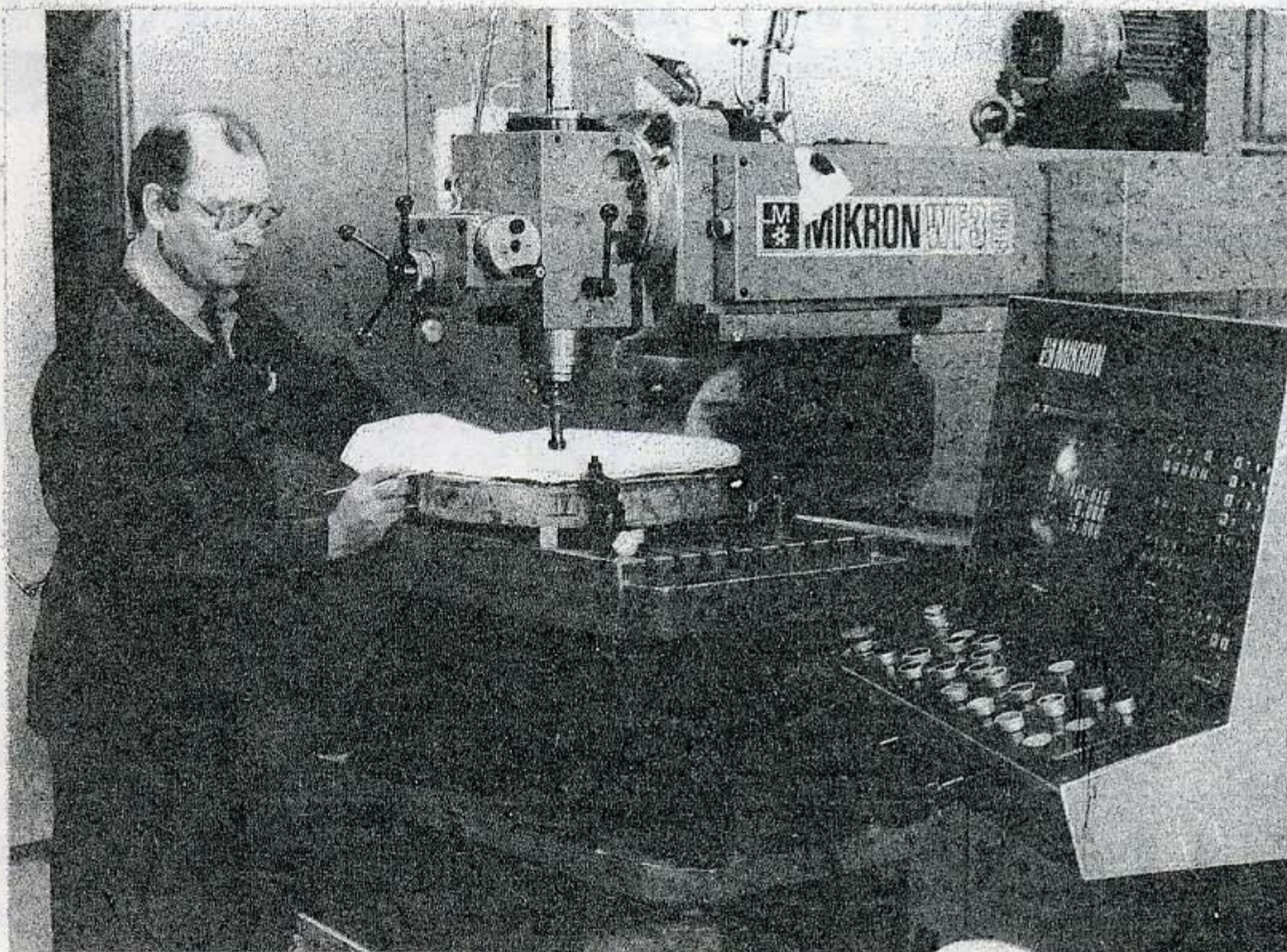
**Фоторепортаж из ЭП-1  
Владимира Крюкова.**



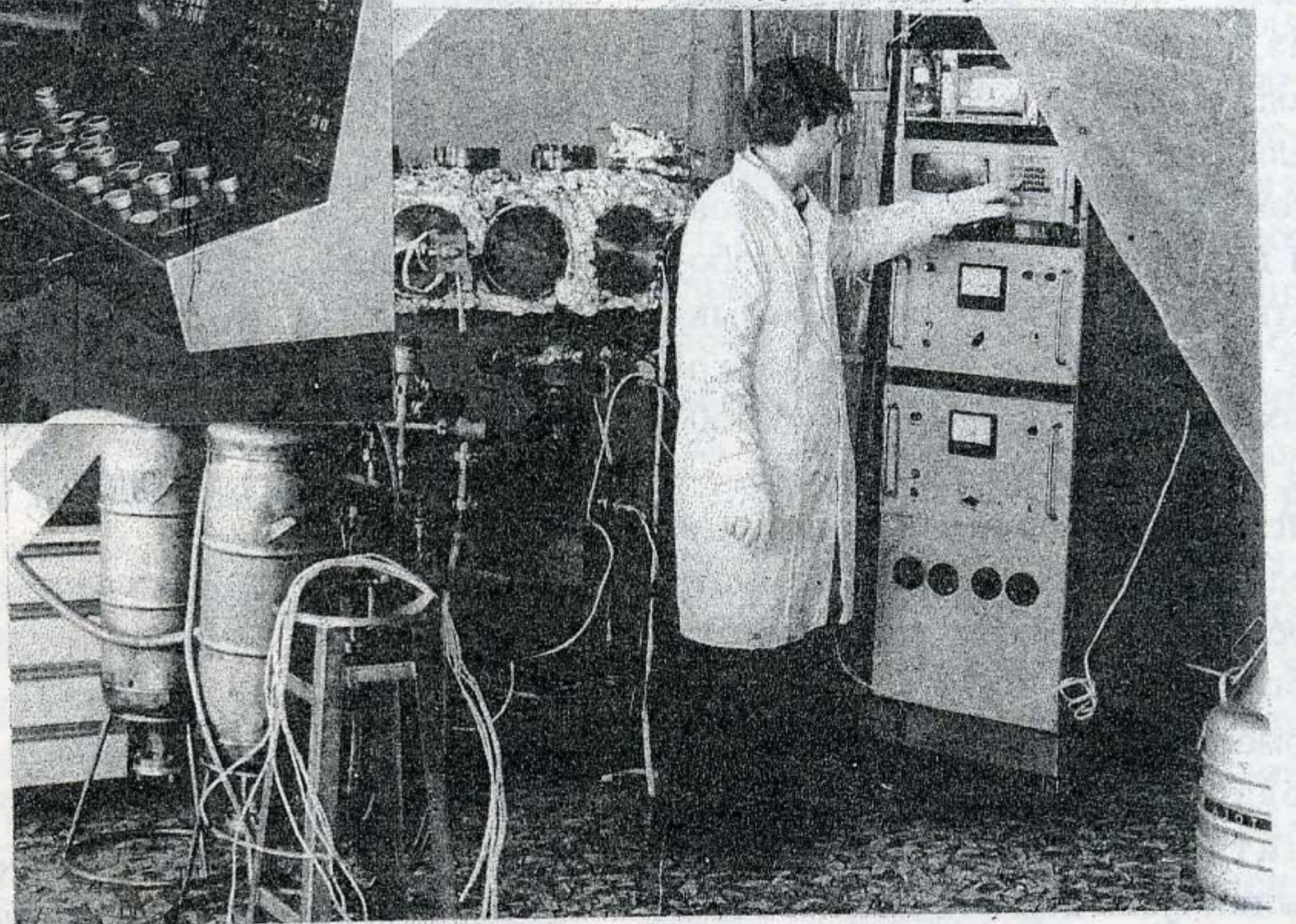
*Чистая сборка.*



*Новые вакуумные печи на новом  
термовакuumном участке.*



*С. Плищенко (вверху) ведет обработку  
деталей на прецизионном станке.*



*Прогревный стенд обезгаживания.  
(справа)*



## Сибиряк — значит ЛЫЖНИК

ван бесплатный прокат лыж, есть большой холл с теннисным столом, просторный столовый зал с буфетом.

В этом году было улучшено оборудование практически всех помещений лыжной базы. Появились шкафчики, кабинки, кресла,

изготовлены скамейки, вешалки для одежды, ширмы-перегородки в раздевалках, приспособления для обработки лыж. Главная заслуга в этом принадлежит заместителю директора ИЯФ Н.А.Завадскому и начальнику отдела социального развития С.П.Агалакову. Они постоянно интересуются жизнью лыжной базы и несмотря на ограниченные финансовые возможности института, активно помогают в решении возникающих проблем.

Руководство института способствует тому, чтобы освещенная лыжная трасса ИЯФ длиной 5(!) километров функционировала постоянно. В последние годы это единственная освещенная лыжня не только в городке, но и в Новосибирске. Три дня в неделю вечером (до половины десятого) любители лыж могли в течение всей зимы совершать прогулки по прекрасно подготовленной трассе. В этом сезоне, несмотря на обильные снегопады, лыжные трассы ИЯФ длиной пять и десять километров стараниями "бураниста" А.Н.Леонтьева постоянно поддерживались в хорошем состоянии.

Почти каждые выходные проходили лыжные соревнования ИЯФ или СО РАН, в которых уча-

ствовали десятки лыжников из нашего института. Организация каждого такого соревнования — непростая работа, особенно в нынешнее время. Тем не менее ИЯФ не только не уменьшил, но даже расширил свой лыжный календарь, включив в него несколько стартов, от проведения которых управление делами СО РАН отказалось по финансовым соображениям. Значительная доля нагрузки по проведению соревнований легла на бюро лыжной секции ИЯФ и судейскую бригаду (Г.В.Бруянова, В.К.Шарапов, В.П.Лагутин, В.И.Долгов).

Отсутствие в институте штатного инструктора по спорту потребовало больших усилий от всех членов лыжной секции и прежде всего от бюро — небольшой (всего 8 человек), но очень активной команды любителей лыжных гонок, представляющих практически все крупные подразделения института. В этом сезоне бюро возглавляет сотрудник лаб.6 А.Н.Путьмаков — лыжник с двадцатилетним стажем. Анатолий Николаевич грамотно организует работу лыжной секции, привлекает к занятиям лыжами новых людей, участвует практически во всех ияфовских, сорановских соревнованиях и в большинстве городских ветеранских. Активно помогают своему председателю в организаторской деятельности и стараются не отставать от него на лыжне и другие члены бюро: В.И.Кононов (управление), В.Д.Ищенко и А.В.Соколов (ФВЭ), А.И.Жмака (ускорители), О.И.Мешков (плазма), Г.С.Крайнов (НКО), С.П.Крамаров (ОГЭ).

*Окончание на стр. 8*

Сибирь, зима, снег... Какое слово продолжает начатый список? Конечно, лыжник. А под девизом "Сибиряк — значит, лыжник" проводятся даже соревнования по настольному теннису. ИЯФ, как и подобает крупнейшему институту СО РАН, всегда находился на ведущих позициях и в лыжном спорте. Наши спортсмены неоднократно побеждали и становились призерами соревнований, проводимых Сибирским отделением. Огромную и, по видимому, так до конца еще и не осознанную роль сыграло строительство и ввод в эксплуатацию прекрасного здания лыжной базы ИЯФ.

Прошедшей зимой лыжники продолжали обживать второй этаж лыжной базы ИЯФ. К настоящему времени в пяти комнатах на базе размещаются около восьмидесяти регулярно занимающихся лыжами сотрудников института (это около 3% от полной численности). А еще одна большая комната предназначена для всех ияфовцев и членов их семей, желающих просто покататься на лыжах: в ней можно переодеться, оставить на время прогулки вещи, подготовить лыжи. Кроме этого для сотрудников ИЯФ на базе организо-

## Если от компьютера рябит в глазах

*Сколько времени можно провести у дисплея*

Санитарные правила определяют, что продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя ПК не должна превышать 2 часов, ребенка — от 10 до 20 минут в зависимости от возраста. Минимальный перерыв определен в 15 минут. Виды трудовой деятельности делятся на три группы: работа по считыванию информации, работа по вводу информации и творческая работа с компьютером. Суммарное время работы для первых двух групп определяется по числу считываемых знаков и составляет 60000 и 40000 знаков соответственно. Для третьей группы установлен временной лимит в шесть часов. Важно, что в случаях появления у работающих дискомфорта или неприятных ощущений администрация обязана ввести индивидуальный график работы (или перевести на работу, не связанную с ПК). Беременным женщинам и кормящим грудью матерям работать с компьютерами категорически запрещено.

*Выбросьте табуретки*

Высота стола должна регулироваться от 680 до 800 мм, если это невозможно, стол должен быть высотой 725 мм и иметь подставку для ног. Выбросьте венские стулья и табуретки — кресло пользователя обязательно должно быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. А рабочее место обязательно оснащено пюпитром для документов. Расстояние от глаз пользователя до

экрана монитора должно быть не менее 50 см, оптимально 60-70 см. Очень часто пользователи жалуются на близкое расстояние между рабочими местами. Согласно нормам, расстояние от экрана монитора до задней стенки монитора соседнего ряда должно быть не менее 2 метров, а расстояние между боковыми стенками — не менее 1,2 метра. Площадь на одного взрослого пользователя должна составлять не менее 6 кв.м., объем — не менее 20 куб.м.

*Почему рябит в глазах*

По разным данным, от 60 до 85 процентов пользователей отмечают зрительный дискомфорт, резь в глазах, ухудшение зрения. Значение визуальных эргономических параметров (яркость знака, внешняя освещенность экрана, угловой размер знака и др.) определены в санитарных правилах в зависимости от возраста пользователей. Наиболее жесткие требования — для школьников и дошкольников. Использование мониторов без информации об оптимальных и допустимых визуальных эргономических параметрах не допускается. В течение года все типы находящихся в эксплуатации мониторов должны быть испытаны на соответствие нормативам.

В санитарных нормах подробно определены все условия освещения рабочего места, вплоть до конкретного типа светильников. Рекомендовано в качестве источников света применять люминесцентные лампы типа ЛБ, дающие при общем использовании равномерное освещение. дополнительные источники должны использоваться только для

подсветки документов и не создавать бликов на поверхности экрана. По отношению к окнам рабочие места должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева.

*Микроклимат и кактусы*

Размещение оборудования на малых площадях, повышенные величины электростатических и электромагнитных полей, использование модных отделочных материалов, не подходящих для помещений с электронной техникой, повсеместно приводят к резкому изменению микроклимата. Наиболее часто это проявляется в ухудшении аэроионного состава воздуха (уменьшается количество легких аэроионов, увеличивается количество тяжелых). Именно на этот фактор быстрее всего реагирует организм — головная боль через два часа после начала рабочего дня чаще бывает от недостатка легких аэроионов, а не от начальника. Более 95 процентов обследованных помещений с компьютерами имеют недостаток легких аэроионов. Согласно санитарным нормам уровни легких положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещения должны соответствовать общим нормам допустимых значений ионизации воздуха производственных и общественных помещений.

Помимо специальных мер, есть и простые решения — свежий воздух, меньше статического электричества, больше влажности. Поставьте кактус: его колючки могут работать как ионизатор пассивного типа.

## Если от компьютера рябит в глазах

### Что излучает компьютер

Цель санитарных правил — нормировать излучения так, чтобы их вред был минимальным, а условия труда — комфортными.

Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса монитора не должна превышать  $7,74 \times 10^{-12}$  А/кг, что соответствует эквивалентной дозе 100 мкР/час. Опыт всех измерений показывает, что реально в этой точке фиксируются значения раз в 10 меньше, а на рабочем месте пользователя рентгеновское излучение не отличается от фонового. Электромагнитные поля, генерируемые компьютером, включают широкую полосу частот от

нескольких герц до нескольких мегагерц. По мнению специалистов в области электромагнитобиологии и гигиены труда, этот вид излучения может являться ответственным за целый ряд недугов и приводит к функциональным нарушениям в работе пользователей. Санитарные нормы регламентируют излучение только в полосе частот от 5 Гц до 400 Гц. Здесь, как в некоторых других местах, отечественные санитарные нормы полностью повторяют значения шведских норм MPR II, разработанных еще в начале 90-х годов, но до сих пор являющихся недостижимым идеалом для массы пользователей в России.

*Для кого писаны правила*

1. Для постановки в очередь на получение путевки в санаторий или для отдыха необходимо подать заявление со справкой от врача представителю подразделения в комиссии соц. страхования. Документы подаются не позднее,

чем за 1,5 месяца до предполагаемого времени поездки на лечение.

2. Список очередности предоставления путевок устанавливается в конце предыдущего квартала и до середины текущего квартала.

3. Документы, которые необходимо представить для постановки на очередь:

а) справка от врача;

б) заявление с указанием ф.и.о., телефона и подразделения, а также даты поступления в ИЯФ и предыдущего пользования услугами санаторно-курортного лечения (или других видов услуг социального страхования, приравненных к санаторно-курортному лечению по качеству и стоимости).

4. Первыми в списке устанавливаются лица, имеющие удостоверение участника Черно-

быльской аварии или ликвидатора ее последствий, а также лица, приравненные к ним (пострадавшие в результате испытаний атомного оружия на Семипалатинском полигоне) при наличии медицинских показаний. Оплата путевок для этой категории сотрудников производится из средств Федерального Фонда "Чернобыль". Сотрудники данной категории должны быть зафиксированы в отделе кадров ИЯФ.

5. Следующими в списке располагаются фамилии сотрудников, подавших заявления, с учетом:

а) стажа работы (не менее 3-х лет в ИЯФ);

б) перерыва после предыдущего пользования санаторно-курорт-

ного лечения (не менее 3-х лет);  
в) степени необходимости санаторно-курортного лечения (обязательное, желательное или профилактическое) согласно врачебному заключению.

6. В особых случаях (последствия перенесенных тяжелых заболеваний или операций, несколько равноценных заявлений на одно место и т.п.) решающим является мнение врача.

7. Список очередников, после его обсуждения, утверждается голосованием и вывешивается для ознакомления на досках объявлений ПК.

8. После передачи списка очередности на окончательное утверждение в институтскую комиссию изменение списка (внесение новых фамилий) не допускается. Как исключение разрешается добавление новых фамилий на основании п.6 данного положения, при наличии средств.

## Порядок составления списка очередности на путевки в санатории и дома отдыха

Окончание. Начало на стр. 5

Кроме соревнований они совместно с энтузиастами — любителями лыж провели два субботника по ремонту прокатного инвентаря: был выполнен большой объем работ по подготовке к зиме лыжных трасс.

Для тех, кто хотел бы получить информацию о лыжном спорте в институте и в СО РАН, организована "лыжная" директория на институтском сервере (R:\SPORT\SKI), кроме того с ней можно познакомиться и на доске объявлений.

Хотелось бы высказать слова благодарности в адрес профкома ИЯФ, который в полном объеме утвердил принятый общим собранием лыжников ИЯФ календарь соревнований на сезон и несмотря на весьма ограниченные финансовые возможности выделил средства на проведение лыжных стартов. Проблемам лыжного спорта в нашем институте было посвящено одно из заседаний ПК: большая часть из них была при этом решена.

В минувшем сезоне в ИЯФе было проведено более десяти соревнований, в том числе четыре открытых, на которые приглашались все желающие. По итогам этих и сорановских соревнований в личном зачете Кубка ИЯФ по лыжным гонкам, который вот уже более двадцати лет ведет А.И.Жмака, в своих возрастных группах лидируют: А.С.Максимов (младшая группа), В.И.Бруянов (средняя группа), В.И.Кононов (старшая группа). В командных соревнованиях (по

результатам командной гонки и трех эстафет) безоговорочным лидером является ко-

манда управления ИЯФ: четыре победы из четырех. В числе призеров — команды плазмистов, ФВЭ, ОГЭ и НКО.

Но, пожалуй, наиболее ярким и запоминающимся событием уходящего лыжного сезона в нашем институте стал состоявшийся 8 марта на лыжной базе зимний праздник подразделений ИЯФ. Обширная и разнообразная программа праздника включала в себя лыжные гонки для детей и взрослых, катание на лошадях и на санях за снегоходом, турнир по мини-футболу, перетягивание каната, гонки на санках для пап с детьми. Не только организаторы, но даже сама природа, казалось, постаралась создать атмосферу праздника. Великолепный зимний лес с величественными белоснежными деревьями на фоне изумительно чистого голубого неба и яркое весеннее солнце создавали приподнятое настроение.

Открыли праздник лыжные гонки среди детей на дистанциях 500 метров, 1, 2 и 3 километра. Борьба на дистанции была очень упорной — юные участники отдавали все свои силы на лыжне. И тем приятнее было после финишной черты получить плитку российского шоколада, которым награждались все, закончившие дистанцию. После детей в борьбу вступили взрослые: женщины на дистанции 3 километра, мужчины — на 5 км. Всего в лыжных стартах приняло участие около 150 человек.

В течение всего праздника благодаря стараниям опытных костровых Владимира Андреевича Мусатова и Николая Федо-

ровича Татарникова многие взрослые и дети отведали печеной картошки и попили ароматного чая у костра. Кроме того проводилась видео- и фотосъемка этого праздника. В конце было проведено награждение победителей и призеров соревнований "сладкими" призами. Впервые несколько призов были разыграны в лотерею среди всех взрослых участников лыжных стартов. В соревнованиях среди спортивных семей победила и была награждена призом семья Сергея Крамарова (ОГЭ). Ну, а в общем зачете среди подразделений победу одержала команда ФВЭ. Лишь одно и два очка уступили победителям призеры: ими стали соответственно команды шестой лаборатории и ускорительщики.

После подведения итогов праздника состоялось чаепитие с пирогами: на этом заключительном этапе каждый ощущал себя победителем.

Недавно бюро приняло решение впредь проводить детский праздник в начале зимы. Мы очень надеемся на помощь профкома в этом вопросе.

В завершение хотелось бы отметить и поблагодарить организаторов праздника: ПК ИЯФ и профоргов первичных организаций института, всех членов бюро лыжной секции, а также судей Г.В.Бруянову, И.В.Бруянову и В.И.Долгова.

Итак, лыжный сезон завершается. Но через полгода, и в этом не приходится сомневаться, активисты — лыжники ИЯФ вновь займутся подготовкой базы, лыжных трасс, составлением календаря к новому сезону. Всем ияфовцам я хотел бы пожелать здоровья и успехов. До встречи на лыжне!

По поручению бюро лыжной секции ИЯФ А.Васильев.



# $E, \vec{p}$ — SCIENCE

*Из истории физики*

## Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США

Г.А. Гончаров

Успехи физических наук, Октябрь 1996 г., том 166, N10 (английский вариант материалов на эту тему доступен в WWW по адресу <http://www.aip.org/pt/>.)

(Продолжение. Начало в "Э-И" N2-3, 1997 год)

### Теллер-Улам

31 января 1950 года Президент США Гарри Трумен выступил с заявлением, в котором провозгласил, что дал указание Комиссии по атомной энергии "...продолжать работу над всеми видами атомного оружия, включая так называемую водородную или сверхбомбу". Публичное заявление Трумена дало новый импульс исследованиям возможности создания водородной бомбы в США. Было принято решение о проведении в 1951 году взрывных полигонных экспериментов с термоядерными реакциями. Одним из намеченных экспериментов было испытание "усиленной" атомной бомбы "Пункт".

Другим запланированным экспериментом было испытание модели "классического супера" с бинарным инициирующим отсеком, работающим на принципе радиационной имплозии. Это испытание получило название "Джорж", а испытываемое уст-

ройство — название "Цилиндр". За основу конструкции инициирующего отсека в этом испытании была взята конструкция из патента К.Фукса-Д.Фон-Неймана 1946 года. Включение в план испытаний 1951 года и подготовка опыта "Джорж" сыграли чрезвычайно важную роль в американской термоядерной программе.

Именно в процессе подготовки испытания "Джорж" в США был открыт базовый принцип конструирования термоядерного оружия, важнейшей идеологической частью которого является удержание и использование энергии излучения первичной атомной бомбы для сжатия и инициирования вторичного физически отдаленного узла с термоядерным горючим.

Важным моментом в американской термоядерной программе было то, что целесообразность испытания "Джорж" была подтверждена и это испытание было сохранено в плане испытаний 1951 года несмотря на отрицательные результаты теоретических исследований работоспособности "классического супера", полученных в 1950 году. Вывод о крахе "классического супера" следовал из результатов приближенных расчетов, проведенных в 1950 году С. Уламом, К. Эвереттом и

Э.Ферми и подтвержденных в конце 1950 года вычислениями на ЭВМ "ЭНИАК" Д.Фон-Нейманом.

Однако открытие нового принципа не явилось прямым следствием работы по подготовке испытания "Джорж". Понадобился мощный идейный импульс со стороны другого направления исследований. Продолжая начатое им ранее рассмотрение возможности создания атомной бомбы двухступенчатой конструкции, в которой при первом атомном взрыве должен подвергнуться имплозии и взорваться второй шар из делящегося материала, Станислав Улам в январе 1951 года открыл новый подход к решению проблемы создания термоядерной бомбы. Он предложил использовать поток нейтронов, образующихся при взрыве первичной атомной бомбы, для сжатия с помощью специальных гидродинамических линз вторичного физически отдаленного термоядерного узла, содержащего термоядерное горючее. Он показал, что в такой конструкции возможно сильное сжатие термоядерного горючего, приводящее к термоядерному воспламенению и взрыву. С.Улам предложил также итеративную схему термоядерной бомбы, содержащую цепочку работающих по та-

кому же принципу и последовательно взрывающихся термоядерных узлов. В конце января 1951 года С.Улам изложил свою идею Э.Теллеру. Э.Теллер вначале нерешительно, а затем с энтузиазмом воспринял предложение С.Улама, но вскоре предложил параллельный вариант, альтернативный к предложенному С.Уламом, и, по словам С.Улама, "вероятно, более удобный и общий". Э.Теллер предложил использовать для формирования ударной волны, обжимающей вторичный термоядерный узел в схеме С.Улама, не поток нейтронов, а излучение, выходящее из первичной атомной бомбы. Предложенная Э.Теллером физическая схема термоядерной бомбы во многом аналогична физической схеме инициирующего отсека устройства для испытания "Джорж", но отличается от нее отсутствием прогрева термоядерного горючего излучением первичной атомной бомбы ("холодное" сжатие позволяет достичь больших плотностей термоядерного горючего) и возможностью использования вторичного узла большего объема с большой массой термоядерного горючего.

Имея ввиду близость новых и ранних идей 1946 года, воплощенных в инициирующем отсеке устройства для испытания "Джорж", Э.Теллер заявил позднее, что чудом является то, что новая концепция сверхбомбы не была предложена ранее. Однако этот идейный прорыв не произошел, пока он не был инициирован предложением С.Улама.

9 марта 1951 года С.Улам и Э.Теллер выпустили совместный отчет "О гетерокаталитической детонации I: гидродинамические линзы и радиационные зеркала", LAMS-1225, в котором они изложили новую концепцию конструирования термоядерного оружия. Рожденная единением идей С.Улама и Э.Теллера (явившихся развитием их же собственных ранних идей и идей Э.Ферми, Э.Конопинского, Д.Фон-

Неймана и К.Фукса) новая схема сверхбомбы получила название "конфигурация Теллера-Улама".

4 апреля Э.Теллер подписал второй отчет LAMS-1230, в котором были изложены результаты дополнительного расчетно-теоретического обоснования новой схемы сверхбомбы, проведенного Ф.Де-Гоффманом, и предложен ее новый элемент — инициатор из активного делящегося материала, размещаемого во вторичном узле внутри термоядерного горючего. Цель инициатора — вызвать внутри обжатого термоядерного горючего инициирующий атомный взрыв. 9 мая 1951 года было успешно проведено испытание "Джорж". "Самый большой из проведенных к этому времени делительных взрывов обеспечил зажигание маленького термоядерного пламени — первого из когда-либо вспыхнувших на Земле". Испытание подтвердило теоретические представления о возможности неравновесного режима горения DT-смеси, по крайней мере, часть которой находилась вне делящегося материала первичной атомной бомбы. Однако, явившись одним из основных истоков открытия конфигурации Теллера-Улама, опыт "Джордж" свою главную роль сыграл еще до своего осуществления

ения. Первое термоядерное испытание США явилось приблизительно 40-м в серии проведенных к тому времени ядерных испытаний США.

## Литий

В июне 1951 года Э.Теллер и Ф.Де-Гоффман выпустили отчет, посвященный эффективности применения дейтерида лития-6 в новой схеме сверхбомбы. На состоявшейся 16-17 июня 1951 года в Принстоне конференции по проблемам сверхбомбы была признана необходимость производства дейтерида лития-6. Однако никакого задела по организации масштабного производства лития-6 тогда в США не было. Такому положению способствовало открытие в начале 1950 года альтернативной термоядерным разработкам возможности создания на основе усовершенствованной техники химической имплозии атомной бомбы на основе урана-235 с тротильным эквивалентом в несколько сотен тысяч тонн. Работы



Джон Фон-Нейман и Фукс в 1946 году подали заявку на изобретение схемы термоядерной инициации, основанной на радиационной имплозии.

по созданию такой атомной бомбы проводились в США начиная с 1950 года и завершились успешным испытанием 16 ноября 1952 года (испытание "Король"). Ввиду альтернативной возможности решения проблемы создания ядерного оружия мощностью несколько сотен тысяч тонн без термоядерных материалов в США было признано, что смысл может иметь только разработка "будильника" с мощностью, ведомо превышающей 1 млн. тонн, создание которого было объективно проблематичным. Отсюда и задержка с организацией производства дейтерида лития-6. Строительство завода по производству лития-6 началось в США только в мае 1952 года. Построенный в Ок-Ридже завод начал функционировать в середине 1953 года.

В сентябре 1951 года в Лос-Аламосе было принято решение о разработке термоядерного устройства на новом принципе для полномасштабного испытания "Майк", намеченного на 1 ноября 1952 го-

да. В качестве термоядерного горючего был выбран жидкий дейтерий. Напряженная работа над устройством, в процессе которой его пришлось подвергнуть существенной переделке, позволила выдержать намеченный срок. 1 ноября 1952 года ознаменовалось выдающимся достижением американской термоядерной программы — успешным проведением испытания "Майк". Тротильный эквивалент взрыва составил 10 млн. тон. Испытанное устройство было сконструировано в нетранспортабельном варианте. Ближайшей задачей США было создание транспортабельного термоядерного оружия. Возможность создания эффективного транспортабельного оружия, очевидно, связывалась с накоплением достаточного количества лития-6. Получить минимально необходимое количество лития-6 удалось только к весне 1954 года.

1 марта 1954 года США провели первый термоядерный взрыв в новой серии ядерных испытаний "Замок" — взрыв "Браво", ока-

завшийся самым мощным взрывом в истории ядерных испытаний США. В качестве термоядерного горючего в этом испытании использовался дейтерид лития с 40%-ным содержанием изотопа литий-6. И в других испытаниях этой серии вынужденно применялся дейтерид лития с относительно низким содержанием изотопа литий-6 (в том числе дейтерид природного лития). Все термоядерные испытания серии "Замок" были проведены в наземных условиях (или у поверхности моря на барже). Только 21 мая 1956 года США осуществили первый сброс термоядерной бомбы с самолета (испытание "Чероки"). Испытания новой серии, проведенные в период с мая по июль 1956 года, были направлены на дальнейшее продвижение вперед в создании более легких и эффективных образцов термоядерного оружия, предназначенных для применения в боеголовках различного назначения.

## Начало советской программы по созданию водородной бомбы

В докладной записке на имя И.В. Курчатова от 22 сентября 1945 года Я.И. Френкель первым из советских ученых обратил внимание на то, что "представляется интересным использовать высокие — миллиардные — температуры, развивающиеся при взрыве атомной бомбы, для проведения синтетических реакций (например, образование гелия из водорода), которые являются источником энергии звезд и которые могли бы еще более повысить энергию, освобождаемую при взрыве основного вещества (уран, висмут, свинец)".

Несмотря на ошибочность и оценки величины температуры при атомном взрыве и представления о возможности деления при атомном взрыве ядер висмута и свинца изложенная в записке мысль Я.И. Френкеля представляет интерес как первое

возникшее в СССР документально зафиксированное соображение о возможности освобождения с помощью делительного атомного взрыва энергии легких ядер. Направляя свою записку И.В. Курчатову, Я.И. Френкель, конечно же не мог знать, что И.В. Курчатов уже имеет информацию о проведении работ в этом направлении в США. Такая информация начала поступать в СССР по разведывательным каналам в 1945 году. Большинство поступавших сообщений, касающихся проблемы освобождения ядерной энергии легких элементов, — проблемы сверхбомбы, имело краткий информационный характер. Однако в сентябре 1945 года в распоряжение советской разведки поступил конкретный материал, в котором содержались элементы теории "классического супера" и характеризовались особенности

возможных физических схем "супера". В качестве основной схемы рассматривалась комбинация из атомной бомбы пушечного типа на основе урана-235 с отражателем из окиси бериллия, промежуточной камеры с DT-смесью и цилиндра с жидким дейтерием. В документе содержались данные, характеризующие величины сечений DT-реакции (представленные в виде приближенной формулы), а также данные о степени уменьшения температуры термоядерного зажигания при добавлении в дейтерий малых количеств трития. В результате поступления указанного материала первые данные об уникальных свойствах трития стали известны в СССР за три с половиной года до их открытого опубликования. Среди поступивших в 1945 году материалов, касающихся работ в

США по сверхбомбе, заслуживает особого внимания и материал, в котором под сверхбомбой понималась не термоядерная бомба, а атомная бомба увеличенной мощности. Сообщалось, что в этой бомбе при первом атомном взрыве должен подвергаться имплозии и взрываться второй шар из плутония-239. В результате повысится эффективность бомбы и количество освобожденной энергии. Речь в документе шла, таким образом, о двухступенчатой конструкции атомной бомбы. Однако никаких сведений о путях реализации этой идеи в документе не содержалось. Вероятно нет необходимости подчеркивать, что сам факт наличия и содержание разведывательной информации были известны в СССР предельно ограниченному кругу лиц.

Сообщение о возможности создания сверхбомбы появилось в 1945 году в открытой печати. Английская газета "Таймс" в номере от 19 октября 1945 года сообщила, что выступая в Бирмингеме 18 октября 1945 года, проф. Олифант заявил, что сейчас могут производиться в 100 раз более мощные бомбы, чем применявшиеся против Японии, т.е. бомбы с тротильным эквивалентом до 2 млн. т. По мнению Олифанта могут быть созданы и бомбы, мощность которых превысит мощность существующих в 1000 раз.

Сообщения о возможности создания сверхбомбы не могли не волновать руководителей советского атомного проекта. 24 октября 1945 года вопрос о сверхбомбе был включен в перечень вопросов, с которыми Я.П. Терлецкий в соответствии с решением Л.П. Берии должен был обратиться к Нильсу Бору, вернувшемуся из США в Данию. 14 и 16 октября 1945 года состоялись две встречи Я.П. Терлецкого с Н. Бором в Копенгагене. На вопрос о справедливости сообщения о сверхбомбе Н. Бор дал следующий ответ: "Что значит сверхбомба? Это или бомба большего веса, чем

уже изобретенная, или бомба, изготовленная из какого-то нового вещества. Что же, первое возможно, но бессмысленно, так как, повторяю, разрушительная сила бомбы и так очень велика, а второе, я думаю, что нереально". Вряд ли ответ Н. Бора убедил руководителей советского атомного проекта в том, что сообщения о работах в США по сверхбомбе могут быть оставлены без внимания. Однако он мог способствовать утверждению точки зрения о максимальном сосредоточении интеллектуальных и материальных ресурсов СССР в этот период только на работах над атомной бомбой.

Тем не менее И.В. Курчатов обратился к Ю.Б. Харитону с поручением рассмотреть вместе с И.И. Гуревичем, Я.Б. Зельдовичем и И.Я. Померанчуком вопрос о возможности освобождения энергии легких элементов и представить соображения по этому вопросу на заседании Технического совета Специального комитета. Соображения И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона были изложены в отчете "Использование ядерной энергии легких элементов", материалы которого были заслушаны на заседании Технического совета 17 декабря 1945 года. Докладчиком был Я.Б. Зельдович. В основе подхода к решению проблемы в отчете и докладе было представление о возможности возбуждения ядерной детонации в цилиндре с дейтерием при осуществлении неравновесного режима горения. Рассмотренный на заседании отчет полностью опубликован в журнале "Успехи физических наук" №5 за 1991 год. По докладу Я.Б. Зельдовича на заседании Технического совета 17 декабря 1945 года принято решение, которое касалось только измерений сечений реакций на легких ядрах и не содержало поручений, относящихся к организации и проведению расчетно-теоретических исследований и работ по сверхбомбе. Тем



*Юрий Борисович Харитон был назначен в 1950 году директором группы по разработке первых советских термоядерных устройств.*

не менее в июне 1946 года группа теоретиков Института химической физики АН СССР в составе А.С. Компанейца и С.П. Дьякова под руководством Я.Б. Зельдовича в рамках программы исследований вопросов ядерного горения и взрыва начала теоретическое рассмотрение возможности освобождения ядерной энергии легких элементов. В то время, как группа Я.Б. Зельдовича проводила свои исследования, в СССР в 1946-1947 годах продолжали поступать разведывательные сообщения информационного характера, касающиеся работ в США по сверхбомбе. К ним добавились и новые сообщения в открытой печати, в том числе статья Э. Теллера в февральском номере "Бюллетеня ученых-атомщиков" за 1947 год.

*Продолжение в следующем номере.*